



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura

CONTRIBUIÇÃO PARA O CONHECIMENTO HIDROGEOLÓGICO DA FREGUESIA DE CREIXOMIL NO CONCELHO DE BARCELOS

Paula Sofia Oliveira Martins Enes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil - Geotecnia e Ambiente
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Luís Manuel Ferreira Gomes

Covilhã, Outubro de 2011

*Se eu vim ao mundo, foi
só para desflorar florestas virgens
e desenhar meus próprios pés na areia inexplorada!
O mais que faço, não vale nada.*

José Régio

Agradecimentos

Aqui deixo o mais profundo agradecimento às pessoas que me acompanharam e inspiraram na realização deste trabalho.

Ao Professor Ferreira Gomes, cujo conhecimento e entusiasmo pela área a que dedica a sua vida assombra qualquer um. Sem a sua ajuda, incentivo e orientação esta tese nunca teria lugar.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram incondicionalmente nesta jornada intensa que é a de seguir estudos superiores. Em especial ao meu pai, o meu eterno companheiro de aventuras, que sempre teve a paciência para aturar os meus devaneios e que me acompanhou fielmente ao longo dos anos em que cresci como pessoa.

Ao meu irmão, por quem sempre senti uma profunda admiração e respeito, pela pessoa que é e pela integridade que tem.

À Gorete, engenheira e amiga de longa data, pela sua paciência a introduzir-me no mundo da georreferenciação e à CIM Cávado pela disponibilização das cartas militar e cartográfica, utilizadas no decurso desta dissertação.

À Carla e a todos os meus outros amigos e colegas que sempre me acompanharam e a quem devo muitos dos momentos mais felizes da minha vida.

Ao Farrusco, à Serena, à Luna e à Pequeninha, os meus companheiros de quatro patas.

E por último, aos habitantes de Creixomil, que me receberam gentilmente em suas casas, muitos deles com um entusiasmo e uma sabedoria que embora sem diploma, são dignas de admiração.

Resumo

A água subterrânea é o mais importante recurso natural que existe no planeta Terra, porque dela depende o ser humano desde o consumo mais básico, na satisfação das suas necessidades físicas, ao fornecimento de sectores como o agrícola ou o industrial, que sustentam os pilares sócio-económicos dos dias de hoje.

Esta realidade implica então uma necessidade de gerir adequadamente os recursos hídricos subterrâneos, que, apesar de existirem em quantidade suficiente para alimentar as necessidades actuais e futuras, encontram-se muitas vezes em meios de difícil exploração ou de captação intermitente e insuficiente face à resposta necessária para a problemática da água.

Surge assim a hidrogeologia, que com um conjunto vasto de ferramentas ao seu dispor, permite caracterizar de forma bastante acurada, as etapas e processos associados à circulação das águas subterrâneas, ao armazenamento e à qualidade da mesma.

O estudo hidrogeológico realizado na freguesia de Creixomil assume então uma importância vital não só na caracterização dos meios hídricos subterrâneos disponíveis mas também no *upgrade* do conhecimento por parte da população quanto às potenciais aplicações destas, e na consciencialização da problemática da qualidade das águas subterrâneas.

Esta tese surge neste contexto como instrumento a ser utilizado no futuro quanto a novas captações, quanto a possíveis investimentos em fins e utilizações distintas às actuais e acima de tudo como fonte de informação da actualidade dos recursos hídricos existentes, do seu estado e da necessidade de gerir e proteger as águas subterrâneas.

Assim, no Capítulo 1, *Introdução*, apresentam-se o enquadramento do tema, o objectivo e a metodologia da dissertação. No capítulo 2, *Aspectos Básicos sobre Águas Subterrâneas*, apresentam-se alguns conceitos fundamentais e outros elementos importantes para servirem de base ao desenvolvimento do presente trabalho. No capítulo 3, *Águas Subterrâneas em Portugal*, apresenta-se uma breve resenha dos principais sistemas aquíferos do País. De seguida, no Capítulo 4, *O Estudo de Caso da Freguesia de Creixomil no Concelho de Barcelos*, dedica-se com algum detalhe à caracterização da região, nomeadamente nos aspectos físicos, geomorfológicos, geológicos, e em especial hidrogeológicos. Por fim, no último capítulo, *Conclusões*, sintetizam-se aqueles aspectos considerando mais relevantes em termos conclusivos, propondo-se alguns caminhos a seguir em trabalhos futuros.

Palavras-chave

Água subterrânea, modelos hidrogeológicos, qualidade da água, Creixomil.

Abstract

Groundwater is the most important natural resource on planet Earth, as human beings depend on it for their most basic necessities. It is also vital for sectors such as the agriculture and industry, which are the social-economical foundations of today.

As such, there is a need to manage groundwater resources properly. Although they exist in sufficient quantity to meet current and future needs, they are often located in places where extraction is difficult or collection is intermittent and insufficient to meet the demand for water.

The solution to this problem is hydrogeology, which possesses a vast array of tools and enables us to characterize rather accurately the stages and processes associated with the circulation, storing and quality of groundwater.

The hydrogeology review conducted in the parish council of Creixomil is extremely important for characterizing available groundwater resources and for helping the population to know how to use them, as well as for raising awareness in relation to the problem of groundwater quality.

This thesis seeks to be an instrument to be used in the future regarding new extractions, possible investments in different purposes and uses than the ones that already exist today, and most of all as a source of information on available groundwater resources, including their condition and the need to manage and protect groundwater.

Chapter 1, *Introduction*, presents the framework, purpose and methodology for the dissertation. Chapter 2, *Basic Features on Groundwater*, presents some fundamental concepts and other important elements on which this work is based. Chapter 3, *Groundwater in Portugal*, presents a short summary of the main aquifer systems in the Country. Chapter 4, *Case-study of the Parish Council of Creixomil, Council of Barcelos*, details the characterization of the region, namely in physical, geomorphologic, geological and particularly hydrogeological terms. The final chapter, *Conclusions*, summarizes the features considered to be the most important and proposes some paths to be followed in future works.

Keywords

Groundwater, hydrogeological models, water quality, Creixomil.

Índice

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do Tema.....	1
1.2 Objectivo.....	2
1.3 Metodologia e Organização da Tese.....	2
2 ASPECTOS BÁSICOS SOBRE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	6
2.1 A água Subterrânea.....	6
2.2 Classificação das Águas Subterrâneas.....	9
2.3 Contexto Legal das Águas Subterrâneas.....	10
2.4 Qualidade das Águas Subterrâneas.....	12
2.4.1 Análise físico-química.....	13
2.4.2 Valores limites para consumo de água.....	19
2.5 Classificação Hidrogeológica dos Maciços.....	21
2.5.1 Formações geológicas não aquíferas.....	22
2.5.2 Classificação dos aquíferos quanto à localização geográfica.....	23
2.5.3 Classificação dos aquíferos quanto à pressão e capacidade de transmissão de água.....	23
2.5.4 Classificação dos aquíferos quanto ao tipo de rocha armazenadora.....	25
2.6 Elementos Básicos sobre Caracterização Hidráulica de Aquíferos.....	26
2.6.1 Porosidade.....	26
2.6.2 Permeabilidade.....	27
2.7 Modelos Hidrogeológicos Conceptuais.....	30
2.7.1 Definição e construção de um modelo conceptual.....	30
2.7.2 Modelos conceptuais em diferentes maciços.....	32
3 AGUAS SUBTERRÂNEAS EM PORTUGAL.....	36
3.1 Introdução.....	36
3.2 Águas Comuns.....	38
3.3 Águas Nobres.....	45
4 O ESTUDO DE CASO DA FREGUESIA DE CREIXOMIL NO CONCELHO DE BARCELOS.....	55
4.1 Localização Geográfica.....	55
4.2 Caracterização Sócio-económica.....	55
4.2.1 Contexto histórico.....	55
4.2.2 População.....	59
4.2.3 Actividade económica.....	59
4.2.4 Ocupação do solo.....	60
4.2.5 Consumos de água.....	62
4.3 Aspectos Geomorfológicos.....	63

4.3.1 Aspectos regionais	63
4.3.2 Aspectos locais	64
4.4 Aspectos Geológicos.....	67
4.4.1 Aspectos do Concelho de Barcelos	67
4.4.2 Aspectos da freguesia de Creixomil	71
4.5 Aspectos Climáticos e Hidrológicos.....	75
4.5.1 Elementos climáticos.....	75
4.5.2 Balanço hidrológico.....	79
4.5.3 Recarga aquífera e reservas	84
4.5.4 Pontos de água	86
4.5.4.1 Introdução.....	86
4.5.4.2 Caracterização dos pontos de água.....	87
4.5.4.3 Apresentação e tratamento de resultados	92
4.5.4.4 Qualidade da água	105
4.5.5 Modelo conceptual de escoamento subterrâneo	113
5 CONCLUSÕES	115
BIBLIOGRAFIA.....	119

Lista de Figuras

Figura 1.3.1 - Instrumentos utilizados em campo para recolha e análise de amostras de água.	3
Figura 1.3.2 - Medidor paramétrico de qualidade de água	4
Figura 2.1.1 - Estimativa da totalidade de água doce e água salgada disponível no planeta (Serrão, 2003).	6
Figura 2.1.2 - O ciclo hidrológico (Serrão, 2003)	7
Figura 2.1.3 - Classificação das camadas de solo onde circula a água infiltrada.	8
Figura 2.1.4 - Tempos aproximados de residência dos recursos hídricos mundiais (Serrão, 2003).	9
Figura 2.2.1 - Classificação das águas nobres (Adaptado de Gomes, 2005)	10
Figura 2.4.1 - Escala do pH (adaptado de INETI, 2011)	16
Figura 2.5.1 - Interface da água doce com a água salgada (adaptado de Zimbres, 2011).	23
Figura 2.5.2 - Representação dos aquíferos livre e suspenso (adaptado de INETI, 2011).	24
Figura 2.5.3 - Representação de um aquífero confinado (adaptado de INETI, 2011).	24
Figura 2.6.1 - Porosidade em diferentes tipos de litologia (INETI, 2011).	26
Figura 2.6.2 - Relação entre a porosidade e a permeabilidade (INETI, 2011).	28
Figura 2.7.1 - Esquema do processo de escolha do modelo conceptual (adaptado de Doherty, 2009)	30
Figura 2.7.2 - Nascente em meio fracturado (Adaptado de INETI, 2011).	32
Figura 2.7.3 - Nascente de falha geológica (Adaptado de INETI, 2011).	32
Figura 2.7.4 - Nascente em meio cárstico (Adaptado de INETI, 2011).	33
Figura 2.7.5 - Modelo conceptual hidrogeológico da zona da Serra do Machialinho - Pampilhosa da Serra, com a formação aquífera a ser constituída pelas rochas quartzíticas do Ordovícico (Ferreira Gomes et al. 2011).	33
Figura 2.7.6 - Esboço hidrogeológico conceptual da zona da Serra da Estrela - Covilhã, em rochas graníticas, evidenciando uma zona de descarga superficial que corresponde a um aquífero livre, e evidenciando também a ocorrência de grandes falhas semi-verticais a favorecer a recarga em profundidade para abastecer aquíferos confinados ou semi-confinados (Mendes, 2006).	34
Figura 2.7.7 - Esboço de modelo hidrogeológico conceptual da região tradicional que possibilita obter a água de nascente do tipo Fonte da Fraga, da zona da Serra da Gardunha; FdF1- Nascente, FdF2 e FdF3 - Furos semi-horizontais (Ferreira Gomes, 2000).	34
Figura 2.7.8 - Esboço sobre o modelo geohidráulico da água mineral de Longroiva: a)	35

delimitação da zona considerada de recarga: as setas apresentam um esboço sobre a direcção e sentido das partículas de água até chegarem à zona da nascente mineral a Norte, b) corte evidenciando a recarga da água subterrânea em profundidade para depois ressurgir como mineral junto às termas, próximo do contacto granito-xistos (Ferreira Gomes *et al.*, 2001).

Figura 3.1.1 - Unidades morfo-estruturais hidrogeológicas que constituem o território nacional (SNIRH, 2011a).	37
Figura 3.1.2 - Relação entre as ARH regionais e as mega-unidades morfo-estruturais hidrogeológicas do território nacional (a partir de SNIRH, 2011a).	37
Figura 3.1.3 - Elementos dos pontos de água de água comum inventariados no site do SNIRH para o concelho de Barcelos (a partir de SNIRH, 2011b).	38
Figura 3.1.4 - Sistemas aquíferos de águas comuns identificadas no Maciço Antigo (SNIRH, 2011a).	39
Figura 3.1.5 - Sistemas aquíferos de águas comuns identificadas na Orla Ocidental (SNIRRH, 2011a).	40
Figura 3.1.6 - Sistemas aquíferos de águas comuns identificadas na Orla Meridional (SNIRRH, 2011a).	41
Figura 3.1.7 - Sistemas aquíferos de águas comuns identificadas nas Bacias Terciárias do Tejo e do Sado (SNIRRH, 2011a).	41
Figura 3.1.8 - Consumo de água subterrânea para Portugal Continental por concelho (APDA, 2002).	43
Figura 3.1.9 - Consumo de água subterrânea para Portugal Continental por distrito (APDA, 2002).	44
Figura 3.1.10 - Localização das ocorrências minerais e respectivas aplicações em Portugal Continental (IGM, 2001, <i>in</i> Plácido, 2007).	46
Figura 3.1.11 - Principais ocorrências de águas minerais naturais para termalismo e suas relações com o seu quimismo (INETI, 2011).	47
Figura 3.1.12 - Principais ocorrências de águas de nascente em Portugal Continental (INETI, 2011).	50
Figura 3.1.13 - Evolução do consumo percapita em águas engarrafadas em Portugal Continental (DGEG, 2010).	52
Figura 3.1.14 - Distribuição da temperatura das ocorrências termais em Portugal (IGM, 1998).	53
Figura 3.1.5 - Exemplos da exploração de frutos tropicais no Pólo do Vau do Campo Geotérmico e Hidromineral de São Pedro do Sul - Termas de S. Pedro do Sul (Plácido, 2007).	53
Figura 4.1.1 - Mapa das freguesias do concelho de Barcelos com destaque da freguesia de Creixomil (adaptado de Santos, 2005).	56
Figura 4.1.2 - Delimitação da freguesia de Creixomil e do concelho de Barcelos na carta militar nº69-1 (IGE, 1997)	57

Figura 4.2.1 - Capela de N. S ^a do Rosário e Igreja Paroquial de Creixomil.	58
Figura 4.2.2 - Extracto da planta de condicionantes nº 69-1 correspondente à zona geográfica de Creixomil (adaptado do PDM de Barcelos - PDM, 2011).	60
Figura 4.2.3 - Exemplos da ocupação de solo quanto a terrenos agrícolas: milho (a) e vinhas (b).	61
Figura 4.2.4 - Exemplos de árvores encontradas na reserva ecológica nacional: pinheiro (a) e eucalipto (b).	62
Figura 4.2.5 - Exemplos de vegetação rasteira encontrada na reserva ecológica nacional: tojo (a) e feitaira (b)	62
Figura 4.3.1 - Principais unidades geomorfológicas da Península Ibérica (adaptado de Lima, 2000).	64
Figura 4.3.2 - Extracto da Carta geológica 1/500 000 de Portugal (SGP, 1992).	65
Figura 4.3.3 - Modelo digital do terreno da freguesia de Creixomil sem escala (CIM Cávado, 2011).	66
Figura 4.3.4 - Relevo do Monte de São Mamede a Norte de Creixomil.	66
Figura 4.3.5 - Relevo do Monte da Brenha a Este de Creixomil.	67
Figura 4.3.6 - Relevo de Creixomil a jusante do Monte de São Mamede.	67
Figura 4.3.7 - Delimitação da freguesia de Creixomil e das bacias hidrográficas na carta cartográfica nº 69-1 (IGP, 2004)	68
Figura 4.4.1 - Extracto da carta geológica 1/50 000 de Portugal com delimitação da freguesia de creixomil (Teixeira et al., 1969).	69
Figura 4.4.2 - Esboço geológico da zona em estudo (ver localização de corte na Fig.4.4.1).	71
Figura 4.4.3 - Extracto da carta geológica da zona da freguesia de Creixomil, a partir da carta geológica de Teixeira et al. (1969).	72
Figura 4.4.4 - Exemplos de unidades litológicas encontradas no limite entre as zonas de granitos porfiróides e granitos não porfiróides.	73
Figura 4.4.5 - Tipos de granitos que ocorrem em Creixomil: porfiróide (a) e não porfiróide (b).	74
Figura 4.4.6 - Unidades litológicas encontradas na zona de xistos e corneanas.	74
Figura 4.4.7 - Desenvolvimento do ribeiro: em Fundões (a) e em Manelo (b).	74
Figura 4.4.5 - Exemplos de unidades litológicas que ocorrem em Creixomil: quartzo (a) e granitos com cristais de feldspato e micas de grandes dimensões.	75
Figura 4.5.1 - Bacias hidrográficas de Creixomil e estações udométricas com influência nas mesmas.	77
Figura 4.5.2 - Áreas de influência calculadas pelo Método de Thiessen para o cálculo da precipitação ponderada mensal, para as bacias hidrográficas da freguesia de Creixomil.	78
Figura 4.5.3 - Mapa de precipitação em Portugal Continental (adaptado do Atlas do Ambiente Digital, <i>in</i> Ferreira, 2000).	80

Figura 4.5.4 - Mapa de temperatura em Portugal Continental (adaptado do Atlas do Ambiente Digital, <i>in</i> Ferreira, 2000)	81
Figura 4.5.5 - Diagrama do balanço hidrológico sequencial mensal para a freguesia de Creixomil.	84
Figura 4.5.6 - Localização dos pontos de água para a zona em estudo com os limites geográficos de Creixomil.	86
Figura 4.5.7 - Exemplos de poços típicos da freguesia de Creixomil.	87
Figura 4.5.8 - Exemplo típico da cabeça de um furo localizado em Creixomil.	88
Figura 4.5.9 - Exemplo de uma mina no seu interior e na sua boca, da freguesia de Creixomil: Mina das Grimas.	89
Figura 4.5.10 - Exemplo de captações directamente em nascentes, na freguesia de Creixomil: Nascente de Vale Espinhosa.	89
Figura 4.5.11 - Boca da Mina de Fonte Boa e curso de água a jusante da mesma.	90
Figura 4.5.12 - Exemplo de captações em presas, na freguesia de Creixomil: Poça da Aldeia	91
Figura 4.5.13 - Variação dos parâmetros físico-químicos ao longo da Ribeiro de Vilar de Monte, em locais da freguesia de Creixomil.	92
Figura 4.5.14 - Imagens dos locais dos pontos R3 e R4 do Ribeiro de Vilar de Monte, onde se recolheram amostras de água, para registar os seus parâmetros físico-químicos em estudo.	92
Figura 4.5.14 - Histograma dos registos dos parâmetros físico-químicos de condutividade, temperatura e total de sólidos dissolvidos nas bacias da freguesia de Creixomil.	95
Figura 4.5.15 - Histograma dos registos dos parâmetros físico-químicos de potencial redox, total de sólidos dissolvidos e resistividade nas bacias da freguesia de Creixomil.	96
Figura 4.5.16 - Resultados da condutividade em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	97
Figura 4.5.17 - Resultados da temperatura em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	97
Figura 4.5.18 - Resultados de Total de Sólidos Dissolvidos em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	98
Figura 4.5.19 - Resultados de resistividade em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	98
Figura 4.5.20 - Resultados de pH em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	99
Figura 4.5.21 - Resultados de potencial redox em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil	99
Figura 4.5.22 - Relação entre resistividade e condutividade dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	101

Figura 4.5.23 - Relação entre a variável Total de Sólidos Dissolvidos e a Condutividade dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	101
Figura 4.5.24 - Relação entre a variável Potencial Redox e a Condutividade dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	102
Figura 4.5.25 - Relação entre a variável Total de Sólidos Dissolvidos e o pH dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	102
Figura 4.5.26 - Relação entre a variável Resistividade e o pH dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	103
Figura 4.5.27 - Relação entre a variável condutividade e o pH dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	103
Figura 4.5.28 - Relação entre a variável Eh - Potencial Redox e o pH dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	104
Figura 4.5.29 - Relação entre a variável Eh - Potencial Redox e Total de Sólidos Dissolvidos dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	104
Figura 4.5.30 - Relação entre a variável Eh - Potencial Redox e a resistividade dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.	105
Figura 4.5.31 - Análise do parâmetro condutividade - c , em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.	107
Figura 4.5.32 - Análise do parâmetro temperatura - T , em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.	108
Figura 4.5.33 - Análise do parâmetro total de sólidos dissolvidos - TDS, em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.	109
Figura 4.5.34 - Análise do parâmetro resistividade - ρ , em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.	110
Figura 4.5.35 - Análise do parâmetro pH, em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.	111
Figura 4.5.36 - Análise do parâmetro potencial redox - Eh, em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.	112
Figura 4.5.37 - Esboço do modelo hidrogeológico conceptual para a zona da freguesia do Creixomil.	114

Lista de Tabelas

Tabela 2.4.1 - Classificação dos tipos de água de acordo com a temperatura de emergência (Carvalho et al, 1961).	15
Tabela 2.4.2 - Classificação da água segundo o total de sólidos dissolvidos (Freeze et al, 1979).	15
Tabela 2.4.3 - Classificação das águas segundo a dureza (Custódio et al, 1996)	18
Tabela 2.4.4 - Classificação das águas segundo o resíduo seco (Custódio et al, 1996)	18
Tabela 2.4.5 - Classificação das águas segundo a mineralização total (Silva et al, in INETI, 2011)	18
Tabela 2.4.6 - Classificação das águas minerais em Portugal quanto à composição química (adaptado de Simões, 1983, in Termas de Portugal, 2011)	19
Tabela 2.4.7 - Valores paramétricos para controlo da qualidade da água destinada ao consumo humano fornecida por redes de distribuição, fontanários não ligados à rede de distribuição, utilizada numa empresa da indústria alimentar ou posta à venda em garrafas ou outros recipientes (DL, 2007b).	20
Tabela 2.4.8 - Constituintes naturalmente presentes nas águas minerais naturais e limites máximos que, se ultrapassados, podem constituir risco para a saúde pública. (Directiva 2003).	21
Tabela 2.6.1 - Valores de porosidade eficaz para diferentes tipos de matérias geológicas (Medeiros, 2004).	29
Tabela 2.6.2 - Classificação das formações hidrogeológicas em função do coeficiente de permeabilidade (Medeiros, 2004).	29
Tabela 2.7.2 - Dados de base para a construção de um modelo (adaptado de Middlemis, 2000, in Barreiras, 2009)	31
Tabela 3.1.1 - Elementos detalhados da Unidade T6 (Bacia de Alvalade) pertencente à grande unidade morfo-estrutural Bacias Terciárias do Tejo e do Sado (SNIRH, 2011a).	42
Tabela 3.1.2 - Vocações terapêuticas das águas minerais naturais portuguesas (IMG, 2001, in Plácido, 2007)	48
Tabela 3.1.3 - Frequência termal e respectivas receitas, em Portugal Continental, em 2009 a partir da aplicação das águas minerais termais (DGEG, 2010).	49
Tabela 3.1.4 - Águas minerais engarrafadas por marca - Produção 2007 (DDEG, 2010).	51
Tabela 3.1.5 - Águas engarrafadas do tipo Nascente, por marca em Portugal Continental - Produção 2007 (DGEG, 2010).	52
Tabela 3.1.6 - Emergências termais e sua temperatura máxima registada em Portugal Continental (IGM, 1998).	54

Tabela 4.5.1 - Estações meteorológicas e suas características, com importância na caracterização das bacias em estudo (adaptado de SNIRH, 2011c).	76
Tabela 4.5.2 - Precipitação mensal média para o período de 1979 a 2010 para as estações da zona de Creixomil (adaptado de SNIRH, 2011c).	76
Tabela 4.5.3 - Precipitação ponderada mensal para as bacias hidrográficas de Creixomil.	76
Tabela 4.5.4 - Temperatura média mensal para a estação climatológica de Barcelos no período de 1981/2010 (adaptado de SNIRH, 2011c).	78
Tabela 4.5.5 - Resultados da evapotranspiração potencial mensal na zona de Creixomil.	82
Tabela 4.5.6 - Resultados do balanço hidrológico (l/m^2) sequencial mensal para Creixomil - Barcelos.	84
Tabela 4.5.7 - Resultados estatísticos dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas recolhidas em campo na freguesia de Creixomil.	93

Lista de Acrónimos

ρ	Resistividade eléctrica
η	Porosidade
η_e	Porosidade eficaz
A	Secção atravessada
APDA	Associação Portuguesa de Drenagem e Distribuidores de Água
ARH	Administração da Região Hidrográfica
c	Condutividade eléctrica
COT	Carbono orgânico total
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
DH	Défice hídrico
DL	Decreto-lei
Eh	Potencial redox
ETP	Evapotranspiração potencial
ETPo	Evapotranspiração potencial média
ETR	Evapotranspiração real
G	Escoamento subterrâneo
i	Gradiente hidráulico
I	Índice de calor anual
IGE	Instituto Geográfico do Exército
IGM	Instituto Geológico e Mineiro
IGP	Instituto Geográfico Português
IGP	Instituto Geográfico Português
INAG	Instituto da Água
INETI	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Informação
K	Condutividade hidráulica
K	Factor correctivo de insolação astronómica diária
L	Perda potencial de água
LNEG	Laboratório Nacional de Engenharia Geologia
P	Precipitação
PDM	Plano Director Municipal
pH	Potencial hidrogeniónico
Q	Caudal
R	Escoamento superficial
RAN	Reserva Agrícola Nacional
REN	Reserva Ecológica Nacional
SGP	Serviços Geológicos de Portugal
SH	Superavit hídrico

SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
Sso	Armazenamento de água que fica no solo de capacidade utilizável pelas plantas
T	Temperatura
TA	Alcalinidade medida até um pH de 8,3, utilizando na titulação a fenolftaleína como indicador
TAC	Alcalinidade medida até um pH de 4,5, em que na titulação é utilizado o alaranjado de metilo.
TDS	Total de sólidos dissolvidos
UBI	Universidade da Beira Interior
V_e	Volume total de poros interligados e acessíveis
VSs	Varição do armazenamento de água à superfície
VSso	Varição do armazenamento de água no solo arável
VSsso	Varição do armazenamento de água no subsolo
V_t	Volume total
V_v	Volume de vazios

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do Tema

Água é vida. Este mote representa a dependência do ser humano da água, quer seja para saciar as suas necessidades mais básicas ou fazer mover a cultura social, isto é, alimentar a indústria, a agricultura, actividades de lazer e centros de produção de energia, de entre outros.

Para satisfazer estas necessidades, torna-se necessário recorrer à água subterrânea, que pelas suas características, melhor se adequa. À medida que a população vai gradualmente crescendo, a procura por fontes de água seguras e economicamente viáveis aumenta. Em alguns casos, a relação entre procura e oferta de água é de tal forma desnivelada que, o recurso intensivo a reservatórios de água subterrânea e a poluição dos mesmos, tem levado à diminuição progressiva dos recursos hídricos subterrâneos acessíveis.

Embora em determinados países ocidentais a indústria seja a maior consumidora de água, é sem dúvida a agricultura que leva a maior fatia, representando 70% do consumo mundial de água, especialmente em países mais áridos, fazendo da água subterrânea o recurso natural mais utilizado (Struckmeier, 2007). Segundo o mesmo autor, só no ano de 2001 foram produzidas mais de 600 mil milhões de toneladas de água, englobando um dividendo monetário médio de 300 mil milhões de euros.

Esta demanda tem, no entanto, um preço, e torna-se necessário, para que não haja uma exploração demasiado agressiva ou contaminação desses recursos, definir uma correcta gestão dos mesmos.

As rochas assumem um papel fundamental, nesta questão, pois as suas características hidrogeológicas e geológicas, condicionam a circulação e armazenamento de água no subsolo, quer em termos de quantidade quer em qualidade. Além disso, é importante referir as condições de recarga dos aquíferos, que são, regra geral, ínfimas, lentas e em alguns casos impossíveis, dadas as actuais condições meteorológicas.

Assim, apesar de existir uma enorme quantidade de água armazenada no subsolo e da água subterrânea se distribuir por todo o planeta, a verdade é que a sua acessibilidade é muitas vezes difícil, dispendiosa ou simplesmente a água não existe. Assim torna-se necessário recorrer a meios científicos que permitam perceber a forma como circulam e se armazenam as águas no subsolo, para que seja possível captá-las de uma forma racional e sustentada.

A Hidrogeologia possui hoje em dia ferramentas importantes que permitem obter um conhecimento actualizado dos sistemas aquíferos, modelando o transporte e fluxo das águas.

Um estudo hidrogeológico permite então referenciar e quantificar os recursos de água doce, avaliar os processos de recarga, fluxo e descarga das águas subterrâneas, verificar e monitorizar a qualidade destas águas e serve igualmente de ferramenta para tomada de decisão quanto à gestão qualitativa e quantitativas dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis, e ainda para distribuir e empregar os mesmos em fins apropriados conforme as suas características físico-químicas.

1.2 Objectivo

A presente dissertação tem por objectivo fazer um estudo hidrogeológico na freguesia de Creixomil, no concelho de Barcelos, de forma a perceber a potencialidade das águas nela encontradas para abastecimento dos habitantes no consumo doméstico, na rega, na indústria e talvez, dependendo dos resultados obtidos, ponderar a exploração das águas subterrâneas para fins de engarrafamento e até termalismo.

Para atingir esse propósito, foi necessário definir o espaço do ponto de vista geográfico e sócio-económico, abordando vários pontos que visam caracterizar o local, a população e os hábitos da mesma. Conduziram-se da mesma forma, outros estudos que abordam a geomorfologia, a geologia, a climatologia e a hidrologia inerentes a Creixomil.

Aqueles conhecimentos adquiridos são sem dúvida contribuições para avaliar a circulação da água subterrânea no terreno, a sua qualidade do ponto de vista físico-química, e entender o modelo hidrogeológico conceptual que represente a realidade dos recursos hídricos do local em estudo, para que seja possível avaliar as reservas potenciais disponíveis.

1.3 Metodologia e Organização da Tese

O desenvolvimento deste trabalho seguiu uma linha de orientação que visava atingir os objectivos propostos tendo em conta uma correcta abordagem ao problema das águas subterrâneas e sobretudo ao estudo de caso, no qual esta dissertação se fundamenta.

Assim, em relação à metodologia de trabalho, esta organizou-se nas partes principais seguintes:

i) Pesquisa bibliográfica

Esta realizou-se principalmente sobre aspectos hidrogeológicos em geral, e ainda sobre os vários domínios em que a dissertação se debruça, nomeadamente aqueles que permitiram caracterizar a zona em estudo, desde aspectos físicos, geomorfológicos, geológicos, climáticos, hidrológicos, de entre outros.

ii) Trabalhos de campo

Para o trabalho de campo, onde não só se referenciaram todos os pontos de água distribuídos pela freguesia como também foram recolhidas amostras de água para análise paramétrica da sua qualidade. Para isso, e no caso dos poços, foi utilizado um instrumento que permite a recolha de amostras no fundo dos mesmos, como se pode observar na Fig.1.3.1, de modo que a água recolhida fosse a mais representativa possível da que circula no subsolo. Este instrumento é constituído por uma garrafa de vidro acoplada a uma manga plástica, no interior da qual corre um fio que permite puxar a rolha da garrafa, quando esta se encontra pousada no fundo do poço.



Figura 1.3.1 - Instrumentos utilizados em campo para recolha e análise de amostras de água.

No caso das minas e nascentes, sempre que possível, foi recolhida à boca ou na origem da ressurgência, uma amostra de água num recipiente plástico e foram determinados os parâmetros físico-químicos da mesma. No caso das presas foi seguida a mesma metodologia.

Foram ainda recolhidas amostras ao longo do percurso do Ribeiro de Vilar de Monte.

A recolha das amostras foi realizada ao longo do mês de Agosto de 2011, sendo estas analisadas no local, através de um medidor paramétrico de qualidade de água, que consiste em duas sondas individuais acopladas a um aparelho da marca Eutech Instruments modelo PC650, Fig.1.3.2. As sondas foram colocadas num recipiente plástico juntamente com a água recolhida, realizando-se os registos imediatamente após a colheita.



Figura 1.3.2 - Medidor paramétrico de qualidade de água.

iii) Trabalhos de Gabinete

Uma vez registados os parâmetros físico-químicos da água amostrada, foram construídas tabelas, procedendo-se ao tratamento estatístico das mesmas e da construção de mapas de isolinhas com recurso ao software *Surfer*. Ao mesmo tempo foram georreferenciados todos os pontos de água através da utilização do programa ArcGis, com o qual se procedeu à transformação das coordenadas dos pontos, em sistema de coordenadas WGS84, para o sistema de Datum 73, podendo assim localizar correctamente os pontos de água nas várias cartas apresentadas nesta dissertação.

Uma vez concluído o anterior passo, procedeu-se ao encadeamento da informação recolhida desde o início, de forma a obter um panorama da situação hidrogeológica de Creixomil, resultando o presente documento escrito.

A tese encontra-se organizada do seguinte modo:

No Capítulo 1, referente à introdução, procede-se à definição do enquadramento e objectos da presente dissertação fazendo ainda referência à metodologia seguida para a construção da mesma e da sua estrutura.

O Capítulo 2, respeitante aos aspectos básicos sobre as águas subterrâneas, pretende explorar a problemática das águas subterrâneas, quantificando e classificando os recursos hídricos

subterrâneos disponíveis, tentando contextualizar a legislação aplicável a cada um dos assuntos mencionados.

No Capítulo 3, que remete às águas subterrâneas em Portugal, distinguem-se as diferentes unidades litológicas que compõem o território nacional, identificando ainda os locais onde se distribuem os principais sistemas aquíferos e explorações de águas minerais naturais e águas de nascente.

No Capítulo 4 é explorado o cerne desta dissertação, que é a inventariação dos diferentes pontos de água disponíveis na freguesia de Creixomil, concelho de Barcelos, e tratamento dos dados recolhidos em campo de forma a construir mapas representativos da qualidade paramétrica das águas do subsolo no local em estudo. Da mesma forma, foram conduzidos estudos climáticos e hidrológicos para a zona em questão, evidenciando igualmente aspectos geológicos e geomorfológicos, para além de contextualizar sócio-economicamente a freguesia de Creixomil.

O Capítulo 5 refere-se às conclusões passíveis de serem retiradas do conjunto total desta dissertação, não só sobre o tema das águas subterrâneas em geral mas sobretudo do aproveitamento a dar às águas que circulam em Creixomil, além de se apresentarem propostas de trabalhos futuros de modo a aprofundar o conhecimento sobre os recursos hídricos subterrâneos da zona em estudo.

No item da Bibliografia são apresentadas as referências bibliográficas que contribuíram para a construção desta dissertação.

Nos Anexos encontram-se as tabelas respeitantes aos dados recolhidos em campo e também um registo fotográfico dos pontos de água naturais que ocorrem na freguesia de Creixomil.

Capítulo 2

ASPECTOS BÁSICOS SOBRE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

2.1 A água Subterrânea

A água subterrânea representa apenas uma pequena fatia da água disponível no planeta Terra. Ao observar a Fig.2.1.1, compreende-se que a água doce existe em muito pouca quantidade face à água salgada, e nesta inclui-se a água proveniente dos rios, lagos, pântanos, glaciares, neves permanentes, humidade do solo e a água subterrânea.

Desprezando os glaciares e neves permanentes, que representam a maioria da água doce disponível, percebe-se a importância da água subterrânea como meio de sobrevivência do ser humano, não só para consumo próprio mas também na agricultura e no abastecimento das múltiplas indústrias que movimentam o sistema económico como é ele hoje conhecido.

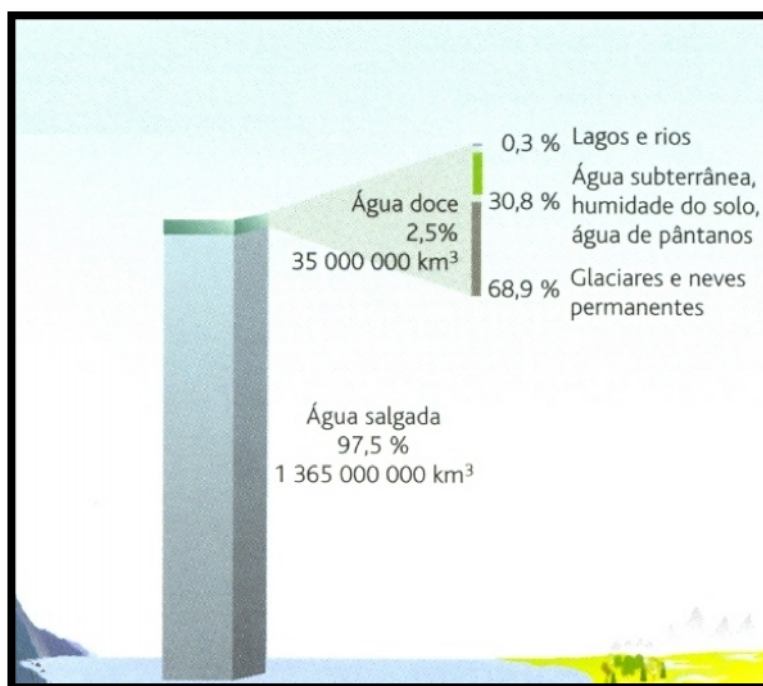


Figura 2.1.1 - Estimativa da totalidade de água doce e água salgada disponível no planeta (Serrão, 2003).

A água subterrânea integra-se num sistema complexo de circulação de água designado por ciclo hidrológico, sendo este sustentado pela acção da gravidade e pela energia do sol. De uma forma expedita poder-se-á explicar este processo como tendo início na evaporação da água dos oceanos, lagos, rios e qualquer outro ponto de água superficial para atmosfera. O vapor que se estende pela atmosfera condensa e dá origem às nuvens. É a partir destas que se desenvolve a precipitação, devolvendo a água novamente à superfície marítima ou terrestre, e neste caso, a água escoar pelas encostas, atingindo cursos de água superficiais ou

infiltrando-se no solo até, eventualmente, regressar ao mar. Finda esta etapa, o ciclo hidrológico reinicia novamente.

Ao analisar a Fig.2.1.2 é possível quantificar cada uma destas etapas que integram o ciclo hidrológico e perceber a dinâmica em como o processo ocorre.

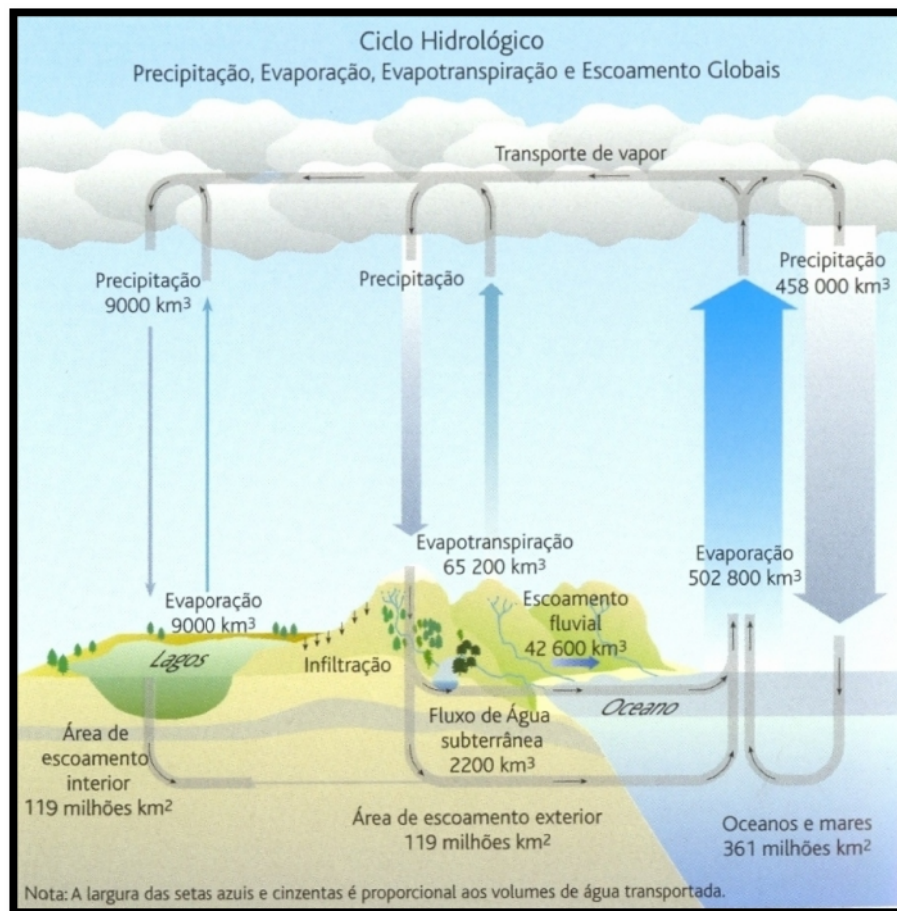


Figura 2.1.2 - O ciclo hidrológico (Serrão, 2003)

Como se pode observar pela figura, a água precipitada nunca é em quantidade igual à evaporada, pois parte desta água precipitada nunca chega a atingir o solo ou o oceano, uma vez que se evapora com o calor do sol à medida que cai.

Observa-se ainda que a água evaporada para a atmosfera pode ter origem nos oceanos e em outros pontos de água superficiais, ou pode ser resultante da evapotranspiração, que não é mais do que a água retida pela vegetação, que é vaporizada para a atmosfera através da sua transpiração.

A água que se infiltra atravessa zonas do solo com características distintas, Fig.2.1.3, sendo estas a zona de água do solo, a zona intermédia, a franja capilar e a zona de saturação.

A zona de água do solo compreende a camada de solo entre a superfície do solo e a profundidade máxima em que é possível reenviar água para a atmosfera através da evaporação ou da transpiração das plantas. A espessura desta zona de solo depende da profundidade das raízes das plantas.

A zona intermédia situa-se entre a zona de água de solo e a franja capilar, sendo a sua profundidade variável entre zero e algumas dezenas de metros. A quantidade de água aqui retida corresponde à capacidade de campo, isto é, à capacidade de retenção de água pelo solo por forças de atracção molecular, podendo esta quantidade ser superior quando a zona é atravessada por água em movimento.

Na franja capilar, a água mantém-se por capilaridade, onde os vazios possuem um teor de água decrescente conforme a altitude, sendo que na base se encontram completamente preenchidos por água.

Na zona de saturação, onde os vazios do solo estão preenchidos por água e onde a água infiltrada se insere na circulação subterrânea, permitindo a recarga dos aquíferos; esta, num item adiante será objecto de estudo mais aprofundado.

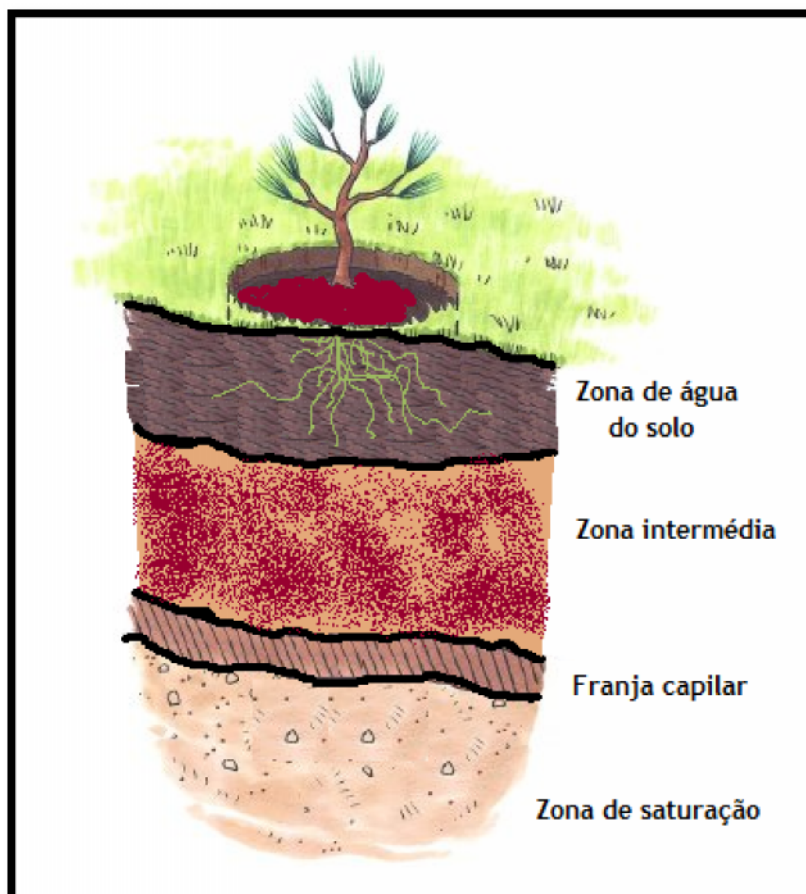


Figura 2.1.3 - Classificação das camadas de solo onde circula a água infiltrada.

A água de origem subterrânea pode então ficar armazenada no subsolo, regressar naturalmente à superfície através de nascentes ou escoar directamente para o oceano.

Todo este processo do ciclo hidrológico é condicionado por factores como a temperatura, o relevo, a altitude, a vegetação, o tipo de solo e a geologia, que vão regular a quantidade de água movimentada e ainda a velocidade da sua circulação. A velocidade a que circula a água nas diferentes etapas do ciclo hidrológico é de extrema importância, porque no caso das águas subterrâneas quanto mais tempo estas permanecerem no subsolo mais interacção haverá com as rochas.

Na Fig.2.1.4 são apresentados os tempos de residência da água nas diferentes etapas do ciclo hidrológico.

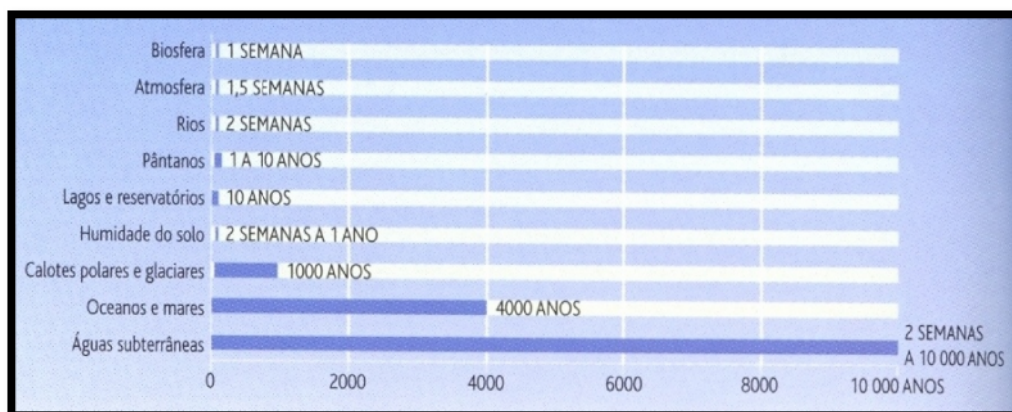


Figura 2.1.4 - Tempos aproximados de residência dos recursos hídricos mundiais (Serrão, 2003).

Percebe-se então, que as águas subterrâneas antes de serem renovadas podem permanecer no subsolo por um curto espaço de tempo ou ali prolongarem-se por um extenso período que pode atingir os 10 mil anos, dependendo da permeabilidade do reservatório e da profundidade a que este se encontra. Estima-se que apenas 0,1% das reservas subterrâneas se renovam anualmente.

É por isso fundamental que se tomem medidas de preservação deste recurso natural, porque dele depende metade da população do planeta e em certos casos, como na Europa ou na Rússia, 80% da água potável tem origem subterrânea.

2.2 Classificação das Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas podem-se dividir essencialmente em águas minerais naturais, em águas de nascente, e águas comuns, cada uma delas com o seu próprio enquadramento legal. As duas primeiras, devido às suas especificidades, Ferreira Gomes (2011) classifica-as como águas nobres (Fig.2.2.1). As águas comuns poderão ter várias aplicações, desde o consumo humano, agricultura, indústria, recreio e lazer, de entre outras.

As águas minerais naturais são águas do domínio público do estado português e que se traduzem por águas bacteriologicamente próprias de circulação subterrânea, com parâmetros físico-químicos estáveis na sua origem, inseridos num intervalo de flutuações naturais, dos quais podem resultar propriedades benéficas para a saúde e até terapêuticas. Este tipo de água pode ser utilizado para engarrafamento ou termalismo, dependendo dos seus parâmetros físico-químicos, uma vez que as propriedades terapêuticas estão directamente relacionadas com as propriedades físico-químicas da água.

As águas de nascente são de domínio particular e caracterizam-se como águas de circulação subterrânea, bacteriologicamente próprias para beber.

As águas nobres são essencialmente águas minerais utilizadas em termalismo e as águas minerais ou de nascente utilizadas para engarrafamento, tal como se pode observar na Fig.2.2.1.

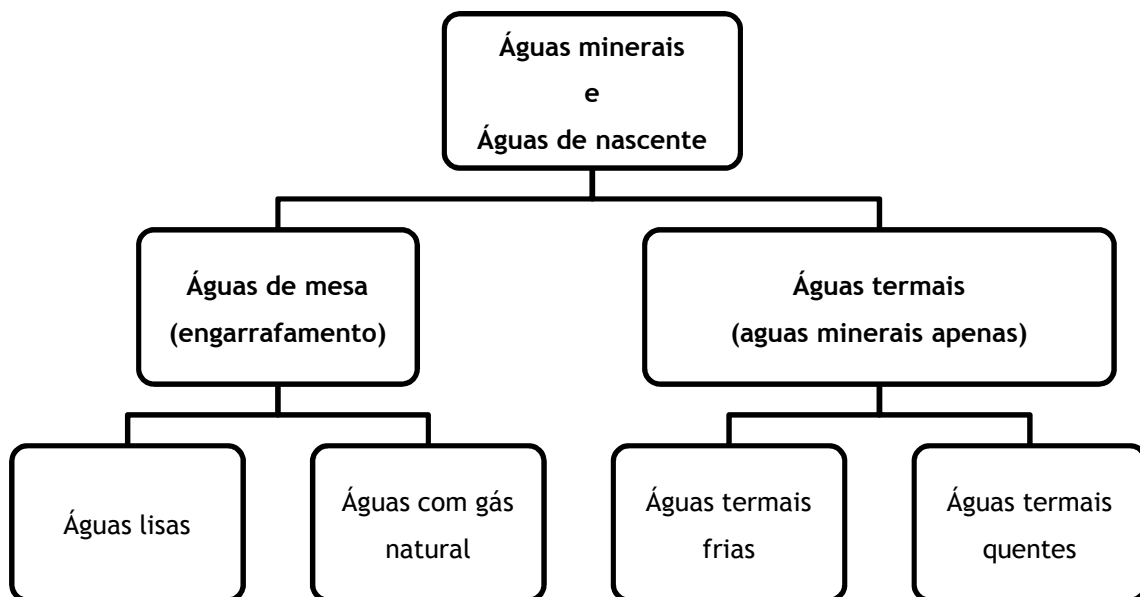


Figura 2.2.1 - Classificação das águas nobres (adaptado de Ferreira Gomes, 2011)

Em alguns casos, as águas minerais podem-se também classificar como recursos geotérmicos pela sua temperatura na origem da captação e ter por isso fins diferentes para além do termalismo (Plácido, 2007).

2.3 Contexto Legal das Águas Subterrâneas

Como foi referido anteriormente, as águas subterrâneas são de uma importância absoluta, não só porque se trata de um recurso natural finito mas porque são de facto um dos motores

que fazem funcionar a sociedade de hoje nos diversos sectores como a agricultura, a indústria e o consumo próprio por parte do ser humano.

Assim, torna-se importante referir a legislação em vigor para a regulação e protecção das águas subterrâneas. Estes instrumentos legais tem-se multiplicado ao longo dos anos, conforme a percepção da problemática das águas foi adquirindo maiores proporções.

A Lei da Água, Lei 58/2005 de 29 de Dezembro (Lei, 2005b), veio transpor para a ordem jurídica nacional, a Directiva Quadro da Água, Directiva 2000/60/CE de 23 de Outubro (DQA, 2000), que tem por objectivo a criação de um plano de protecção das águas de superfície, de transição, costeiras ou subterrâneas. Esta directiva estipula que até 2015 deverá ser alcançado o patamar de “bom estado” das águas europeias tal como assegurar a sua utilização de forma sustentável em toda a Europa.

Assim sendo, todos os instrumentos legais em vigor após Lei (2005b) têm origem na Lei da Água, que estabelece o enquadramento da gestão das águas superficiais e das águas subterrâneas, no sentido de promover uma utilização sustentável dos recursos hídricos, de condicionar a degradação dos ecossistemas aquáticos e do agravamento da poluição das águas subterrâneas e de tomar medidas para contrariar estes problemas.

O Decreto-Lei 77/2006 de 30 de Março (DL, 2006a) apresenta um conjunto de normas técnicas e de carácter transitório, onde no caso das águas subterrâneas se refere à sua caracterização, à avaliação das pressões e do seu impacte, ao estado das massas de água subterrânea e ainda à sua monitorização.

Para a avaliação do estado das águas subterrâneas, surge o Decreto-Lei 208/2008 (DL, 2008b) que vêm transpor a Directiva das Águas Subterrâneas, Directiva 2006/118/CE de 12 de Dezembro (DAS, 2006), e que regulamenta a avaliação do estado químico da água subterrânea, definindo critérios e procedimentos e identificando tendências e pontos de partida para a inversão dessas mesmas tendências.

A Portaria 1115/2009 de 29 de Setembro (Portaria, 2009) regula o estado quantitativo das águas subterrâneas, sobretudo dos meios aquíferos, avaliando tanto a recarga nas massas subterrâneas como a extracção.

O Decreto-Lei 382/99 de 22 de Setembro (DL, 1999b) legisla os perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas para o abastecimento público, de forma a prevenir, reduzir e controlar a poluição das águas por infiltração de águas pluviais lixiviantes e de águas provenientes de regas e lavagens e ainda potenciar processos naturais de diluição e autodepuração das águas.

As zonas vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola são mencionadas no Decreto-Lei 235/97 de 3 de Setembro (DL, 1997) e ainda no Decreto-Lei 68/99 de 11 de Março (DL, 1999a), propondo-se a redução da poluição por estes agentes químicos e ainda evitar a sua propagação.

O Decreto-Lei 166/2008 (DL, 2008a) refere as áreas de protecção e recarga dos aquíferos, no estabelecimento da reserva ecológica nacional (REN), que visa, entre outros, proteger os recursos naturais da água e salvaguardar os sistemas e processos biofísicos associados ao litoral e ao ciclo hidrológico terrestre e ainda prevenir e reduzir os efeitos da degradação da recarga de aquíferos.

A Lei 54/2005 de 15 de Novembro (Lei, 2005a) regula a titularidade dos recursos hídricos e o Decreto-Lei 226-A/2007 de 31 de Maio (DL, 2007a) estabelece o regime de utilização dos recursos hídricos, tendo este sido afastado quanto aos títulos de utilização de recursos hídricos pelo Decreto-Lei 245/2009 de 22 de Setembro (DL, 2009).

O quadro regulamentar apropriado para as águas nobres baseia-se em Decreto-Lei 90/90 (DL, 1990a) que disciplina o regime geral de revelação e aproveitamento dos recursos geológicos, incluindo as águas minerais e os recursos geotérmicos, o Decreto-Lei 84/90 (DL, 1990b), que aprova o regulamento de exploração das águas de nascentes, o Decreto-Lei 86/90 (DL, 1990c) que aprova o regulamento das águas minerais, e ainda o Decreto-Lei 87/90 (DL, 1990d), que aprova o regulamento dos recursos geotérmicos.

Existem ainda alguns instrumentos de natureza legal que se referem à qualidade das águas, no entanto estes serão referidos em capítulo próprio da qualidade da água subterrânea.

2.4 Qualidade das Águas Subterrâneas

A água, como qualquer outro recurso, possui características intrínsecas ao meio no qual circula. Conforme as características da água em questão serão equacionadas possíveis utilizações para a mesma, pelo que é necessário conhecer o seu quimismo de forma a conhecer o percurso das águas pelas formações geológicas, a velocidade a que percorre esse circuito e também da direcção de fluxo.

Percebe-se que as águas subterrâneas e a sua composição dependem de inúmeros factores tais como as unidades litológicas com as quais interage, a temperatura e o tempo de residência no subsolo. A vegetação à superfície, no processo de fotossíntese pode reduzir os sais contidos na água que capta e os gases que existem na atmosfera podem ser empurrados para o solo com a chuva, levando a uma possível diminuição da qualidade das águas.

No fundo, a composição química da água resulta da combinação das características da água desde que se infiltra no solo e da sua evolução química resultante do contacto com as

litologias atravessadas, e que leva a que a quantidade de substâncias dissolvidas na água vá aumentando conforme esta vá circulando no subsolo.

A concentração de determinados sais dissolvidos na água depende de diversos factores como a existência desses mesmos sais nas rochas e solos por onde a água circula e da sequência de contacto dos mesmos com a água, da solubilidade dos minerais, da capacidade de adsorção e troca iónica e a cinética destes processos e também pela acção humana, que leva a que pequenas quantidades evoluam para concentrações anormais desses sais (Melo, 2011).

As captações de água em rochas ígneas ou metamórficas geralmente apresentam baixas quantidades de sais dissolvidos, sendo a água extraída considerada de boa qualidade. O mesmo acontece no caso das rochas sedimentares, no entanto a água apresenta uma elevada concentração de sais dissolvidos. Tanto nos arenitos como nos calcários, a quantidade de sais dissolvidos é elevada, embora, nos primeiros se encontre sobretudo sódio enquanto nos calcários estejam presentes os carbonatos e o magnésio.

Assim sendo, existem diversos meios ao dispor do ser humano para poder avaliar a qualidade das águas subterrâneas, quer seja através de análises físico-químicas quer de análises bacteriológicas feitas a amostras de águas recolhidas dos locais onde se pensa ter havido contaminação ou simplesmente por prevenção e conhecimento do estado da água.

Dado que neste estudo serão discutidos sobretudo os parâmetros físico-químicos das águas, serão, na mesma medida, melhor aprofundadas as características do quimismo da água, embora uma avaliação bacteriológica seja fundamental não só para avaliar as águas, mas também para evitar potenciais problemas para a saúde pública caso essa água seja consumida com qualidade imprópria.

2.4.1 Análise físico-química

A análise físico-química das águas subterrâneas é fundamental pois através dela pode-se identificar não só diferentes qualidades de águas mas também possíveis focos de poluição. Pontualmente, permitem a descoberta de zonas de recarga e descarga.

Dos inúmeros parâmetros físico-químicos que permitem uma análise da qualidade da água subterrânea são mencionáveis não só aqueles que serão utilizados em fase de estudo de caso mas também alguns parâmetros que são de facto importantes na avaliação das águas.

Os resultados das análises físico-químicas podem ser apresentados analiticamente em tabelas ou em forma de gráfico, que muitas vezes ajuda a identificar os fenómenos hidroquímicos. Estes gráficos podem assumir várias formas, dos quais se destaca os diagramas triangulares, diagramas de Piper, diagrama de Stiff e diagrama de Schoeller-Berkaloff.

→ Condutividade eléctrica

A condutividade eléctrica representa a capacidade da água conduzir corrente eléctrica, sendo mais representativa quanto maior for a quantidade de sais dissolvidos sob a forma de iões.

As águas que circulam em formações graníticas geralmente possuem uma baixa condutividade, enquanto as que percorrem meios calcários apresentam valores elevados de condutividade devido à facilidade com que este tipo de formação se dissolve na água.

A condutividade aumenta com a elevação da temperatura e do teor de iões dissolvidos, sendo expressa usualmente em $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A resistividade eléctrica é o inverso da condutividade eléctrica.

→ Temperatura

A temperatura da água no subsolo varia entre um mínimo negativo de alguns graus abaixo dos 0°C e um máximo de 300°C quando se considera o vapor de água em determinados poços geotérmicos. Este parâmetro físico resulta de vários factores como a irradiação solar, gradiente geotérmico, reacções químicas exotérmicas e desintegrações radioactivas.

Regra geral, a variação da temperatura não depende da temperatura atmosférica, com a excepção de aquíferos menos profundos, onde a temperatura da água será idêntica à temperatura média anual do local em estudo.

Assim sendo, este parâmetro varia conforme os diferentes mecanismos de descarga, as profundidades de circulação, influencias de origem vulcânica ou radioactiva e o gradiente geotérmico local, em que este ultimo poderá, mediante patamares de temperatura estabelecidos, indicar a profundidade a que circula a água.

A temperatura pode de facto ser de grande utilidade quando se pretende avaliar a movimentação das águas subterrâneas no seu meio hidrogeológico para além de contribuir em reacções biológicas e em fenómenos de solubilidade de gases e sais.

Para aproveitamento termal das águas subterrâneas e segundo a classificação do Instituto de Hidrologia de Lisboa, consideram-se águas frias, aquelas que possuem uma temperatura inferior a 25°C . Dadas as variações da temperatura anual média do ar entre o Norte e o Sul de Portugal, foi adoptada uma classificação para as águas, conforme a sua temperatura de emergência, de acordo com a Tabela 2.4.1.

Outros autores sugerem valores diferentes para as classificações da água conforme a temperatura de emergência, como a do Simpósio de Águas Minerais de Praga em 1968, onde é indicada a temperatura de 20°C como valor mínimo para se obter uma água termal (Malkovsky e Kacura, 1969, *in* Termas de Portugal, 2011).

Tabela 2.4.1 - Classificação dos tipos de água de acordo com a temperatura de emergência (Carvalho et al, 1961).

Classificação	Temperatura de emergência em °C
Hipotermiais	< 25
Mesotermiais	25 < t 35
Termiais	35 < t 40
Hipertermiais	t > 40

→ Total de sólidos dissolvidos, TDS

Este parâmetro corresponde ao peso total das substâncias dissolvidas na água por unidade de volume. Estas substâncias tanto podem ser minerais, como matéria orgânica ou inorgânica e ainda substâncias voláteis ou não voláteis.

No caso de águas doces, o total de sólidos dissolvidos varia entre 50 e 1500 mg/l. Na presença de teores elevados deste parâmetro, a água é considerada imprópria para abastecimento de indústrias e de qualidade inferior para consumo humano.

Na Tabela 2.4.2 é possível observar a classificação da água de acordo com o total de sólidos dissolvidos.

Tabela 2.4.2 - Classificação da água segundo o total de sólidos dissolvidos (Freeze et al, 1979).

Designação	TDS (mg/l)
Água doce	0 a 1000
Água Salobra	1000 a 10000
Água salina	10000 a 100 000
Salmoura	> 100 000

→ pH

O pH ou potencial hidrogeniônico, corresponde ao logaritmo decimal do inverso da concentração de hidrogénio em determinada solução, influenciando a estabilidade das espécies minerais em dissolução ao intervir nos equilíbrios químicos das mesmas.

A sua análise deve ser realizada *in situ*, uma vez que em laboratório os valores são alterados conforme as fugas de gases, as oxidações e reduções e a variação de temperatura resultantes do transporte das amostras ao local desde o sítio onde foram recolhidas.

O pH possui uma escala com valores que variam entre o 0 e o 14, sendo o valor 7 considerado neutro, valores abaixo de 7 são ácidos e acima de 7 são básicos, como se pode observar na Fig.2.4.1.

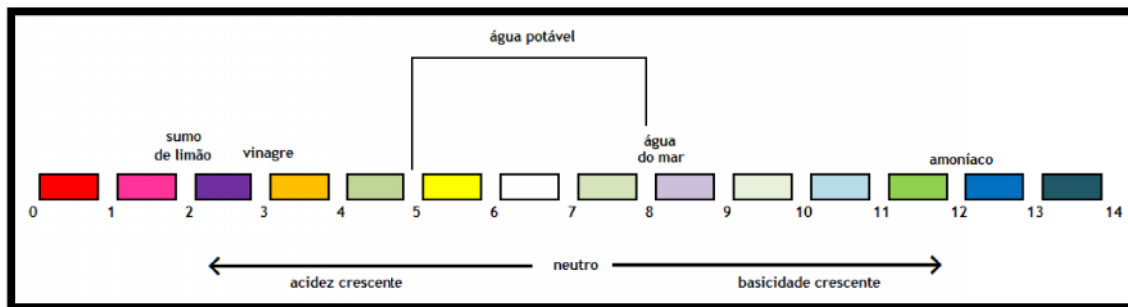


Figura 2.4.1 - Escala do pH (adaptado de INETI, 2011)

Regra geral, as águas subterrâneas possuem um pH entre 5,5 e 8,5 ainda que em alguns casos pontuais apresentem valores que variam entre 3 e 11. Quando uma água subterrânea possui um pH inferior a 3, então poder-se-á estar perante uma situação de alteração de minerais sulfurosos que originam ácidos fortes. Águas com pH a variar entre 4,5 e 7 implicam a presença de ácidos fracos como o carbónico e de ácidos orgânicos.

Quando o quimismo da água é dominado por minerais presentes, os valores de pH são elevados. Tal pode observar-se quando no caso de ausência de acidez, os carbonatos, silicatos e alumínio-silicatos elevam o pH para valores entre 9, 10 ou mais.

→ Potencial redox

O potencial redox avalia determinada substância quanto à sua capacidade de oxidar ou reduzir, isto é, ele permite avaliar a actividade dos electrões. Este parâmetro está directamente relacionado com o pH e o teor de oxigénio.

Nos potenciais oxidantes a matéria tende a oxidar e a decompor-se enquanto nos potenciais redutores a matéria sofre redução. Assim sendo, se o potencial redox for negativo ocorre redução, se for positivo dá-se oxidação.

As águas ácidas das minas, rios e do mar são muito oxidantes, sendo as águas pantanosas e as águas subterrâneas as que se encontram num ponto intermédio entre oxidas ou redutoras. A água de solos inundados ou a água em contacto com sedimentos marinhos redutores são o tipo de água mais redutora.

→ Características organolépticas

As características organolépticas permitem a avaliação da aparência, cor, odor, sabor e depósito da água.

A aparência da água está directamente relacionada com os sólidos dissolvidos que podem turvar a água e assim impedir ou dificultar a passagem de luz pela água.

A água quando é pura não apresentar cor, no entanto quando associada a substâncias dissolvidas pode apresentar-se com cores diferentes conforme o elemento presente. Por exemplo, uma água rica em ferro obtém uma coloração em tons arroxeados, enquanto o manganês lhe confere um tom negro. Os ácidos húmicos proporcionam uma cor amarelada à água.

Tanto o odor como o sabor dependem das substâncias que se encontram em solução ou em suspensão na água, sendo características que apesar de subjectivas irão influenciar o seu uso para abastecimento humano.

O depósito da água representa os sólidos que se encontram em suspensão na água, tais como argila, silte ou matérias orgânicas, e que eventualmente se depositam.

→ Alcalinidade

A alcalinidade corresponde à capacidade das substâncias presentes na água de neutralizar ácidos, e ocorre devido à presença de carbonatos, bicarbonatos, iões hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amónia.

Este parâmetro é muitas vezes referido segundo os termos TA e TAC, sendo a alcalinidade TA medida até um pH de 8,3, utilizando na titulação a fenolftaleína como indicador, e a alcalinidade TAC medida até um pH de 4,5, em que na titulação é utilizado o alaranjado de metilo.

Regra geral, as águas subterrâneas são alcalinas pois a presença de ácidos fortes nas mesmas é incomum, no entanto, podem ocorrer como resultado de contaminações.

→ Dureza total

A dureza total corresponde à quantidade de iões alcalinoterrosos presentes na água, sobretudo cálcio e magnésio, permitindo avaliar a incrustação, que é uma característica das mais importantes no uso das águas subterrâneas para fins domésticos ou industriais.

A ingestão de águas com dureza elevada ao longo do tempo poderá fragilizar o organismo humano sobretudo quanto a doenças renais e até cardiovasculares.

Na Tabela 2.4.3 é apresentada a classificação das águas com base na sua dureza.

Tabela 2.4.3 - Classificação das águas segundo a dureza (Custódio et al, 1996)

Designação	Dureza (ppm CaCO ₃)
Branda	< 50
Ligeiramente dura	50 a 100
Dura	100 a 200
Muito dura	> 200

→ **Resíduo seco**

Este parâmetro equivale ao peso de todas as substâncias dissolvidas na água, sendo determinado pela pesagem dos sais que resultam da evaporação de um litro de água. A temperatura de secagem deverá ser fixa entre 110 e 180°C para o resíduo seco não variar.

Na Tabela 2.4.4 apresenta-se a classificação das águas segundo o resíduo seco.

Tabela 2.4.4 - Classificação das águas segundo o resíduo seco (Custódio et al, 1996)

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

→ **Mineralização total**

A mineralização total representa a massa obtida quando se evapora a totalidade da água, correspondente a sais que estavam dissolvidos na água. Na Tabela 2.4.5 apresenta-se a classificação das águas de acordo com a mineralização total.

Tabela 2.4.5 - Classificação das águas segundo a mineralização total (Silva et al, in INETI, 2011)

Designação	Mineralização total (mg/l)
Água doce	< 200
Água salobra	200 a 1000
Água salgada	1000 a 2000
Salmoura	> 2000

→ **Radioactividade e compostos orgânicos**

As águas subterrâneas podem ser tanto mais ou menos radioactivas dependendo das formações geológicas nas quais circula.

De acordo com a composição química, existe também uma outra classificação para as águas minerais proposta por Simões (1983, *in* Termas de Portugal, 2011), como se pode observar na Tabela 2.4.6.

Tabela 2.4.6 - Classificação das águas minerais em Portugal quanto à composição química (adaptado de Simões, 1983, *in* Termas de Portugal, 2011)

Designação	Características
Águas hipossalinas	A sua mineralização total é inferior a 200mg/l. Estas águas podem ser divididas em duas categorias. Numa categoria encontram-se as águas com mineralização total até 50mg/l, um pH inferior a 6, dureza inferior a 1 e elevada percentagem de sílica, superior a 30%. Noutra categoria encontram-se as águas com mineralização total superior a 100 mg/l, pH superior a 6, dureza superior a 1 e uma percentagem de sílica inferior à da categoria anterior.
Águas sulfúreas	Estas águas possuem formas reduzidas de enxofre e podem ser divididas em três categorias. Numa categoria encontram-se as águas sulfúreas primitivas com pH inferior a 8,35 e as de pH superior a 8,35. Noutra categoria encontram-se as águas que apresentam apenas alguns parâmetros das águas sulfúreas primitivas. E tem-se ainda as águas sulfúreas de transição.
Águas gasocarbónicas	Caracterizam-se pelo facto de possuírem mais de 500 mg/l de dióxido de carbono livre. São hipersalinas, têm baixa percentagem de sílica e flúor e a razão alcalinidade/resíduo seco é muito elevada. Neste tipo de água podem-se distinguir as águas hipotermiais com pH igual a 6 e as águas hipertermais com pH igual a 7.
Águas bicarbonatadas	Estas águas são hipotermiais com pH de 7, dureza total elevada e percentagem de sílica e flúor baixa. Podem-se distinguir as cálcicas, que são pouco mineralizadas e as mistas que são mesossalinas.
Águas cloretadas	Águas onde predomina o cloreto, com percentagens de sílica e flúor baixas e mesotermiais. Distinguem-se as águas hipersalinas com pH de 7 e as pouco mineralizadas com pH superior a 7.
Águas sulfatadas	Domina o sulfato. São hipersalinas, hipotermiais, com percentagens de sílica e flúor muito baixas e muito duras.

2.4.2 Valores limites para consumo de água

Existem nos dias de hoje instrumentos legais que pretendem não só salvaguardar a saúde pública quanto ao consumo de águas, mas também enquadrar as águas de origem subterrânea nos seus mais diversos aproveitamentos, definindo padrões de qualidade para as mesmas.

O Decreto-lei 306/2007 de 27 de Agosto (DL, 2007b) define o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, revendo assim o DL 243/2001 de 5 de Setembro (DL, 2001) que transpôs para a ordem jurídica interna a Directiva 98/83/CE de 3 de Novembro (Directiva, 1998) relativamente ao objectivo de proteger a saúde pública dos efeitos de uma possível contaminação de água e de assegurar a disponibilidade de água salubre, limpa e equilibrada na sua composição.

Apresenta-se na Tabela 2.4.7 os valores paramétricos para controlo da qualidade de água destinada ao consumo humano.

Tabela 2.4.7 - Valores paramétricos para controlo da qualidade da água destinada ao consumo humano fornecida por redes de distribuição, fontanários não ligados à rede de distribuição, utilizada numa empresa da indústria alimentar ou posta à venda em garrafas ou outros recipientes (DL, 2007b).

Parâmetro	Valor paramétrico	Observações
Alumínio	200 µg/l Al	-
Amónio	0,50 mg/l NH ₄	-
Cálcio	- mg/l Ca	1,2 e 5
Cloretos	250 mg/l Cl	1
Clostridium perfringens (incluindo esporos)	0 N/100 ml	6
Cor	20 mg/l PtCo	-
Condutividade	2 500 µS/cm a 20°C	1
Dureza total	- mg/l CaCO ₃	1, 4 e 5
pH	≥6,5 e ≤ 9	1 e 7
Ferro	200 µg/l Fe	-
Magnésio	- mg/l Mg	1,3 e 5
Manganês	50 µg/l Mn	-
Microcistinas - LR total	1 µg/l	16
Cheiro a 25°C	3 Factor de diluição	-
Oxidabilidade	5 mg/l O ₂	8
Sulfatos	250 mg/l SO ₄	1
Sódio	200 mg/l Na	-
Sabor a 25°C	3 Factor de diluição	-
Número de colónias	Sem alteração normal - N/ml a 22°C	17 e 18
Número de colónias	Sem alteração normal - N/ml a 37°C	17 e 18
Bactérias coliformes	0 N/100 ml	9
Carbono orgânico total (COT)	Sem alteração normal - mg/l C	10 e 18
Turvação	4 UNT	11
α-total	0,5 Bq/l	12 e 14
β-total	1 Bq/l	12 e 14
Trítio	100 Bq/l	12 e 14
Dose indicativa total	0,10 mSv/ano	13, 14 e 15
Desinfectante residual	- mg/l	19

Ob.1 - A água não deve ser factor de deterioração dos materiais com os quais está em contacto, ou seja, deve ser desejavelmente equilibrada. Para verificar esta propriedade, podem ser utilizados diversos métodos, nomeadamente o índice de Langletier (IL), que, desejavelmente, deve estar compreendido entre -0,5 <IL <+0,5. Ob.2 - Não é desejável que a concentração de cálcio seja superior a 100 mg/l Ca. Ob.3 - Não é desejável que a concentração de magnésio seja superior a 50 mg/l Mg. Ob.4 - É desejável que a dureza total em carbonato de cálcio esteja compreendida entre 150mg e 500 mg/l CaCO₃. Ob.5 - Quando um sistema de abastecimentos é gerido apenas por uma entidade gestora, estes parâmetros devem ser também determinados a montante da distribuição, no âmbito do programa de controlo operacional. Ob.6 - Caso se verifique o incumprimento deste valor paramétrico, deve ser investigado todo o sistema de abastecimento para identificar existência de risco para a saúde humana devido à presença de outros microrganismos patogénicos, por exemplo, o Criptosporidium. Os resultados de todas as investigações devem ser incluídos no relatório trienal. Ob.7 - 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. Ob.8 - Nos controlos de inspeção, a análise de oxidabilidade não é obrigatória desde que nessa amostra seja determinado o teor de COT. Esta nota não se aplica às zonas de abastecimento com volumes médios diários inferiores a 10 000 m³, devendo ser sempre determinada a oxidabilidade no controlo de rotina. Ob.9 - A unidade é N/250 ml para as águas contidas em garrafas ou outros recipientes. Ob.10 - A análise do parâmetro COT é obrigatória para todas as zonas de abastecimento com volumes médios diários superiores a 10 000 m³. Ob.11 - No caso de águas superficiais, o valor paramétrico da turvação à saída do tratamento deve ser 1 UNT. Ob.12 - Frequências de controlo a estabelecer posteriormente no anexo II ao presente decreto-lei. Ob.13 - Com excepção do trítio, potássio-40, radão e produtos de desintegração do radão, frequências de controlo, métodos de controlo e localizações mais adequadas para os pontos de controlo a estabelecer posteriormente no anexo II ao presente decreto-lei. Ob.14 - As propostas a apresentar nos termos da n. 11 sobre frequências de controlo, e da n. 12, sobre frequências de controlo, métodos de controlo e localizações mais adequadas para os pontos de controlo, do anexo II ao presente decreto-lei serão adoptadas nos termos do artigo 12º da Directiva 98/83/CE. Ob.15 - A dose indicativa total só é determinada quando ocorrem incumprimentos dos parâmetros α-total e β-total. Nestes casos procede-se à determinação das concentrações dos radionucléidos específicos emissores α e ou β. Ob.16 - Este parâmetro deve ser determinado à saída da estação de tratamento de água, quando há suspeitas de eutrofização da massa de água superficial. Casos seja confirmado um número de cianobactérias potencialmente produtoras de microcistinas superior a 2000 células/ml deve ser aumentada a frequência de amostragem, no âmbito do programa de controlo operacional. Ob.17 - Não é desejável que o número de colónias a 22°C e a 37°C seja superior a 100 e 20, respectivamente. Ob.18 - Sem alteração anormal significa, com base num histórico de análises, resultados dentro dos critérios estabelecidos pelas entidades gestoras. Quando ocorre uma alteração anormal, é desejável que a entidade gestora averigüe as respectivas causas. Ob.19 - Recomenda-se que as concentrações deste parâmetro estejam entre 0,2 e 0,6 mg/l de cloro residual livre. A determinação deste parâmetro não é obrigatória nas situações previstas no n. 3 do artigo 9º do presente decreto-lei.

O DL 306/2007 de 27 de Agosto (DL, 2007b) não é aplicável às águas minerais naturais, abrangidas pelo DL 156/98 de 6 de Junho (DL, 1998a) e pelo DL 72/2004 de 25 de Março (DL, 2004). O mesmo se aplica às águas de nascentes referidas no Decreto-Lei 156/98 de 6 de Junho com a excepção dos valores paramétricos apresentados no DL 306/2007 (DL, 2007b) para os parâmetros fixados pela entidade licenciadora. Não se aplica este decreto às águas que são produtos medicinais, abrangidas pelo DL 176/2006 de 30 de Agosto (DL, 2006b), nem tão pouco às águas com destino à produção para consumo humano, legisladas no DL 236/98 de 1 de Agosto (DL, 1998b).

A Portaria 1220/2000 de 29 de Dezembro (Portaria, 2000) estabelece as condições a que as águas minerais naturais e águas de nascente utilizadas para fins de termalismo devem obedecer para serem consideradas bacteriologicamente próprias.

A Directiva 2003/40/CE de 16 de Maio (Directiva, 2003) estabelece os limites de concentração para os constituintes das águas minerais naturais, como se podem observar na Tabela 2.4.8.

Tabela 2.4.8 - Constituintes naturalmente presentes nas águas minerais naturais e limites máximos que, se ultrapassados, podem constituir risco para a saúde pública (Directiva, 2003).

Constituintes	Limites máximos (mg/l)
Antimónio	0,0050
Arsénio	0,010 (total)
Bário	1,0
Boro	* Valor a ser apresentado pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos
Cádmio	0,003
Crómio	0,050
Cobre	1,0
Cianeto	0,070
Fluoretos	5,0
Chumbo	0,010
Manganês	0,50
Mercúrio	0,0010
Níquel	0,020
Nitratos	50
Nitritos	0,1
Selénio	0,010

2.5 Classificação Hidrogeológica dos Maciços

Um aquífero pode-se definir de uma forma simples como uma formação geológica a partir da qual se pode extrair água em quantidades apreciáveis, de forma económica e sem

consequências negativas para o ambiente. Este deve ser permeável e com porosidade interconectada para que possa armazenar e movimentar água.

Conforme o tipo de aquífero, o volume de água a extrair pode variar. Daí a sua classificação ser importante, pois, para uma correcta gestão do território é necessário conhecer e distinguir os tipos de aquíferos que nele ocorrem. Assim sendo, classificam-se de seguida as várias formações geológicas em termos hidrogeológicos abaixo, de acordo com a sua localização geográfica, a pressão e capacidade de transmissão de água, e ainda segundo o tipo de rocha armazenadora (INETI, 2011).

Martins de Carvalho (2006), em relação aos aquíferos de águas nobres, sugere ainda uma classificação genérica, dividindo-os em duas categorias seguintes:

i) A categoria I corresponde aos aquíferos profundos ou de circulação lenta. As águas destes aquíferos distinguem-se dos aquíferos comuns, sendo essencialmente sulfúreas e gasocarbónicas. ii) Na categoria II aparecem os aquíferos hidrominerais denominados normais, ou seja, aquíferos relativamente pouco profundos e que pouco diferem dos aquíferos comuns. As águas que aqui circulam são as hipossalinas.

Existem ainda algumas formações que apesar de produzirem água, não o fazem nas mesmas condições de um aquífero, e como tal não são consideradas formações aquíferas. Este é o caso dos aquitardos e aquicludos.

2.5.1 Formações geológicas não aquíferas

As formações geológicas não aquíferas que se destacam são os aquitardos. Isto porque um aquitardo é uma formação de baixa permeabilidade com capacidade de armazenar água, mas não de modo suficiente para que possa ser extraído um caudal relevante para abastecimento do ser humano.

Estes são portanto semipermeáveis e são essencialmente constituídos por areias argilosas ou por argilas arenosas. É-lhes conferida especial importância, pois sob determinadas condições permitem trocas entre aquíferos sobrepostos, dando-se assim a drenagem.

Os aquicludos são um caso extremo dos aquitardos, sendo estes impermeáveis ou de muito fraca permeabilidade. São geralmente constituídos por argilas, margas, siltes, rochas maciças e cristalinas não fissuradas, e ainda, em certos casos, por evaporitos. A água circula neste tipo de formação na casa dos decímetros por ano.

Os aquífugos são formações nas quais os poros e interstícios ligados simplesmente não existem, pelo que são incapazes de absorver ou transmitir água.

2.5.2 Classificação dos aquíferos quanto à localização geográfica

Os aquíferos dependendo da sua localização geográfica podem ser classificados como aquíferos costeiros e como aquíferos interiores ou continentais.

Os aquíferos costeiros são aqueles que se encontram próximos ao mar ou a grandes lagos de água salgada, e que sofrem influência das águas salgadas. Neste caso, o fluxo de água subterrânea que vêm do subsolo encontra a água salgada que se está a infiltrar a partir do mar ou de um lago. Como a água salgada e a água doce possuem diferentes densidades, a água doce permanece por cima da salgada, como se pode observar na Fig.2.5.1.

Caso se tencione explorar a água num destes tipos de aquíferos é necessário tomar as devidas precauções para evitar possíveis intrusões salinas.

Os aquíferos interiores ou continentais são todos os outros tipos de aquíferos que serão classificados e que não possuem conexão hidráulica directa ao mar.

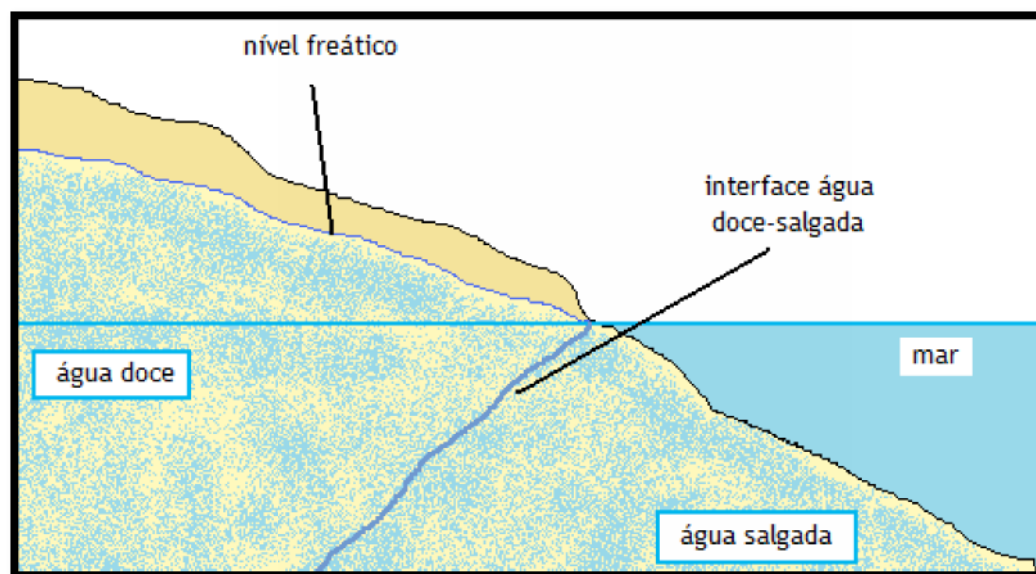


Figura 2.5.1 - Interface da água doce com a água salgada (adaptado de Zimbres, 2011).

2.5.3 Classificação dos aquíferos quanto à pressão e capacidade de transmissão de água

Segundo a pressão de água, os aquíferos podem ser livres, confinados ou semi-confinados e quanto à transmissão de água podem ser confinados drenantes e confinados não drenantes.

Um aquífero livre, Fig.2.5.2, também designado por freático, superficial ou não confinado, trata-se de um aquífero onde uma superfície livre está em contacto directo com a pressão atmosférica. Geralmente estes aquíferos são superficiais, e como tal, são relativamente fáceis de serem explorados e recarregados, embora igualmente fáceis de serem contaminados.

O aquífero suspenso é um caso especial dos aquíferos livres, sendo formado por uma camada impermeável ou semipermeável de dimensões limitadas, que está situada entre a superfície livre e o nível do terreno. Estes aquíferos ocorrem muitas vezes temporariamente, pois eventualmente drenam a água para o nível freático adjacente.

Um aquífero confinado, também conhecido como artesiano ou cativo, encontra-se limitado por formações impermeáveis. Neste caso, a água encontra-se a uma pressão superior à atmosférica, estando os poros e outros vazios completamente preenchidos por água. Se um furo atravessasse um aquífero deste tipo, o peso das camadas confinantes iria fazer o nível da água subir até eventualmente estabilizar. O artesianismo, como é designado este fenómeno, pode ser observado em nascentes naturais ou em captações quando a água emerge acima do aquífero que a contém. Em alguns casos, o nível da água pode exceder a superfície do terreno, e nesse caso o artesianismo seria repuxante.

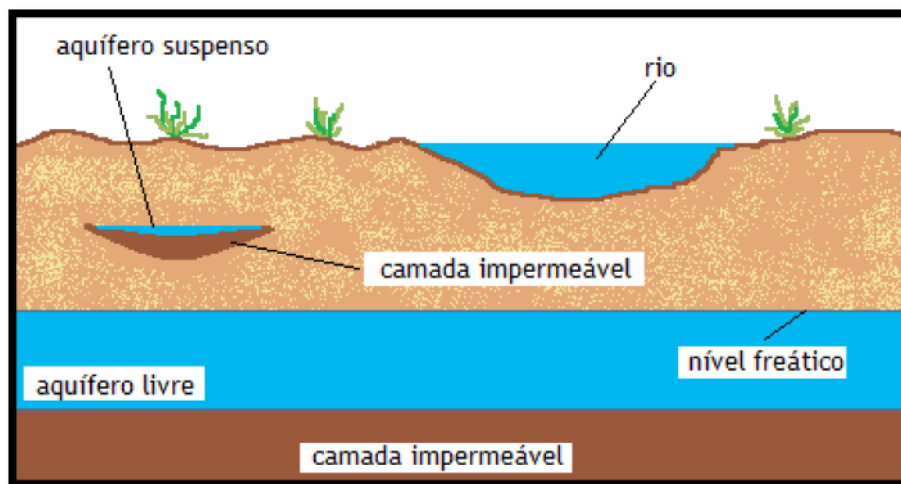


Figura 2.5.2 - Representação dos aquíferos livre e suspenso (adaptado de INETI, 2011).

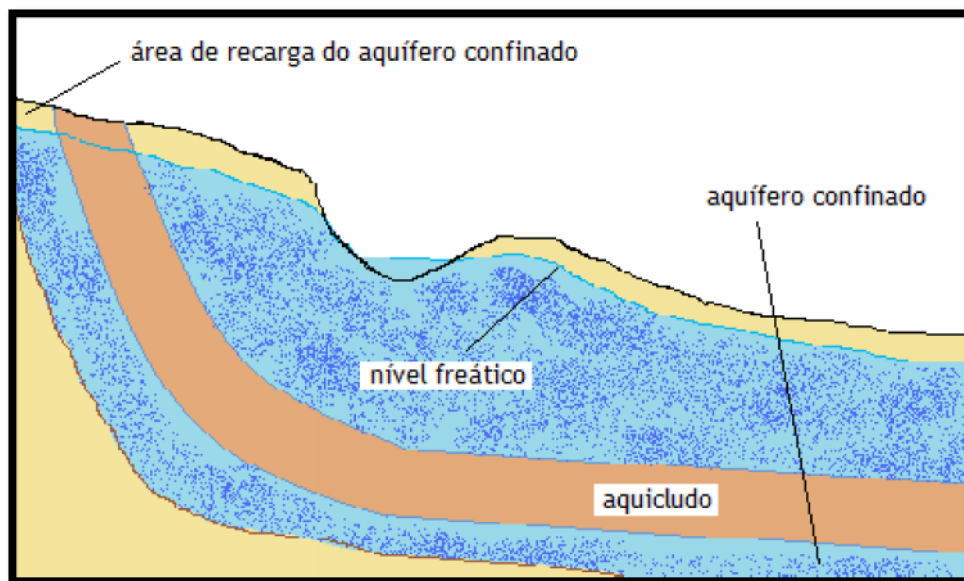


Figura 2.5.3 - Representação de um aquífero confinado (adaptado de INETI, 2011).

Um aquífero confinado não drenante é aquele cujas camadas limítrofes são pouco permeáveis, enquanto num aquífero confinado drenante pelo menos uma das camadas é semipermeável e como tal permite a circulação de água pelo topo ou pela base do aquífero. Estas camadas semipermeáveis geralmente apresentam uma resistência alta à circulação da água, no entanto, perante aquíferos de grandes dimensões, estas perdas ou ganhos de água podem ser bastante expressivas.

No caso de um aquífero semi-confinado ou semi-cativo, este encontra-se limitado na base, no topo ou em ambos por camadas cuja permeabilidade é menor que a do aquífero em si.

2.5.4 Classificação dos aquíferos quanto ao tipo de rocha armazenadora

Quanto ao tipo de rocha constituinte dos aquíferos, existem duas grandes classes que são os aquíferos contínuos e os aquíferos descontínuos.

→ Aquíferos descontínuos

Os aquíferos descontínuos são compostos por rochas duras onde os vazios são essencialmente constituídos por fracturas abertas, ao qual se designa por porosidade secundária. Estes aquíferos estão geralmente associados a rochas ígneas e metamórficas e também a rochas calcárias e dolomíticas. Dentro dos aquíferos descontínuos encontram-se os aquíferos fracturados e os cárscicos.

Um aquífero fissurado ou fracturado ocorre em meios geológicos de natureza ígnea como os granitóides e metamórfica como as rochas xistentas, onde existem fissuras ou fendas contínuas. A porosidade e a permeabilidade são aqui factores importantes, pois destas depende a capacidade de armazenar água. Regra geral, estes aquíferos não permitem captações de água com extracções de grandes caudais.

Os aquíferos cárscicos dão-se, regra geral, em zonas calcárias e dolomíticas, onde ocorre a porosidade secundária, devido às acções mecânicas e químicas que provocam as cavidades de dissolução. Caso haja conexão hidráulica entre as diversas cavidades, a circulação de água é facilitada, sendo por esse motivo, que se pode extrair dos aquíferos cárscicos grandes quantidades de água, ainda que de forma irregular. Os aquíferos cárscicos são muito vulneráveis à poluição.

→ Aquíferos contínuos

Os aquíferos contínuos ocorrem em rochas sedimentares, com a excepção de calcários e dolomitos, e são essencialmente constituídos por grãos com formas e tamanhos diferentes, entre os quais se formam pequenos vazios, ocupados por água, ar ou vapor de água. A quantidade de água passível de ser extraída deste tipo de aquífero varia conforme o número e dimensão de vazios interligados.

De entre os aquíferos contínuos, destacam-se os aquíferos porosos, sendo estes igualmente constituídos por pequenos vazios por onde a água circula. É possível extrair grandes quantidades de água a partir deste tipo de aquífero, sendo a sua capacidade maximizada quanto maior for a granulometria dos poros e em especial se houver conexão hidráulica entre estes.

2.6 Elementos Básicos sobre Caracterização Hidráulica de Aquíferos

Os aquíferos desempenham funções de extrema importância como o armazenamento e transmissão de água, e o transporte de massa e energia, funcionando assim como reservatórios e condutores (Medeiros, 2004).

Torna-se então importante definir os elementos principais de caracterização hidráulica de aquíferos como a porosidade e a permeabilidade, que são dois parâmetros importantes no que diz respeito ao movimento e à retenção de água em rochas ou sedimentos, pelo que, a exploração das águas subterrâneas depende essencialmente daqueles índices físicos.

2.6.1 Porosidade

A porosidade resulta da formação de espaços que não são preenchidos por matéria, podendo ser ocupados por água ou ar, e representa a capacidade de retenção de material geológico. Este parâmetro varia conforme o tamanho, a forma, o arranjo e a homogeneidade dos grãos que fazem parte do material. Assim sendo, quanto mais juntos estiverem os grãos menor será a porosidade. Pode-se distinguir a porosidade em primária e em secundária.

Na Fig.2.6.1 podem observar-se diferentes tipos de porosidade conforme as unidades litológicas apresentadas.



Figura 2.6.1 - Porosidade em diferentes tipos de litologia (INETI, 2011).

A porosidade η (%) representa então a razão entre o volume de vazios e o volume total, dada pela seguinte equação:

$$\eta = \frac{V_v}{V_t} \times 100 \quad (2.1)$$

Onde:

V_v - Volume de vazios;

V_t - Volume total.

Como no estudo de movimentos de água só interessam os interstícios acessíveis à água e interligados, surge o conceito de porosidade eficaz η_e (%) representa então pela razão entre o volume total de poros interligados e acessíveis e o volume total, de acordo com o seguinte:

$$\eta_e = \frac{V_e}{V_t} \times 100 \quad (2.2)$$

Onde:

V_e - Volume total de poros interligados e acessíveis;

V_t - Volume total.

A porosidade eficaz depende também da distribuição e dimensão dos grãos, para além da presença de argilas e do seu estado de hidratação, uma vez que as moléculas de água da camada hidratada que se encontram fixadas à superfície das partículas provocam a diminuição da porosidade eficaz, sendo nestes casos inferior à porosidade total (Medeiros, 2004).

Na Tabela 2.6.1 podem verificar-se alguns dos valores da porosidade eficaz e porosidade total para alguns tipos de material geológico.

2.6.2 Permeabilidade

A permeabilidade ou condutividade hidráulica representa a capacidade de um fluido atravessar uma rocha sem que altere a sua estrutura interna.

A permeabilidade pode então relacionar-se ou não com a porosidade tendo em conta o seguinte aspecto: toda a rocha permeável pode ser porosa e no entanto uma rocha porosa poderá não ser permeável, uma vez que os poros não se encontram interligados ou a sua reduzida dimensão não permite a passagem de fluido.

Tal como se pode observar na Fig.2.6.2, o caso B representa uma boa permeabilidade e uma boa porosidade enquanto no caso C se observa o inverso.

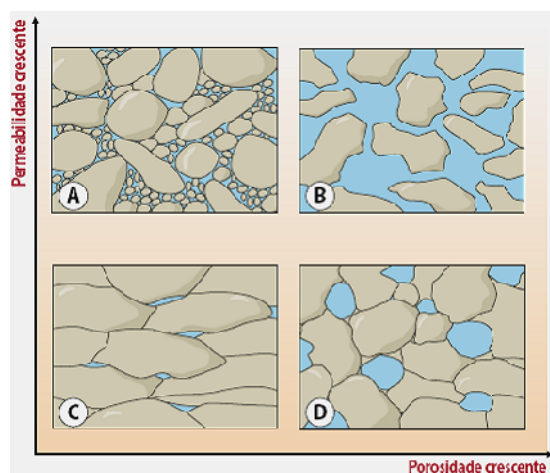


Figura 2.6.2 - Relação entre a porosidade e a permeabilidade (INETI, 2011).

A permeabilidade depende então da porosidade, do tamanho, da distribuição, da forma e arranjo das partículas e também das propriedades do fluido como a viscosidade e o peso específico.

A condutividade hidráulica corresponde ao coeficiente de proporcionalidade K que se encontra na Lei de Darcy. Este pode ser calculado através de várias formas, seja por equações empíricas, por métodos de laboratório ou através de ensaios de campo.

A condutividade hidráulica K (m/s) representa então a razão entre o caudal e o produto da secção atravessada pelo gradiente hidráulico, e é dada pela seguinte equação:

$$K = \frac{Q}{A \times i} \quad (2.3)$$

Onde:

Q - Caudal;

A - Secção atravessada;

i - Gradiente hidráulico.

Os materiais que apresentam em geral melhor permeabilidade são os materiais soltos quando comparados com os materiais consolidados, isto porque a presença de cimentos diminui a dimensão dos poros, podendo até impedir a comunicação entre eles (INETI, 2011).

Na tabela 2.6.2, podem-se observar a classificação das formações hidrogeológicas que tem por base a capacidade de transmissão de água conforme a permeabilidade.

Tabela 2.6.1 - Valores de porosidade eficaz para diferentes tipos de matérias geológicas (Medeiros, 2004).

Material		Porosidade Total m (%)					Porosidade Eficaz me (%)		
Tipo de rochas	Descrição	Normal			Extraordinária		Média	Máx.	Mín.
		Média	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.			
Cristalinas e carbonatadas	Granito	0,3	4,0	0,2	9,0	0,05	< 0,2	0,5	0,0
	Calcário	8,0	15,0	0,5	20,0		< 0,5	1,0	0,0
	Dolomia	5,0	10,0	2,0			< 0,5	1,0	0,0
Metamórficas		0,5	5,0	0,2			< 0,5	2,0	0,0
Vulcânicas	Piroclastos	30,0	50,0	10,0	60,0	5,0	< 5,0	20,0	0,0
	Escórias	25,0	80,0	10,0			20,0	50,0	1,0
	Pedra-pomes	85,0	90,0	50,0			< 5,0	20,0	0,0
	Basaltos Compactados	2,0	5,0	0,1			< 1,0	2,0	0,1
	Basaltos Vacuolares	12,0	30,0	5,0			5,0	10,0	1,0
Sedimentares consolidadas	Argilitos	5,0	15,0	2,0	30,0	0,5	< 2,0	5,0	0,0
	Arenitos	15,0	25,0	3,0	30,0	0,5	10,0	20,0	0,0
	Calcários Detríticos	10,0	30,0	1,5			3,0	20,0	0,5
Sedimentares Desagregadas	Aluviões	25,0	40,0	20,0	45,0	15,0	15,0	35,0	5,0
	Dunas	35,0	40,0	30,0			20,0	30,0	10,0
	Seixo	30,0	40,0	25,0	40,0	20,0	25,0	35,0	15,0
	Loess	45,0	55,0	40,0			< 5,0	10,0	0,1
	Areias	35,0	45,0	20,0			25,0	35,0	10,0
	Depósitos Glaciares	25,0	35,0	15,0			15,0	30,0	5,0
	Siltes	40,0	50,0	35,0			10,0	20,0	2,0
	Argilas não Compactadas	45,0	60,0	40,0	85,0	30,0	2,0	10,0	0,0
	Solos Superficiais	50,0	60,0	30,0			10,0	20,0	1,0

Tabela 2.6.2 - Classificação das formações hidrogeológicas em função do coeficiente de permeabilidade (Medeiros, 2004).

Permeabilidade (m/dia)	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10^1	10^3	10^4	10^6
Classificação das formações hidrogeológicas	Impermeável			Semipermeável		Pouco permeável		Permeável		Muito permeável	
	Aquicludo			Aquitardo		Aquífero pobre		Aquífero regular a bom		Aquífero excelente	
Tipo de materiais	Argila compacta Xisto Granito			Silte arenoso Silte Argila		Areia fina Areia siltosa Calcário Fracturado		Areia limpa Seixo		Seixo limpo	

2.7 Modelos Hidrogeológicos Conceptuais

2.7.1 Definição e construção de um modelo conceptual

Um modelo hidrogeológico conceptual é a chave para compreender e gerir sistemas de águas subterrâneas, independentemente da sua escala. Este pode ser utilizado em diversas situações como na investigação de um incidente de poluição, no desenvolvimento de novos poços e na aprovação de novos aterros e ser o ponto de partida para outros tipos de modelos mais específicos como os matemáticos.

Para que se entenda o conceito de modelo hidrogeológico torna-se necessário esclarecer em primeiro lugar os modelos conceptuais, sendo estes, basicamente, uma descrição rigorosa de como funciona determinado sistema e a forma em que o mesmo se organiza. Um modelo conceptual deve ser um processo iterativo, devendo ser actualizado à medida que surjam novos dados ou haja um desenvolvimento na compreensão do sistema em estudo (McMahon et al., 2001).

Para se obter um bom modelo, deve-se evitar um excesso de simplificação, pois o modelo seria então incapaz de reproduzir as condições adequadamente e também se deve evitar uma carência de simplificação pois nesse caso o modelo tornar-se-ia demasiado complexo para ser utilizado.

Na Fig.2.7.1 é demonstrada a forma em como deve ser adoptado o modelo conceptual mais correcto. Parte-se de uma ideia inicial que é desenvolvida e testada, é então criado o primeiro modelo conceptual, também ele a ser desenvolvido e testado, o que levará a melhores modelos conceptuais. É a partir destes que é escolhido o modelo que melhor se adapta, desenvolvendo-o.

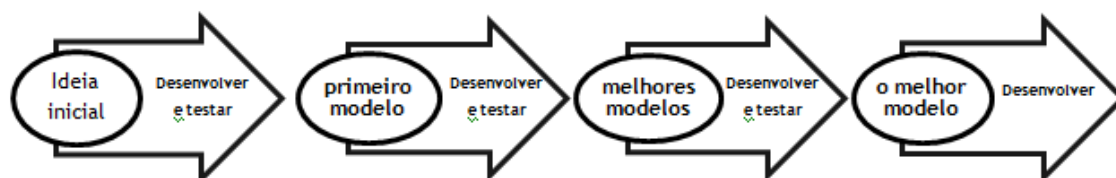


Figura 2.7.1 - Esquema do processo de escolha do modelo conceptual (adaptado de Doherty, 2009).

Um modelo conceptual deve assim, ser uma descrição qualitativa da idealização do sistema a estudar, tendo por base testes quantitativos de forma a afastar hipóteses erróneas.

Um modelo conceptual poderá nunca ser perfeito e até ser errado, uma vez que a informação disponível é muitas vezes incompleta e contraditória ou ainda porque as hipóteses admitidas inicialmente não seriam as mais viáveis, dando-se também o caso de o sistema ter sido mal compreendido.

Assim sendo, um modelo conceptual deve ser uma representação simplificada dos processos físicos ou químicos que ocorrem numa dada área, cujas simplificações ou idealizações implícitas devem ter por base documentação ou informação que justifiquem adequadamente as mesmas (McMahon et al., 2001). Na Fig.2.7.2 é possível observar os dados de base para a construção de um modelo de um sistema aquífero.

Um modelo conceptual pode ser apresentado sob a forma de um corte plano ou sob a forma de um bloco tridimensional, sempre acompanhado de textos associados ao esquema. A Tabela 2.7.2 apresenta um conjunto de elementos muito úteis para o contributo na elaboração desses modelos hidrogeológicos conceptuais.

Tabela 2.7.2 - Dados de base para a construção de um modelo hidrogeológico conceptual (adaptado de Middlemis, 2000, in Barreiras, 2009)

Dados	Fonte	Documentação
Sistema físico (geologia, estratigrafia, litologia, topografia, drenagem superficial);	Mapas geológicos e hidrogeológicos	Sistema de coordenadas.
Extensão do aquífero, condições de fronteira, relevo, espessura, camadas confinantes);	Topografia com aspectos de drenagem superficial	Extensão e espessura das unidades geológicas, identificação das unidades aquíferas;
	Relatórios de trabalhos anteriores	Espessura das unidades aquíferas, curvas de nível;
	Logs de sondagens, furos, cortes geológicos, relatórios de execução	
Parâmetros hidráulicos e de armazenamento do aquífero e variação espacial (condutividade hidráulica, transmissividade, anisotropia, coeficiente de retenção, coeficiente de armazenamento, porosidade);	Publicações de jornais e actas de reuniões científicas, teses e dissertações	Mapas e secções das unidades aquíferas, identificando áreas de permeabilidade e impermeabilidade na cobertura, de modo a calcular áreas de recarga;
	Base de dados de instituições públicas, de empresas privadas e relatórios técnicos	
	Precipitação e evaporação	Conectividade hidráulica entre drenagem superficial e água subterrânea, e entre os vários aquíferos;
	Correntes de escoamento e estágios	Ecosistemas dependentes das águas subterrâneas.
Localização de furos, infra-estrutura	Dados de níveis de água em estações de bombeamento e poço de observação	Dados de séries mensais ou diárias
Dados para quantificar os seus efeitos no escoamento e níveis do aquífero;	Extracções de água subterrânea e superficial, incluindo volumes licenciados e quantidades estimadas não licenciadas	Dados necessários para especificar o tempo/data, a localização e valores e unidades de medida
Áreas de recarga, descarga, caudais, padrões e duração;	Áreas irrigadas, tipos de cobertura e distribuição das áreas	
	Projecções de crescimento de consumo de água e descarga de águas desperdiçadas	Tempos de bombeamento
Interacções entre aquíferos;	Qualidade da água superficial e subterrânea	
Processos de infiltração e drenagem	Base de dados de instituições públicas, de empresas privadas e relatórios técnicos	Dados de uso do solo (especialmente de áreas de irrigação)

2.7.2 Modelos conceptuais em diferentes maciços

O que se pretende neste item é apresentar alguns exemplos de modelos hidrogeológicos conceptuais em diferentes maciços onde é possível observar a evolução da água nesse meio até ressurgir à superfície como uma nascente.

Na Fig.2.7.2 apresenta-se um modelo de um meio fracturado onde a água subterrânea emerge à superfície através das fracturas das rochas.

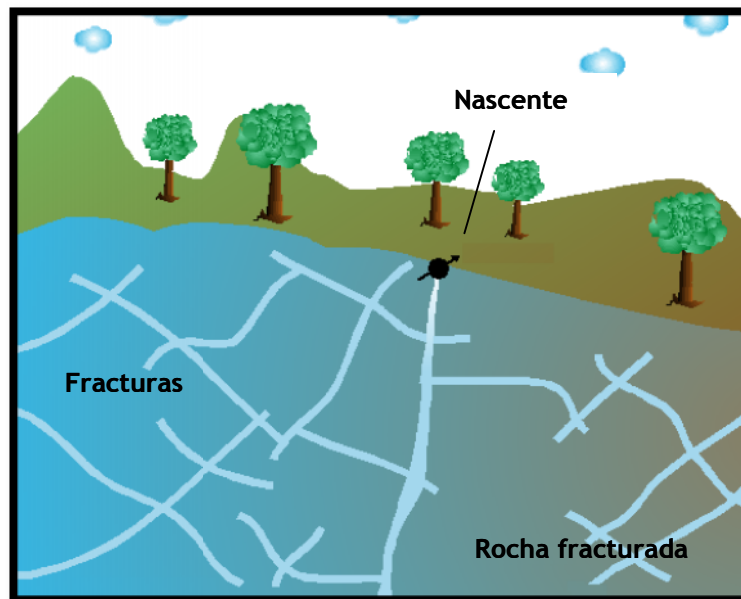


Figura 2.7.2 - Nascente em meio fracturado (adaptado de INETI, 2011).

Na Fig.2.7.3 observa-se a água subterrânea ressurgir à superfície através de uma falha vertical de grandes dimensões. Neste caso, e porque se está perante um aquífero confinado, tem-se o fenómeno de artesianismo.

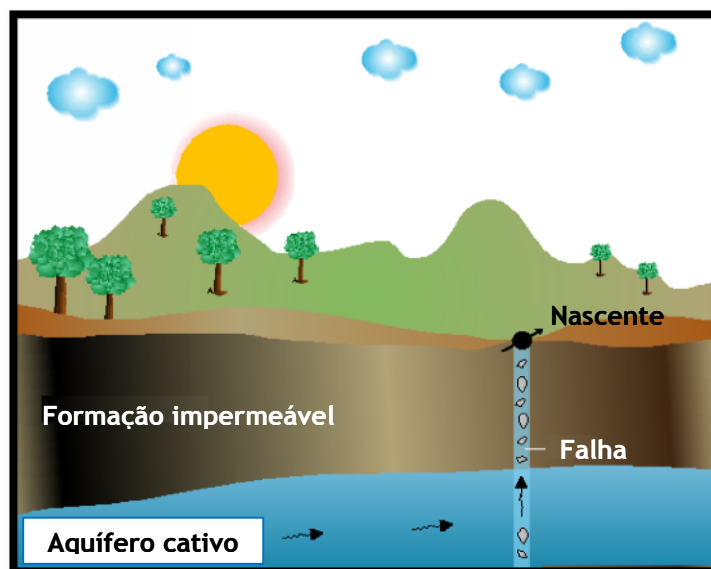


Figura 2.7.3 - Nascente a partir de falha geológica (adaptado de INETI, 2011).

Na Fig.2.7.4 é apresentado o modelo para uma nascente cársica.

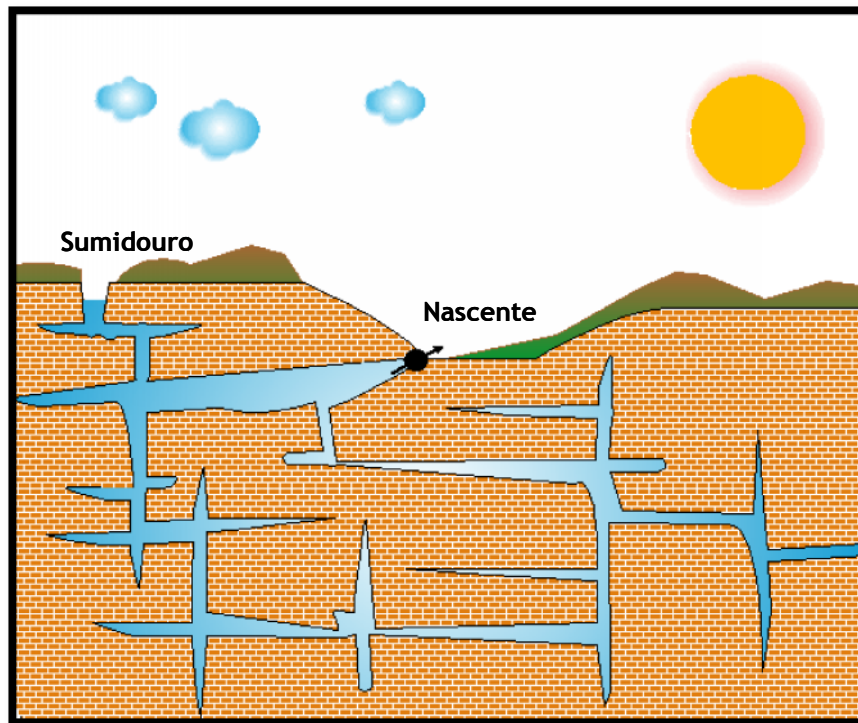


Figura 2.7.4 - Nascente em meio cársico (Adaptado de INETI, 2011).

Nas figuras 2.7.5 a 2.7.8 apresentam-se alguns modelos hidrogeológicos da região interior do país, com as formações aquíferas, essencialmente do tipo fissural em rochas quartzíticas e graníticas.

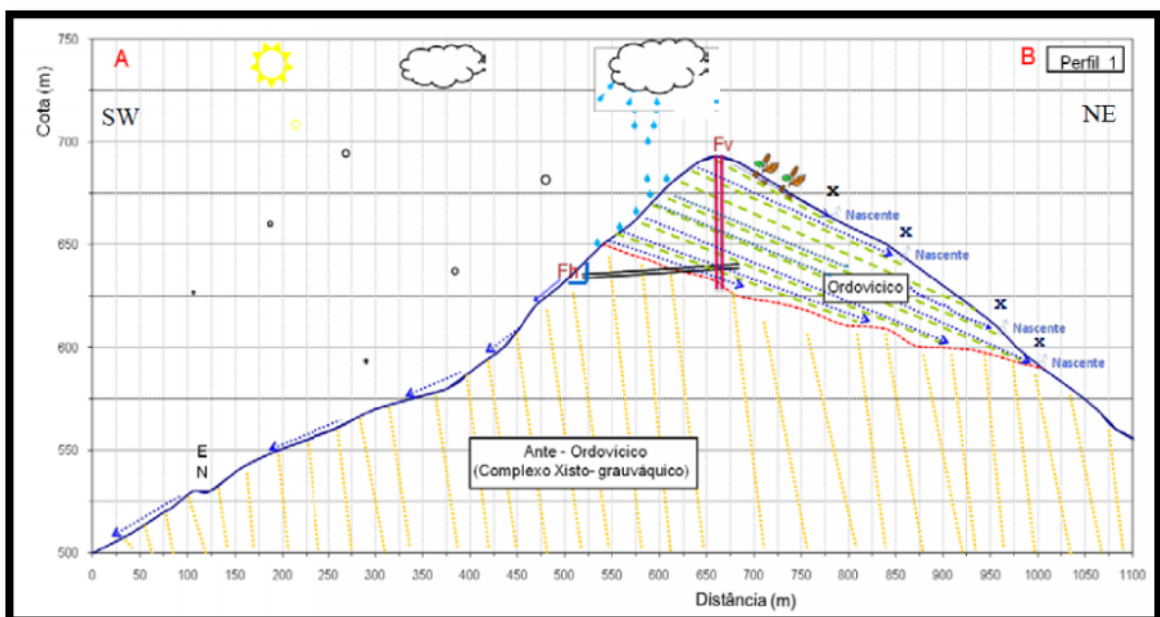


Figura 2.7.5 - Modelo conceptual hidrogeológico da zona da Serra do Machialinho - Pampilhosa da Serra, com a formação aquífera a ser constituída pelas rochas quartzíticas do Ordovício (Ferreira Gomes et al. 2011).

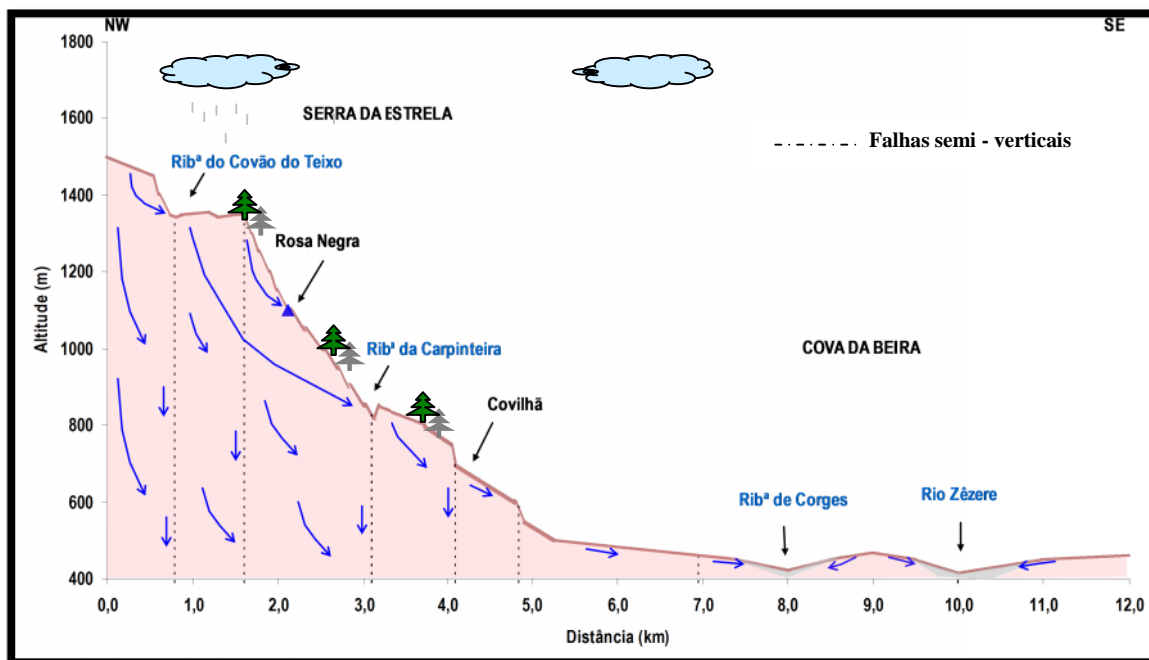


Figura 2.7.6 - Esboço hidrogeológico conceptual da zona da Serra da Estrela - Covilhã, em rochas graníticas, evidenciando uma zona de descarga superficial que corresponde a um aquífero livre, e evidenciando também a ocorrência de grandes falhas semi-verticais a favorecer a recarga em profundidade para abastecer aquíferos confinados ou semi-confinados (Mendes, 2006).

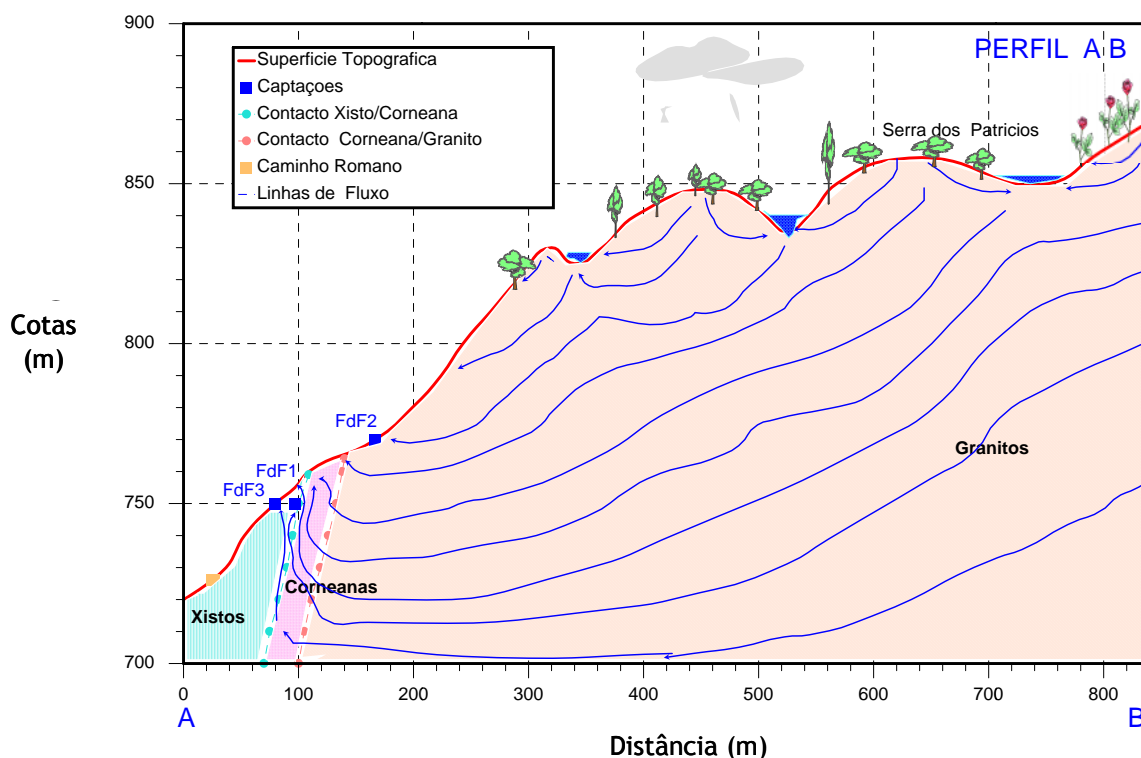
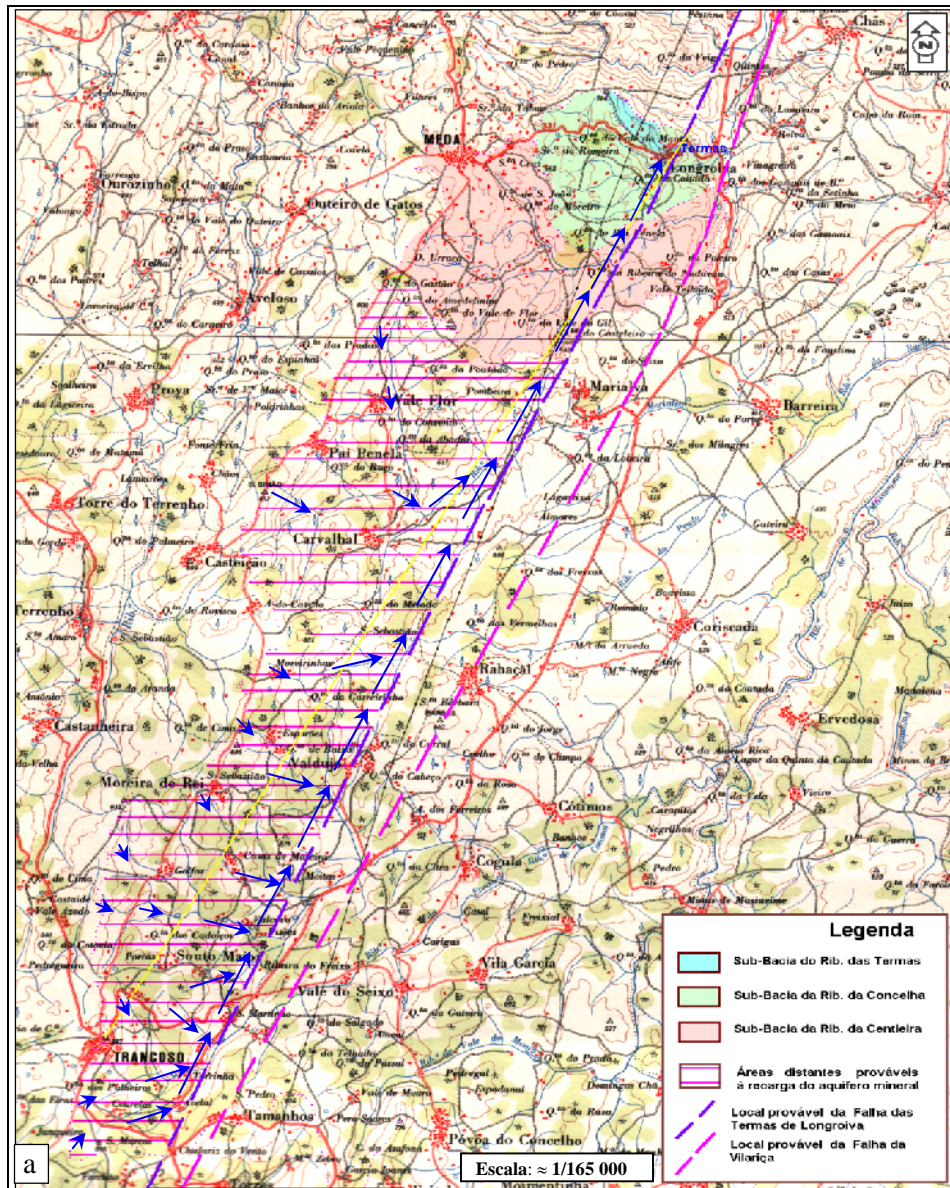


Figura 2.7.7 - Esboço de modelo hidrogeológico conceptual da região tradicional que possibilita obter a água de nascente do tipo Fonte da Fraga, da zona da Serra da Gardunha; FdF1- Nascente, FdF2 e FdF3 - Furos semi-horizontais (Ferreira Gomes, 2000).



Cotas (m)

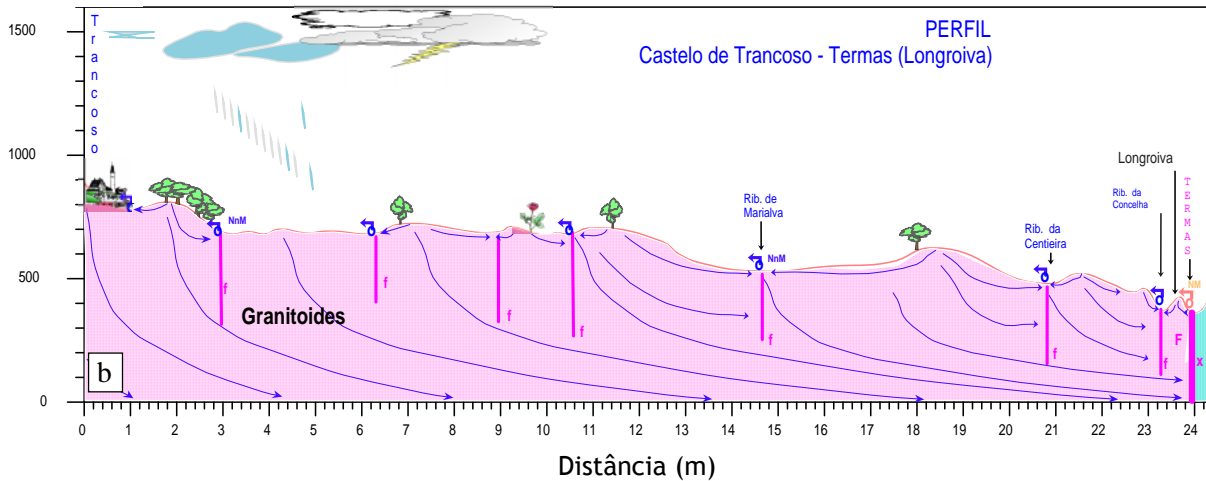


Figura 2.7.8 - Esboço sobre o modelo geohidráulico da água mineral de Longroiva: a) delimitação da zona considerada de recarga: as setas apresentam um esboço sobre a direcção e sentido das partículas de água até chegarem à zona da nascente mineral a Norte, b) corte evidenciando a recarga da água subterrânea em profundidade para depois ressurgir como mineral junto às termas, próximo do contacto granito-xistos (Ferreira Gomes *et al.*, 2001).

Capítulo 3

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM PORTUGAL

3.1 Introdução

A água subterrânea em Portugal assume uma grande importância no panorama sócio-económico, movendo grandes sectores como o industrial, o agrícola, e ainda no abastecimento da população, quer por rede de distribuição pública quer por captações privadas.

O território nacional é, sob o ponto de vista hidrogeológico, muito interessante, pois além dos inúmeros cursos de água que o atravessam, e de a maioria do seu perímetro confrontar com o oceano atlântico e o mar mediterrâneo, Portugal é composto por diferentes tipos de formações geológicas, que permitem o armazenamento e a circulação de água subterrânea.

A distribuição dos recursos hídricos subterrâneos em Portugal continental está intimamente relacionada com as acções geológicas que moldaram o nosso território. Nas bacias mesoceno-zóicas, ocupadas essencialmente por rochas detríticas ou carbonatadas, pouco ou nada afectadas por fenómenos de metamorfismo, encontram-se os aquíferos mais produtivos e com recursos mais abundantes. O Maciço Antigo, constituído fundamentalmente por rochas eruptivas e metassedimentares, dispõe, em geral, de poucos recursos, embora se assinalem algumas excepções, normalmente relacionadas com a presença de maciços calcários. A correspondência entre os sistemas aquíferos (distribuição e características) e as unidades geológicas é a base para o estabelecimento, pelo INAG, de quatro unidades hidrogeológicas, que correspondem às quatro grandes unidades morfo-estruturais em que o país se encontra dividido, Fig.3.1.1, de acordo com o seguinte (SNIRH, 2011a):

- **Maciço Antigo**, também designado por Maciço Ibérico ou Maciço Hespérico;
- **Orla Mesoceno-zóica Ocidental**, abreviadamente designada por Orla Ocidental;
- **Orla Mesoceno-zóica Meridional**, abreviadamente designada por Orla Meridional;
- **Bacia Terciária do Tejo-Sado**, abreviadamente designada por Bacia do Tejo-Sado.

Assim, devido à heterogeneidade geológica leva a que as águas subterrâneas não sejam todas iguais, e tendo em atenção as aplicações mais correntes, como já se referiu, podem-se agrupar em dois grandes grupos: i) águas comuns e ii) águas nobres. As primeiras para serem exploradas terão que se desenvolver em Portugal tramitações ao abrigo do Decreto-Lei nº 226-A/2007 (DL, 2007a), desde as acções de prospecção e pesquisa ao licenciamento das captações, e sob a tutela da ARH (Administração da Região Hidrográfica) regional, integradas no *Ministério da Agricultura, Mar Ambiente e Ordenamento do Território*, havendo actualmente em Portugal Continental 5 regiões (Fig.3.1.2), de acordo com o seguinte: i) ARH

- Norte; ii) ARH - Centro, iii) ARH - Lisboa e Vale do Tejo, iv) ARH - Alentejo, e v) ARH - Algarve.

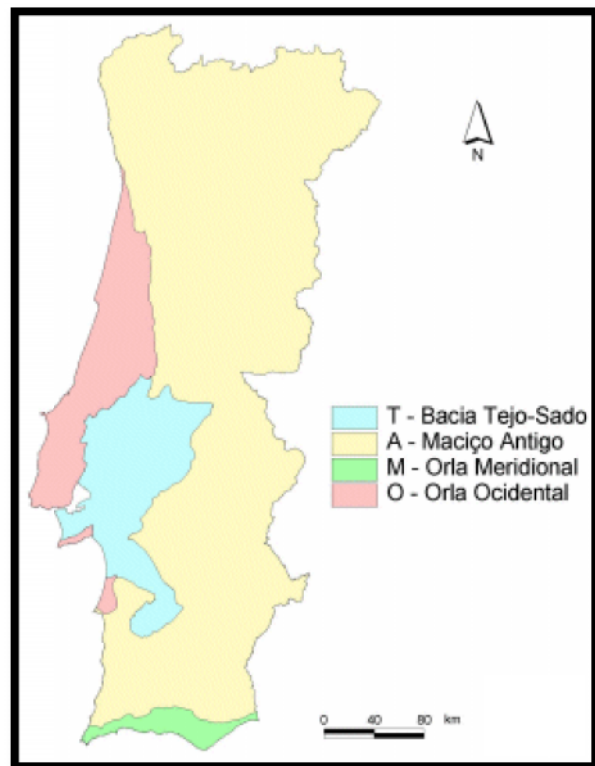


Figura 3.1.1 - Unidades morfo-estruturais hidrogeológicas que constituem o território nacional (SNIRH, 2011a).



Figura 3.1.2 - Relação entre as ARH regionais e as mega-unidades morfo-estruturais hidrogeológicas do território nacional (a partir de SNIRH, 2011a).

As águas nobres, que incluem as águas minerais, as águas de nascente e ainda as águas classificadas como recursos geotérmicos, para serem exploradas terão que se desenvolver em Portugal tramitações ao abrigo dos Decretos-Lei 86/90 DL (1990c), 84/90 (DL, 1990b), e 87/90 (DL, 1990d), respectivamente, sob a tutela da DGEG (Direcção Geral de Energia e Geologia) centralizada apenas em Lisboa no âmbito do *Ministério da Economia e do Emprego*.

3.2 Águas Comuns

As águas comuns de acordo com o DL (2007a) podem ter várias aplicações, desde o consumo humano, abastecimento público, rega, actividade industrial, actividade de recreio ou lazer, de entre outras.

Elementos importantes sobre as águas comuns, inclusive o registo de pontos de água subterrânea oficiais (devidamente licenciados) do país encontram-se no site do SNIRH (2011b). Existem actualmente 22411 pontos de água subterrânea inventariados, dos quais 7639 têm informação detalhada. A informação encontra-se sistematizada por ARH/Concelho ou Unidade Hidrogeológica/Sistema Aquífero no site SNIRH (2011b). A título de exemplo os registos existentes para o concelho de Barcelos, onde o presente estudo se insere, apenas ocorrem 3 pontos de água (Fig.3.1.3), situação que inclusive, mostra a necessidade do presente trabalho, pois na realidade, como no capítulo seguinte se mostrará, há vários pontos de água que sem qualquer dúvida se entende, que deveriam estar neste inventário.

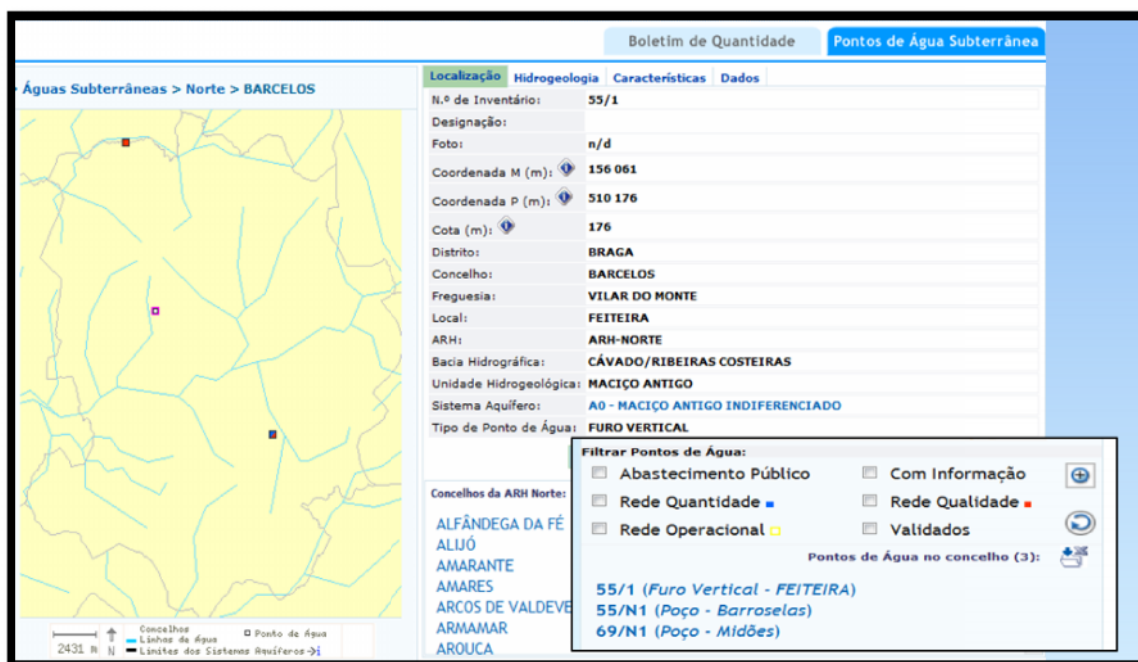


Figura 3.1.3 - Elementos dos pontos de água de água comum inventariados no site do SNIRH para o concelho de Barcelos (a partir de SNIRH, 2011b).

Toda aquela informação está associada às subunidades hidrogeológicas do país, sendo importante mencionar os vários agrupamentos actuais dos vários sistemas aquíferos no âmbito

das 4 unidades morfo-estruturais hidrogeológicas que constituem o território nacional continental. Nessas unidades estão identificados 58 sistemas aquíferos de três tipos: poroso, fissurado e cársico, que condicionam o armazenamento e a transmissão da água subterrânea. Os referidos sistemas aquíferos considerados de águas comuns apresentam-se nas Figuras 3.1.4 a 3.1.7.

Para o Maciço Antigo são individualizados 10 sistemas aquíferos, Fig.3.1.4, cujo suporte litológico é constituído, maioritariamente, por calcários, quartzitos e gabros paleozóicos, depósitos de idade terciária e terraços e cascalheiras que ocupam depressões instaladas no soco antigo.

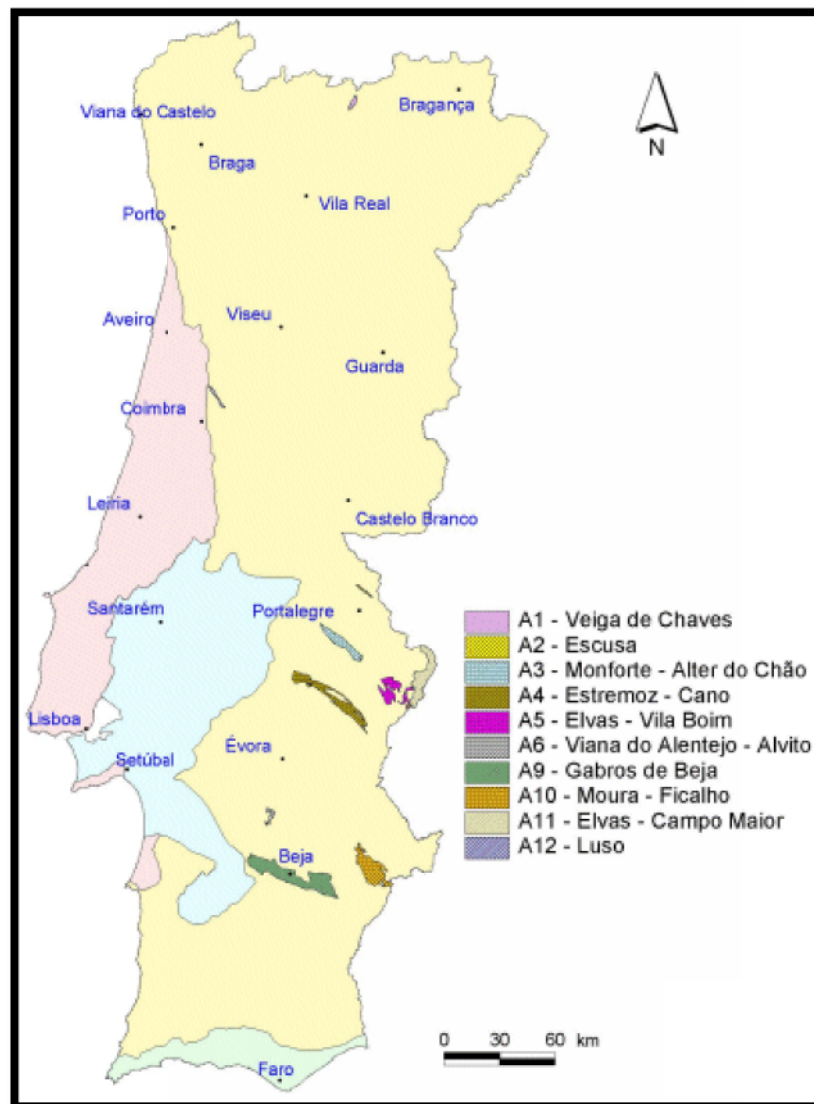


Figura 3.1.4 - Sistemas aquíferos de águas comuns identificadas no Maciço Antigo (SNIRH, 2011a).

Na Orla Ocidental encontram-se 27 sistemas aquíferos individualizados, Fig.3.1.5, em que as principais formações aquíferas são constituídas por:

- rochas detríticas terciárias e quaternárias (areias, areias de duna, terraços, aluviões, etc.)
- arenitos e calcários cretácicos
- calcários do Jurássico



Figura 3.1.5 - Sistemas aquíferos de águas comuns identificadas na Orla Ocidental (SNIRH, 2011a).

Na Orla Meridional as principais litologias que constituem o suporte dos 17 sistemas definidos, Fig.3.1.6, são:

- formações plioquaternárias (areias e cascalheiras continentais, areias de duna, etc.)
- formações miocénicas, fundamentalmente de fácies marinha
- formações detríticas e carbonatadas cretácicas
- formações calcárias e dolomíticas do Jurássico

Por fim, na Bacia do Tejo-Sado, os sistemas aquíferos definidos são em número de quatro, Fig.3.1.7, e as formações mais produtivas e que constituem o suporte dos sistemas são:

- formações quaternárias (aluviões e terraços)
- formações terciárias, fundamentalmente pliocénicas e miocénicas (Grés de Ota, Calcários de Almoester, Série greso-calcária, de entre outras)

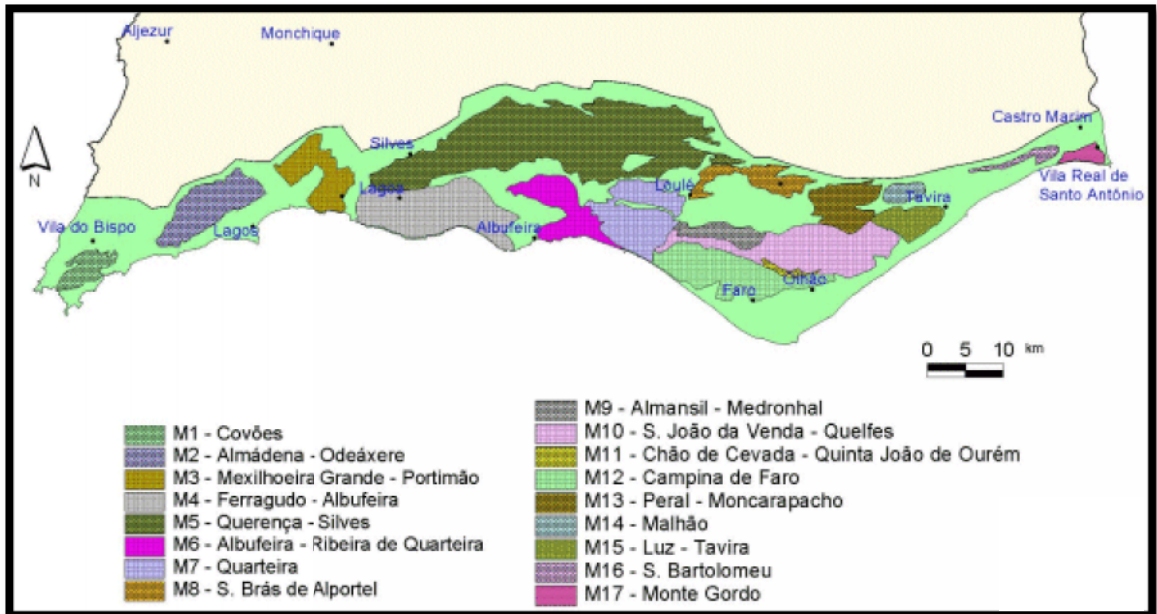


Figura 3.1.6 - Sistemas aquíferos de águas comuns identificadas na Orla Meridional (SNIRH, 2011a).

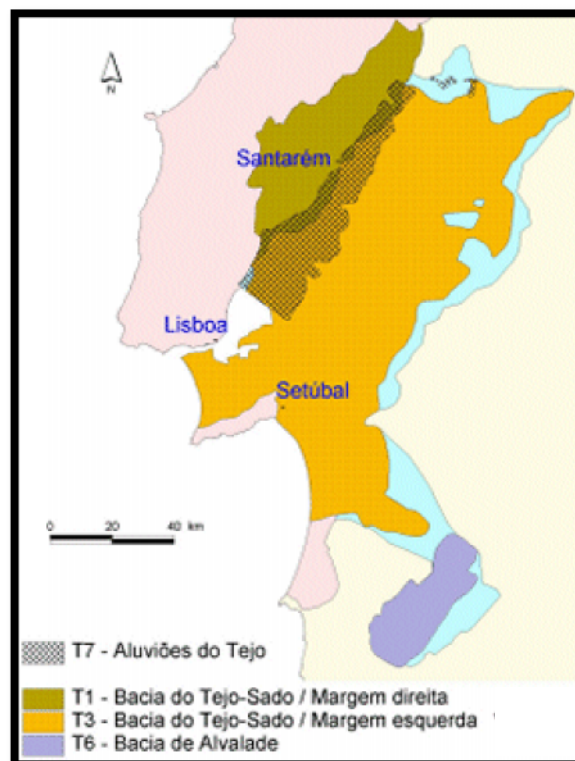


Figura 3.1.7 - Sistemas aquíferos de águas comuns identificadas nas Bacias Terciárias do Tejo e do Sado (SNIRH, 2011a).

Salienta-se ainda, que nas figuras anteriores, correspondentes às várias unidades hidrogeológicas, que estão no site anteriormente referido SNIRH (2011a) se se clicar sobre a unidade, é possível obter informação detalhada sobre a mesma. Por exemplo, ao efectuar essa acção sobre a unidade T6 - Bacia de Alvalade, Fig.3.1.7, fica disponível a informação apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1.1 - Elementos detalhados da Unidade T6 (Bacia de Alvalade) pertencente à grande unidade morfo-estrutural Bacias Terciárias do Tejo e do Sado (SNIRH, 2011a).

Identificação	
Bacias Hidrográficas	Sado
Concelhos	Aljustrel, Ferreira do Alentejo, Odemira, Ourique, Santiago do Cacém
Área	702 km ²
CCDR	Alentejo
Hidrogeologia	
Formações Aquíferas Dominantes	Formação de Vale do Guiso (Paleogénico); Formação de Esbarrondadoiro (Miocénico)
Litologias Dominantes	<u>Formação de Vale do Guiso</u> : conglomerados com elementos angulosos, argilas, margas, calcários gresosos, arenitos argilosos, com uma espessura que pode ir até 90 m; <u>Formação de Esbarrondadoiro</u> : arenitos mais ou menos argilosos, argilitos, cascalheiras, bancadas calcárias muito fossilíferas, com uma espessura conhecida que não ultrapassa os 80 m
Características Gerais	Sistema multiaquífero, complexo, com aquíferos multicamada, que podem ser livres, confinados ou semiconfinados
Produtividade (l/s)	Mediana=4,9
Parâmetros Hidráulicos	Não se dispõe de informação
Funcionamento Hidráulico	Como existe uma grande variação de fácies, este aspecto reflecte-se na grande heterogeneidade hidrogeológica, o que faz com que o insucesso das captações de água subterrânea seja muito grande. Nalgumas regiões pode existir conexão hidráulica entre as várias camadas
Piezometria / Direcções de Fluxo	Uma campanha realizada em Julho de 1999, mostra que em 28 pontos de água, o nível oscila entre 45 e 88 metros, não havendo qualquer tendência de distribuição
Balanço Hídrico	Entradas conhecidas=40 hm ³ / ano
Fácies Química	Cloretada e bicarbonatada sódica e mista

Salienta-se ainda que os aquíferos porosos são os mais representativos a nível geográfico, na ordem dos 18 mil km², e também os mais produtivos, com caudais médios de 13,3 l/s.

Metade destes sistemas aquíferos dispõem-se em mono-camada, em regime livre ou confinado e a outra metade funciona em sistema multi-camada, com algumas conexões hidráulicas entre as camadas (Medeiros, 2004).

No sentido de mostrar a importância da componente de água subterrânea para consumo humano corrente, refere-se que segundo o inquérito realizado em 2001-2002 pela APDA

(Associação Portuguesa de Drenagem e Distribuidores de Água) a componente de água subterrânea utilizada para o abastecimento público corresponde a 44% do total de água consumida (Ribeiro, 2004). Nas Figuras 3.1.8. e 3.1.9. apresentam-se os consumos de água subterrânea por concelho e por distrito de Portugal continental. O abastecimento público é maioritariamente a partir de água subterrânea nos distritos de Setúbal, Leiria, Santarém, Coimbra e Aveiro, isto é, em regiões onde se situam aquíferos de elevada produtividade, como é o caso dos sistemas que integram a Unidade Hidrogeológica da Bacia do Tejo e Sado e a Orla Ocidental.

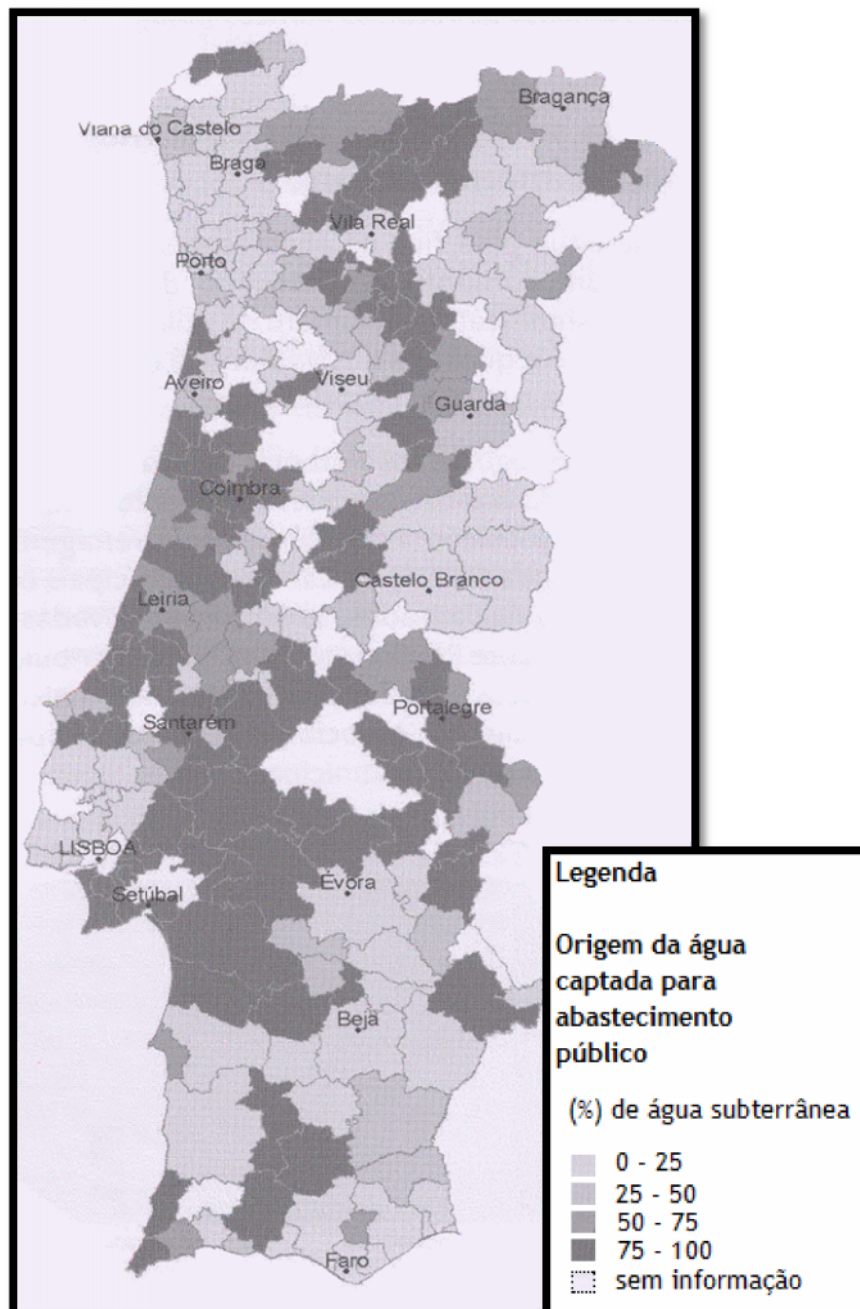


Figura 3.1.8 - Consumo de água subterrânea para Portugal Continental por concelho (APDA, 2002).

Também se salienta que alguns concelhos do interior, apesar de se situarem no Maciço Antigo, zona caracterizada por ocorrência reduzida de sistemas aquíferos, apresentam consumo considerável superior a 50%, a partir de água subterrânea, como são o caso de alguns que fazem parte dos distritos de Viseu, Évora, Vila Real, e Portalegre. Outros exemplos interessantes são os casos da Veiga de Chaves, cuja água subterrânea abastece integralmente a cidade de Chaves e o sistema aquífero de Escusa que é a principal fonte de abastecimento às populações de Castelo de Vide, Marvão e Portalegre.

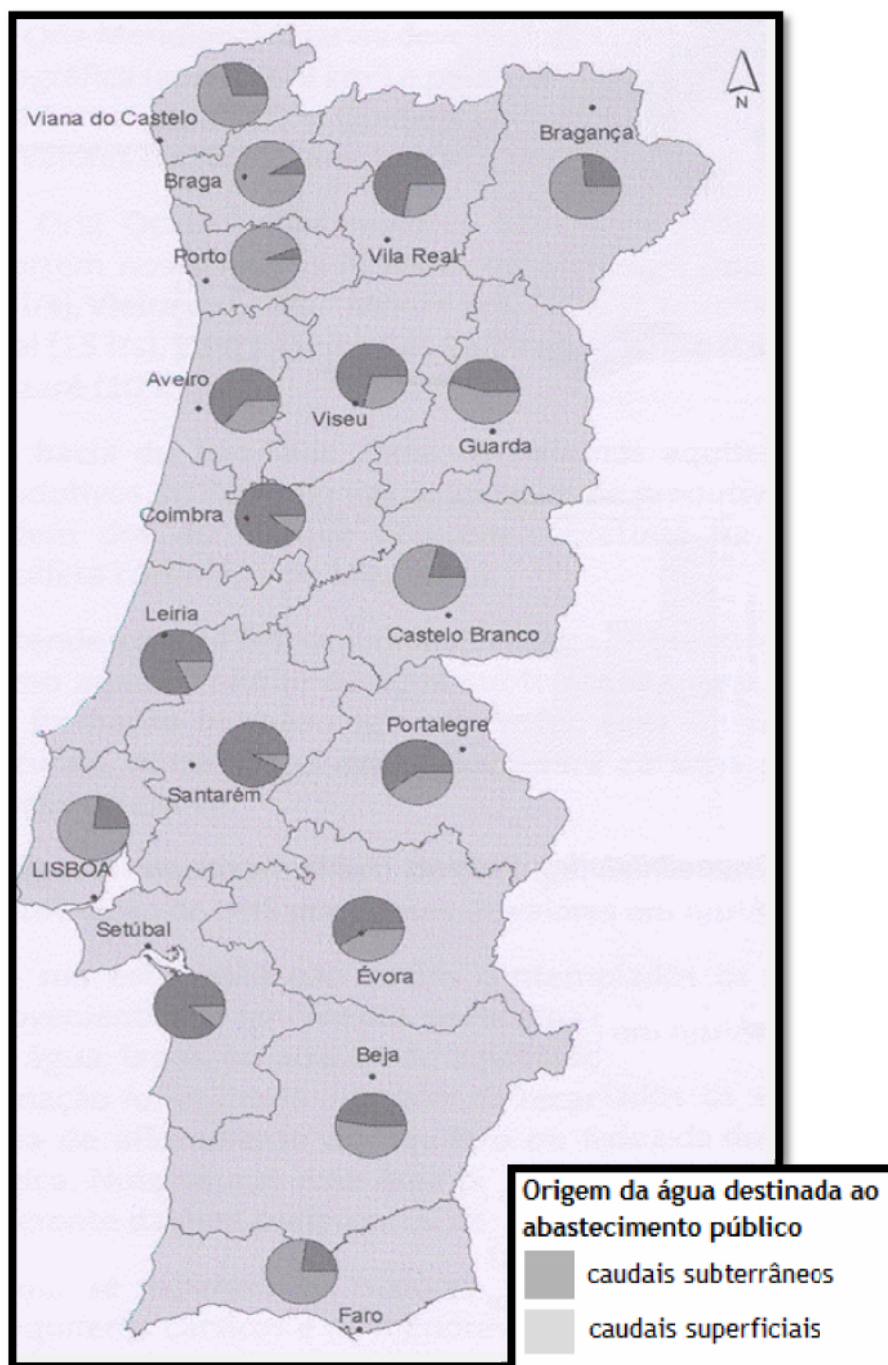


Figura 3.1.9 - Consumo de água subterrânea para Portugal Continental por distrito (APDA, 2002).

3.3 Águas Nobres

As águas nobres ocorrem essencialmente no Maciço Antigo em situações e enquadramentos geológicos extremamente complexos à luz dos conhecimentos actuais, sendo especialmente condicionados por elementos geológico-estruturais explicados principalmente pelas acções tectónicas à escala local como mega-regional. Aqueles sistemas aquíferos são essencialmente do tipo fissurais e ocorrem associadas principalmente aos granitóides e com águas por vezes quentes. Segundo Martins de Carvalho (2006), os aquíferos hidrominerais que ocorrem no maciço antigo são do tipo fissurados, confinados e continentais. A localização das águas minerais naturais de Portugal Continental apresenta-se na Fig.3.1.10. Verifica-se que a maioria das ocorrências é para engarrafamento e para termalismo, em aplicações isoladas. Apenas algumas servem para termalismo e engarrafamento em simultâneo, como é o caso da água do Luso (ponto 7), e ainda apenas duas são para termalismo e aplicações geotérmicas, ou seja os pontos 9 e 46, que correspondem às Termas de Chaves e de S. Pedro do Sul, respectivamente.

Na Fig.3.1.11 é possível observar a localização das explorações de águas minerais naturais para termalismo e seu quimismo, sendo de salientar que a maioria é do tipo sulfúrea.

O quimismo destas águas é fundamental, pois a estas estão ligadas diversas terapêuticas e conforme as propriedades físico-químicas da água mineral é que se associa o tipo de benefício à saúde do ser humano. Na Tabela 3.1.2 apresentam-se as vocações terapêuticas das várias águas minerais termais de Portugal Continental, sendo de salientar que a maioria tem aplicações em doenças reumáticas e ainda em doenças das vias respiratórias.

As principais ocorrências de águas de nascente em Portugal Continental apresentam-se na Fig.3.12, sendo de salientar que estas águas são de uso exclusivo de engarrafamento.

Nas Tabelas 3.1.3 e 3.1.4 apresentam-se as produções e receitas das águas de engarrafamento minerais e de nascente, respectivamente, sendo de salientar que a água mineral com maior produção foi a água do Luso, com 219.340.990 l/ano, e a maior produção de água de Nascente, foi a Fonte da Fraga, com 98.464.627 l/ano. A evolução do consumo percapita deste tipo de águas, em Portugal continental, apresenta-se na Fig.3.1.13, sendo de referir que no ano de 2007 cada português bebeu 100.7 litros de água engarrafada.

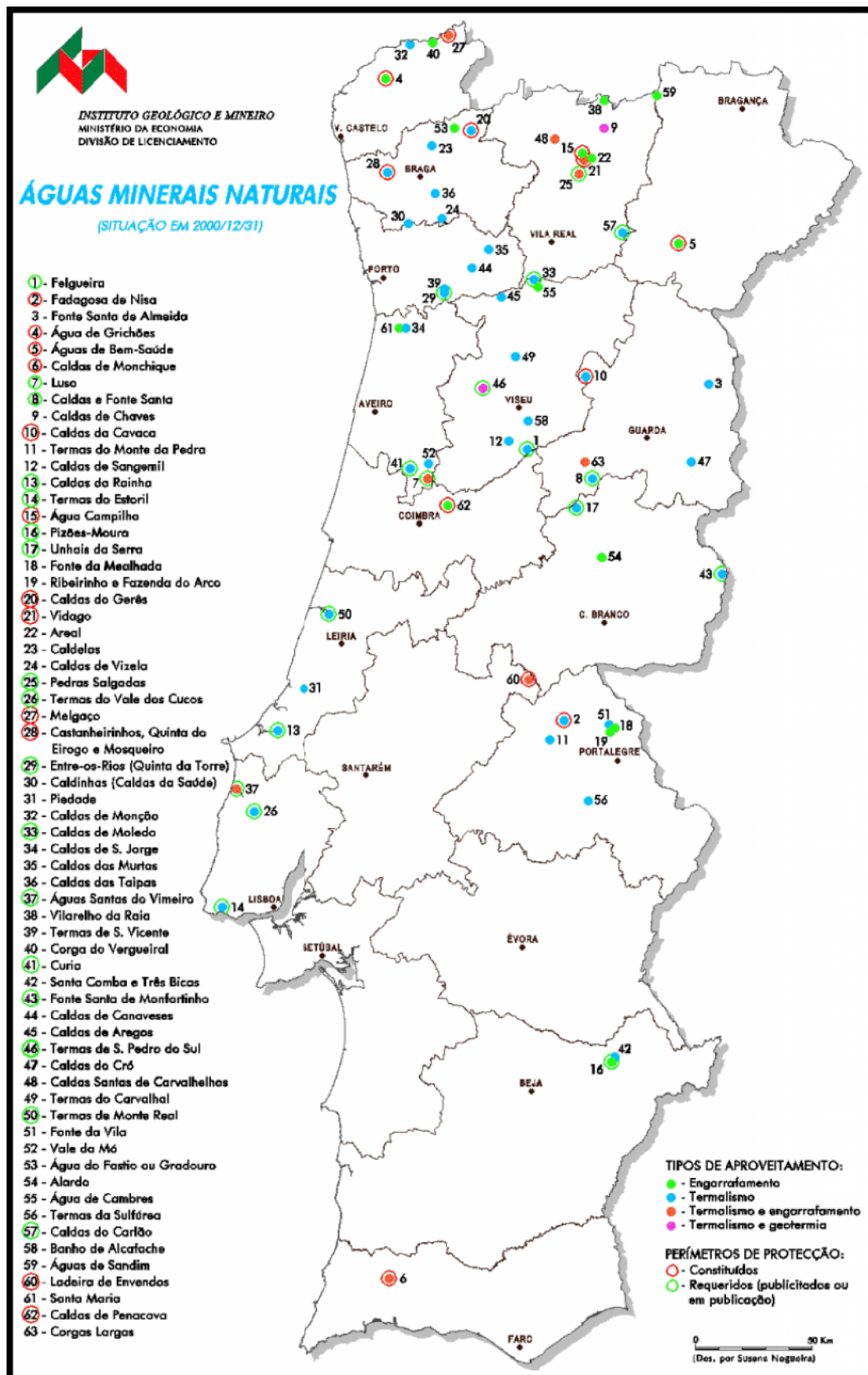


Figura 3.1.10 - Localização das ocorrências minerais e respectivas aplicações em Portugal Continental (IGM, 2001, in Plácido, 2007).



Figura 3.1.11 - Principais ocorrências de águas minerais naturais para termalismo e suas relações com o seu quimismo (INETI, 2011).

Tabela 3.1.2 - Vocações terapêuticas das águas minerais naturais portuguesas (IMG, 2001, in Plácido, 2007)

DOENÇAS DO APARELHO CIRCULATORIO	
Tipo de água mineral natural	Localização
Sulfúrea	Gerês e Unhais da Serra
Bicarbonatadas	Carvalhelhos
Hipossalinas	Luso
Cloretadas	Vimeiro
Sulfatadas	Curia
DOENÇAS DO APARELHO DIGESTIVO	
Tipo de água mineral natural	Localização
Sulfúrea	Cavaca, Gerês, Carvalhal e Unhais da Serra
Bicarbonatadas	Monchique, Carvalhelhos e Caldelas
Gasocarbónicas	Chaves, Melgaço, Pedras Salgadas e Vidago
Hipossalinas	Ladeira de Envendos, Monfortinho e Vale da Mó
Cloretadas	Vimeiro e Piedade
Sulfatadas	Monte Real
DOENÇAS DO APARELHO RESPIRATORIO	
Tipo de água mineral natural	Localização
Sulfúrea	S. Pedro do Sul, Alcafache, Aregos, Cavaca, Felgueira, Manteigas, Moledo, Monção, Caldas da Rainha, Caldas da Saúde, S. Jorge, Taipas Vizela, Cabeço de Vide, Carvalhal, Eirogo, Entre-os-Rios, S. Vicente, Monchique, Sangemil, Nisa e Monte da Pedra
Gasocarbónicas	Vidago
Hipossalinas	Luso
Cloretadas	Vimeiro
DOENÇAS METABÓLICAS - ENDÓCRINAS	
Tipo de água mineral natural	Localização
Sulfúrea	S. Pedro do Sul, Alcafache, Gerês e Nisa
Gasocarbónicas	Melgaço e Pedras Salgadas
Cloretadas	Cucos
Sulfatadas	Cúria
DOENÇAS NEFRO - URINÁRIAS	
Tipo de água mineral natural	Localização
Hipossalinas	Luso
Sulfatadas	Cúria
DOENÇAS DE PELE	
Tipo de água mineral natural	Localização
Sulfúrea	Canaveses, Carlão, Moledo, Taipas, S. Jorge, Vizela, Cabeço de Vide, Carvalhal, Eirogo e Nisa
Bicarbonatadas	Carvalhelhos
Gasocarbónicas	Vidago
Hipossalinas	Caldelas, Ladeira de Envendos e Monfortinho
Cloretadas	Vimeiro e Piedade
DOENÇAS REUMÁTICAS / MUSCULO - ESQUELÉTICAS	
Tipo de água mineral natural	Localização
Sulfúrea	S. Pedro do Sul, Alcafache, Aregos, Canaveses, Carlão, Cavaca, Felgueira, Manteigas, Monção, Caldas da Rainha, Sangemil, S. Jorge, Caldas da Saúde, Taipas, Vizela, Cabeço de Vide, Carvalhal, S. Vicente, Unhais da Serra, Eirogo, Entre-os-Rios, Monchique, Nisa e Monte da Pedra
Gasocarbónicas	Chaves
Hipossalinas	Luso e Ladeira de Envendos
Cloretadas	Cucos e Piedade
Sulfatadas	Monte Real e Cúria
DOENÇAS DE SANGUE	
Tipo de água mineral natural	Localização
Hipossalinas	Vale da Mó
DOENÇAS DO SISTEMA NERVOSO	
Tipo de água mineral natural	Localização
Gasocarbónicas	Vidago

Tabela 3.1.3 - Frequência termal e respectivas receitas, em Portugal Continental, em 2009 a partir da aplicação das águas minerais termais (DGEG, 2010).

Nº de Ordem	Termas	Nº de Termalistas	Receita anual x 103 euros
1	TERMAS DE S. PEDRO DO SUL	16 650	5 240
2	CALDAS DE CHAVES	6 389	1 156
3	TERMAS DE MONFORTINHO	4 061	638
4	TERMAS DE CALDELAS	3 804	757
5	TERMAS DO CARVALHAL	3 625	502
6	TERMAS DA FELGUEIRA	3 533	1 340
7	CALDAS DE S. JORGE	3 283	706
8	TERMAS DO GERÊS	3 265	526
9	BANHO DE ALCAFACHE	2 843	655
10	TERMAS DA SULFÚREA*	2 581	540
11	TERMAS DA CURIA	2 128	711
12	CALDAS DE VIZELA	1 659	470
13	CALDAS DA SAÚDE	1 317	342
14	TERMAS DA LONGROIVA	1 151	149 N° d
15	FADAGOSA DE NISA	1 147	267
16	TERMAS DE S. VICENTE	1 103	501
17	CALDAS DA RAINHA	1 035	220
18	CALDAS DE SANGEMIL	1 020	299
19	CALDAS DE MANTEIGAS	1 014	268
20	TERMAS DE MONTE REAL	833	111
21	CALDAS DA CAVACA	817	125
22	TERMAS DE ENTRE-OS-RIOS	742	167
23	CALDAS DE AREGOS	713	146
24	CALDAS DO CRÓ	678	93
25	CALDAS DE MONCHIQUE	598	178
26	TERMAS DE ALMEIDA	579	74
27	TERMAS DO VIMEIRO	530	109
28	UNHAIS DA SERRA	509	147
29	TERMAS DA LADEIRA DE ENVENDOS	486	142
30	CALDAS DE MONÇÃO	428	89
31	CALDAS DAS TAIPAS	371	74
32	CALDAS DE MOLEDO	354	58
33	CALDAS DO CARLÃO	185	38
34	TERMAS DO LUSO	156	50
35	TERMAS DO VALE DA MÓ	125	8
36	CALDAS SANTAS DE CARVALHELHOS	23	1
37	TERMAS DO EIROGO	0	0
38	TERMAS DE MELGAÇO	0	0
TOTAL		69 735	16 897

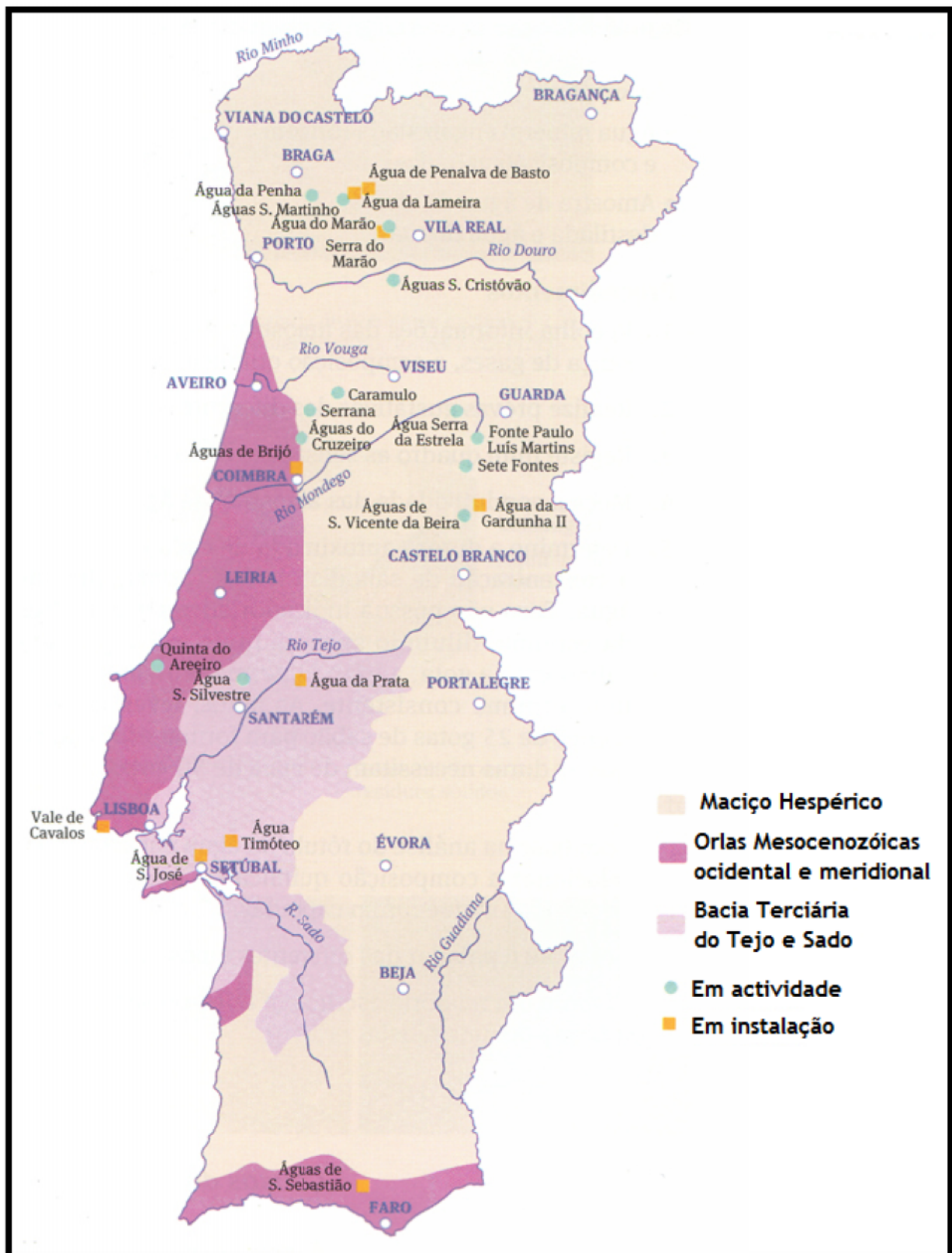


Figura 3.1.12 - Principais ocorrências de águas de nascente em Portugal Continental (INETI, 2011).

Em relação às águas minerais naturais que possuem temperatura elevadas fora do comum (com temperatura superior a 20°C), em Portugal continental, estas podem ser utilizadas para fins geotérmicos como a balneoterapia e aquecimento de estufas e de edifícios e suas águas

sanitárias. Na Fig.3.1.14 apresentam-se as ocorrências de águas subterrâneas com temperatura acima de 20°C. Os valores das temperaturas dos vários locais registados nessa figura (1 a 51) apresentam-se na Tabela 3.1.6, sendo de salientar que o lugar com emergência termal mais quente corresponde às Termas de Chaves (Local 2) com 76°C. Exemplos de várias aplicações sobre usos de geotermia em Portugal, e mais em particular nas termas de São Pedro do Sul, podem observar-se em Ferreira Gomes 2007. Uma imagem sobre aplicações com base na água da concessão das termas de S. Pedro do Sul, apresenta-se na Fig.3.1.15, sendo um interessante exemplo, como uma água subterrânea especial, permite obter situações singulares, como produzir ananás e banana na Beira Alta.

Tabela 3.1.4 - Águas minerais engarrafadas por marca - Produção 2007 (DGEG, 2010).

Nº	Marca da Água	Volume (litros)	Valor (mil euros)
1	Luso	219.340.990	65.101
2	Caldas de Penacova	90.495.103	10.608
3	Vitalis	87.187.749	37.391
4	Fastio	62.932.135	29.915
5	São Silvestre	19.088.210	1.613
6	Carvalhelhos	38.851.119	10.267
7	Pedras Salgadas	33.825.688	41.900
8	Sete Fontes	26.217.294	5.045
9	Salutis	9.758.512	1.282
10	Vitalis-Vida	21.242.327	3.959
11	Monchique	10.489.567	1.383
12	Castello	5.237.874	4.863
13	Vimeiro	6.964.396	4.775
14	Vidago	2.714.308	2.392
15	Bem-Saúde e Frize	2.234.873	2.128
16	Alardo	1.769.284	252
17	Campilho	342.576	452
18	Melgaço	116.412	126
	Total:	638 808 417	223 452

Tabela 3.1.5 - Águas engarrafadas do tipo Nascente, por marca em Portugal Continental - Produção 2007 (DGEG, 2010).

Nº	Marca da Água	Volume (litros)	Valor (mil euros)
1	Fonte da Fraga	98.464.627	8.710
2	Água de S. Martinho	93.020.882	7.688
3	Serrana	51.517.951	4.887
4	Serra da Estrela	49.319.843	8.481
5	Caramulo	48.178.522	13.195
6	Glaciar	30.347.908	4.412
7	Castelo Novo	28.489.883	2.340
8	Cruzeiro	26.324.554	5.480
9	S. Domingos	21.756.843	1.655
10	Água. S. Cristovão	19.576.815	1.906
11	Água Serra da Penha	14.521.264	1.563
12	Água do Marão	10.645.333	2.136
13	Areeiro	994.861	589
14	Serra do Marão	59.573	40
	Total:	493 218 859	63.082

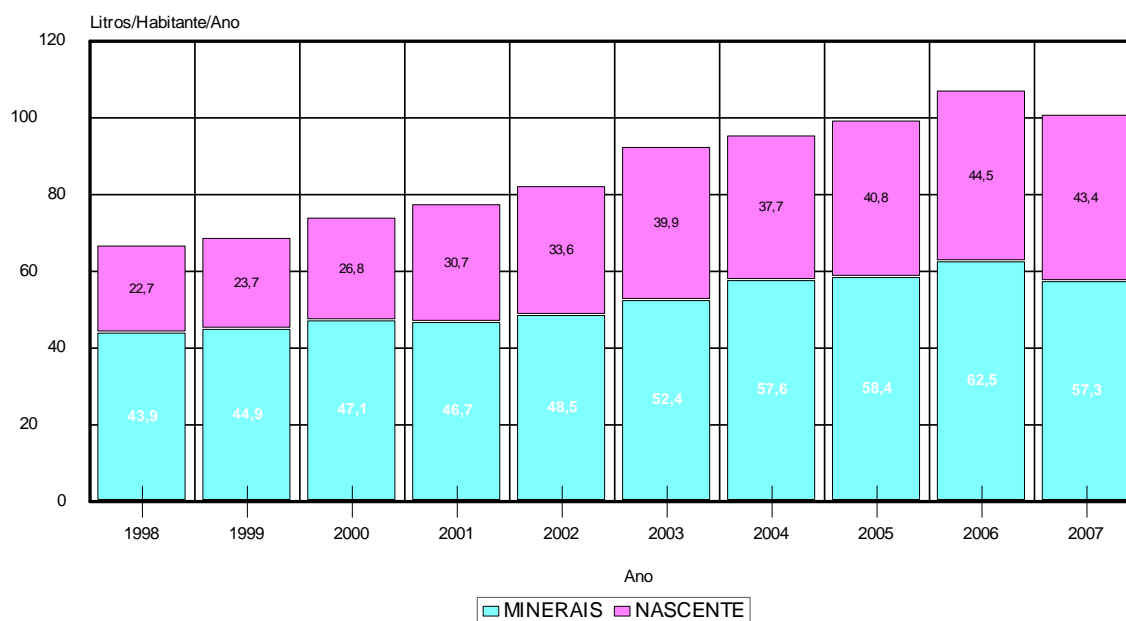


Figura 3.1.13 - Evolução do consumo percapita em águas engarrafadas em Portugal Continental (DGEG, 2010).

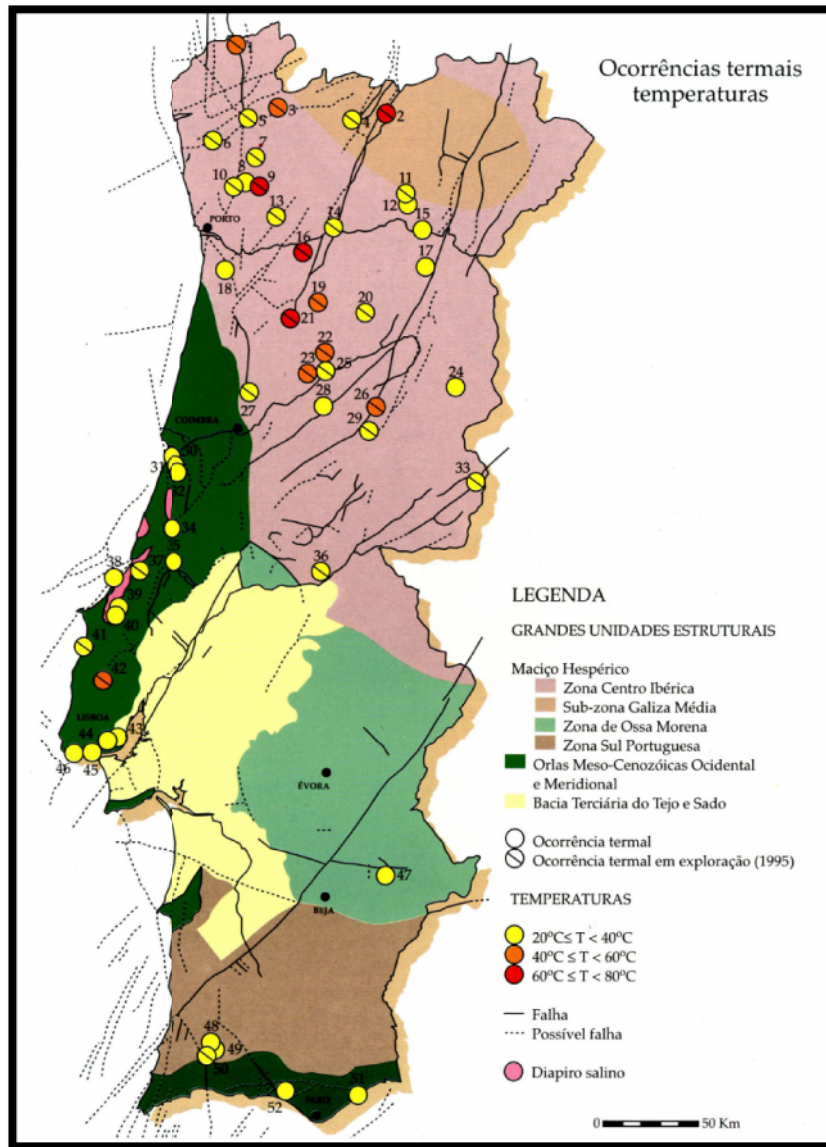


Figura 3.1.14 - Distribuição da temperatura das ocorrências termais em Portugal (IGM, 1998).



Figura 3.1.5 - Exemplos da exploração de frutos tropicais no Pólo do Vau do Campo Geotérmico e Hidromineral de São Pedro do Sul - Termas de S. Pedro do Sul (Plácido, 2007).

Tabela 3.1.6 - Emergências termais e sua temperatura máxima registada em Portugal Continental (IGM, 1998).

Nº	Emergência Termal	Temp. Máxima Registada (°C)	Características Químicas	Nº	Emergência Termal	Temp. Máxima Registada (°C)	Características Químicas
1	Monção	50	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	27	Luso	27	S ₂ O ₂ ,Cl,Na,K
2	Chaves	76	HCO ₃ ,Na,F,CO ₂	28	São Paulo	23	H ₂ S,HCO ₃ ,Na
3	Gerês	47	HCO ₃ ,Na,F,S ₂ O ₃	29	Unhais da Serra	37	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F
4	Carvalhelhos	22	HCO ₃ ,Na,F	30	Amieira	27	Cl,Ca,Na
5	Caldelas	33	HCO ₃ ,Ca,F	31	Bicinho	28	Cl,Ca,Mg,Na
6	Eirogo	25	H ₂ S,Cl,HCO ₃ ,Na,F	32	Azenha	29	Cl,Na
7	Taipas	32	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	33	Monfortinho	28	S ₂ O ₂ ,Cl,Na,K
8	S. Miguel das Aves	22	H ₂ S,HCO ₃ ,Na	34	Fonte Quente	24	Cl,HCO ₃ ,Na
9	Vizela	62	H ₂ S,HCO ₃ ,F,Na	35	Salgadas	23	Cl,Na
10	Saúde	30	H ₂ S,Cl,Na,F	36	Envendos	22	S ₂ O ₂ ,Cl,Na,K
11	Carlão	29	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	37	Piedade	27	Cl,HCO ₃ ,Na
12	São Lourenço	30	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,K	38	Salir	20	Cl,Na
13	Canavezes	35	H ₂ S,F,HCO ₃ ,Na,	39	Caldas da Rainha	36	H ₂ S,Cl,SO ₄ ,Na,Ca,Mg
14	Moledo	45	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	40	Arrábidos	29	H ₂ S,Cl,Na
15	Fonte Santa do Seixo	21	H ₂ S,HCO ₃ ,Na	41	Vimeiro	26	HCO ₃ ,Cl,Na,Ca
16	Aregos	62	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	42	Cucos	40	Cl,Na,F
17	Longroiva	34	H ₂ S,HCO ₃ ,Na	43	Alcaçarias	30	Cl,Na
18	S. Jorge	23	H ₂ S,Cl,Na,	44	Hosp. Força Aérea	50	HCO ₃ ,Ca,Mg
19	Carvalhal	41	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	45	Oeiras - S.S.F.A.	30	HCO ₃ ,Na
20	Cavaca	29	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	46	Estoril	35	Cl,Na
21	S. Pedro do Sul	69	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	47	Santa Comba	22	HCO ₃ ,Ca
22	Alcafache	51	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	48	Malhada Quente	28	HCO ₃ ,Na,SO ₄
23	Sangemil	50	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	49	Alferce	27	HCO ₃ ,Na
24	Cró	23	H ₂ S,HCO ₃ ,Na	50	Monchique	32	HCO ₃ ,Na,F
25	Felgueira	36	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	51	Santo António	25	HCO ₃ ,Ca
26	Manteigas	48	H ₂ S,HCO ₃ ,Na,F	52	Fonte Santa de Quarteira	21	HCO ₃ ,Na,Ca, Mg

Capítulo 4

O ESTUDO DE CASO DA FREGUESIA DE CREIXOMIL NO CONCELHO DE BARCELOS

4.1 Localização Geográfica

Creixomil insere-se no conjunto de 89 freguesias que compõem o Concelho de Barcelos, localizado no distrito de Braga, região do Minho. Esta confronta a norte com as freguesias de Vilar do Monte, Vila Cova e Abade Neiva e a sul com as freguesias de Perelhal e Mariz, tal como se pode observar no Fig.4.1.1 que representa esquematicamente as freguesias do concelho.

Na carta militar, Fig.4.1.2, encontram-se representados os limites geográficos da freguesia, estando estes estipulados na carta cartográfica de 2004 correspondente à zona de Creixomil. Optou-se por utilizar estes limites estabelecidos e aprovados pelo IGP ao longo deste estudo, embora a junta de freguesia local confirme que os limites geográficos de Creixomil variam moderadamente dos limites cartografados.

No terreno, Creixomil é delimitado na sua grande maioria por marcos, alguns deles com o Brasão da Casa de Bragança, como se pode observar na Fig.4.1.3. Alguns destes marcos não são originais, tendo sido substituídos por outros que foram roubados ao longo do tempo.

Creixomil compreende uma área de 4,22 km², sendo constituída pelos lugares de Cruzeiro, Visos, Campelos, Outeiro, Outeirinho, Olheiro, Reguengo, Carvalhal e Ventosa. Em tempos passados, a freguesia era composta por outros lugares além dos mencionados atrás.

Creixomil dista aproximadamente 6 km da cidade de Barcelos e 8 km do litoral, na cidade de Esposende.

4.2 Caracterização Sócio-económica

4.2.1 Contexto histórico

Creixomil era abadia da apresentação da Casa de Bragança sendo mencionada, em 1220, nas Inquirições Afonsinas sob a designação de *Sancto Jacobo de Creiximir*, pertencente às Terras de Neiva. A denominação desta freguesia tem origem germânica, derivando do nome próprio *Creixemiro*.

Existem vários vestígios físicos da ocupação deste local pelos romanos, como tégulas ou cerâmicas, e acredita-se que existiu ali em tempos uma povoação muito antiga, pois foi descoberto pelo arqueólogo Augusto Vieira um machado de bronze com duas asas ligado ao

período do Neolítico Final ou Idade do Bronze. Encontram-se no Museu de Arqueologia de Barcelos as pedras originais da “campa do frade” que foi retirada do lugar das Campas em Creixomil, sendo esta atribuída a uma época anterior à medieval.

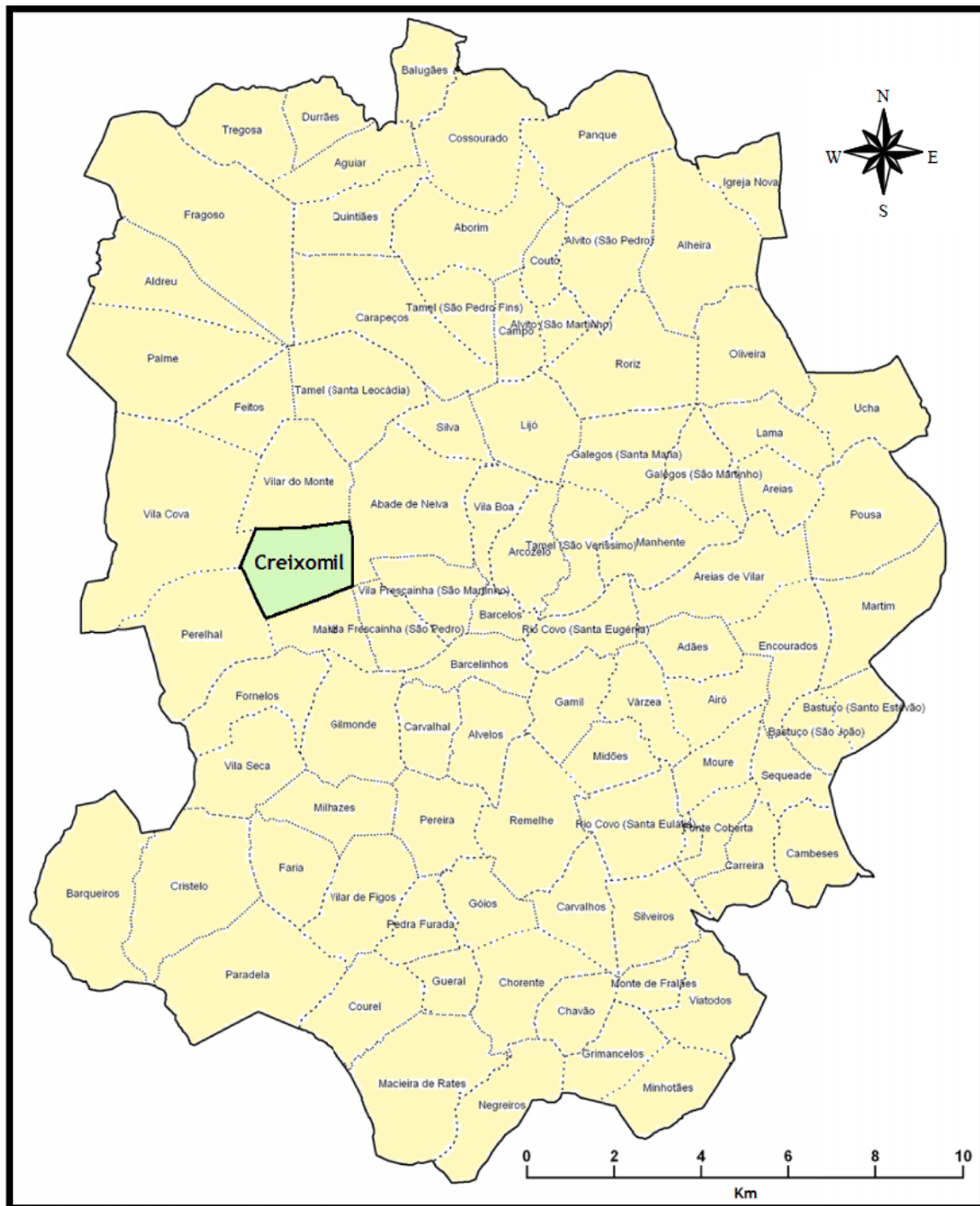


Figura 4.1.1 - Mapa das freguesias do concelho de Barcelos com destaque da freguesia de Creixomil (adaptado de Santos, 2005).

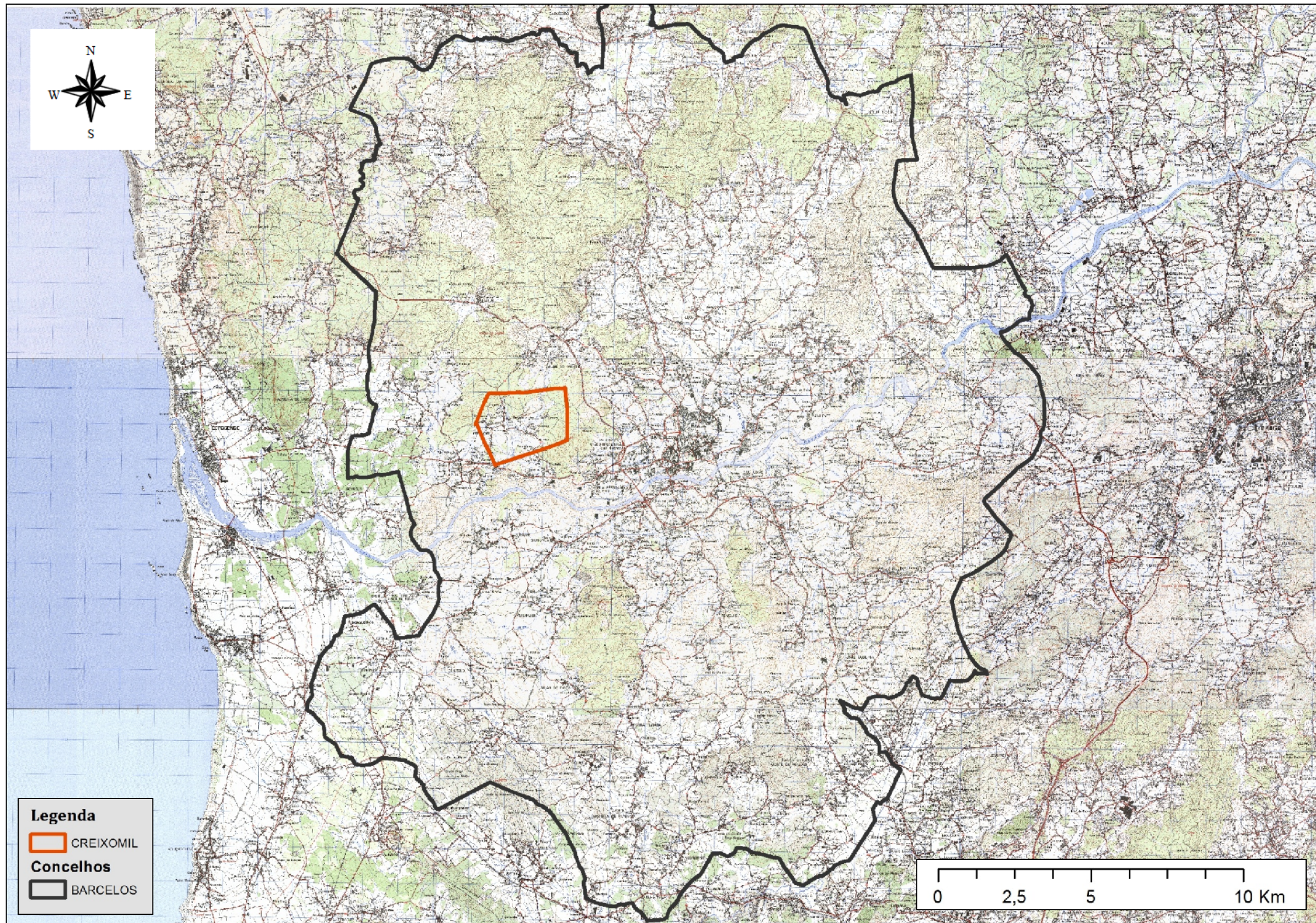


Figura 4.1.2 - Delimitação da freguesia de Creixomil e do concelho de Barcelos em Carta Militar nº69-1 (IGE, 1997).



Figura 4.1.3 - Marcos que delimitam a área geográfica de Creixomil.

Em Creixomil existe um rico património de carácter religioso, de entre os quais se destaca a igreja paroquial, datada do século XVIII, que foi removida do seu lugar original a uns metros de onde se localiza actualmente. A capela da Senhora do Rosário, Fig.4.2.1, é também muito conhecida, pois a sua origem reside numa promessa feita por duas irmãs a N. S^a do Rosário aquando da guerra na tentativa de que esta não atingisse a povoação. Reza a história que a promessa foi concedida e então foi erigido este monumento. A capela da Senhora da Lapa, em Calvelhe, distingue-se sobretudo pelo seu interior.



Figura 4.2.1 - Capela de N. S^a do Rosário e Igreja Paroquial de Creixomil.

Creixomil é sem dúvida uma terra antiga, cheia de lendas e dramas, que mesmo nos dias de hoje perduram. Foi romantizada por Camilo Castelo Branco em Noites de Insónia, no relato de uma história antiga em que o frade de Creixomil afrontou Aires Ferreira, descendente de casa de Cavaleiros e senhor da Casa de Argemil, tendo-lhe puxado as barbas. Aires enviou então uma carta ao filho mais velho, destacado na Índia no tempo de D. João III, onde se queixava do episódio. O filho, Rui Ferreira de Mendonça, embarcou numa nau desde a Índia, mesmo após ter sido proibido pelo vice-rei de o fazer e regressou a Creixomil para enfrentar o frade

num duelo. O frade foi morto pela espada do adversário, tendo Rui posteriormente beijado as mãos de seu pai e regressado novamente à Índia.

À freguesia de Creixomil é também atribuído o berço de Filipa Borges, mãe do poeta Gil Vicente, casada com o ourives Luís Vicente. No entanto, não existem documentos oficiais que o comprovem e muitos autores indicam o berço de Gil Vicente como sendo originário de sítios como Guimarães, Lisboa, Beiras e Barcelos.

Outras personalidades são também oriundas desta pequena terra, como Pedro do Vale, cavaleiro da Ordem de Cristo, que regressou rico do Brasil, onde era cobrador dos quintos durante o reinado de D. João V.

As tradições religiosas ainda se encontram muito enraizadas na população local, sendo todos os anos realizada uma festa em honra da Sr.^a do Rosário no início de Junho, tal como outros eventos de menor dimensão.

4.2.2 População

No ano de 2011 foram recenseadas 833 pessoas residentes em Creixomil, o que representa apenas 0,69% da actual população do concelho de Barcelos. Este número acresce quando sazonalmente os emigrantes regressam às suas casas de origem.

No entanto, verifica-se um decréscimo da população em quase 25 pessoas desde 2001, quando existiam em Creixomil 858 residentes. Tal facto poderá estar directamente relacionado com a emigração e a mortalidade da população mais envelhecida. A baixa percentagem de natalidade, face a épocas anteriores, poderá ser também uma causa para a diminuição de residentes.

No ano de 1937 existiam na freguesia 492 habitantes, com uma ligeira predominância do sexo feminino. Existem ainda referências aos séculos XVI, XVII e XIX, onde eram residentes em Creixomil 42, 80 e 390 pessoas, respectivamente (Fonseca, 1937).

Percebe-se então que a população cresceu ao longo dos anos até atingir um valor máximo na década de 90, voltando a diminuir nos anos mais recentes.

4.2.3 Actividade económica

Algumas décadas atrás, a principal ocupação dos habitantes era o cultivo dos campos agrícolas e a criação de animais, sendo a matéria-prima posteriormente vendida para a cidade.

Nos dias de hoje, essa realidade inverteu-se. Embora a freguesia ainda possua uma vasta área do território cultivável, poucos são os residentes que se dedicam à agricultura como meio de subsistência. Este declínio é maior quanto à pecuária.

A generalidade da população de agora exerce funções na área têxtil, fora da própria freguesia, uma vez que as confecções têxteis existentes no local são de pequenas dimensões e apenas absorvem determinada percentagem de residentes.

A construção civil emprega um número razoável de habitantes embora se trate de pequenas empresas de construção locais.

Pontualmente observam-se postos de comércio como cafés e mercearia e outras pequenas empresas dedicadas a áreas diferentes das anteriormente mencionadas.

Em Creixomil, de facto, são poucos os ramos de actividade económica e face às reduzidas oportunidades de emprego no local a maioria dos creixomilenses assume funções laborais em freguesias vizinhas, noutros concelhos e muitas vezes em outros países.

4.2.4 Ocupação do solo

Como se pode observar pela planta de condicionantes da zona de Creixomil, Fig.4.2.2, uma área considerável da freguesia corresponde à reserva agrícola nacional (RAN) e à reserva ecológica nacional (REN).

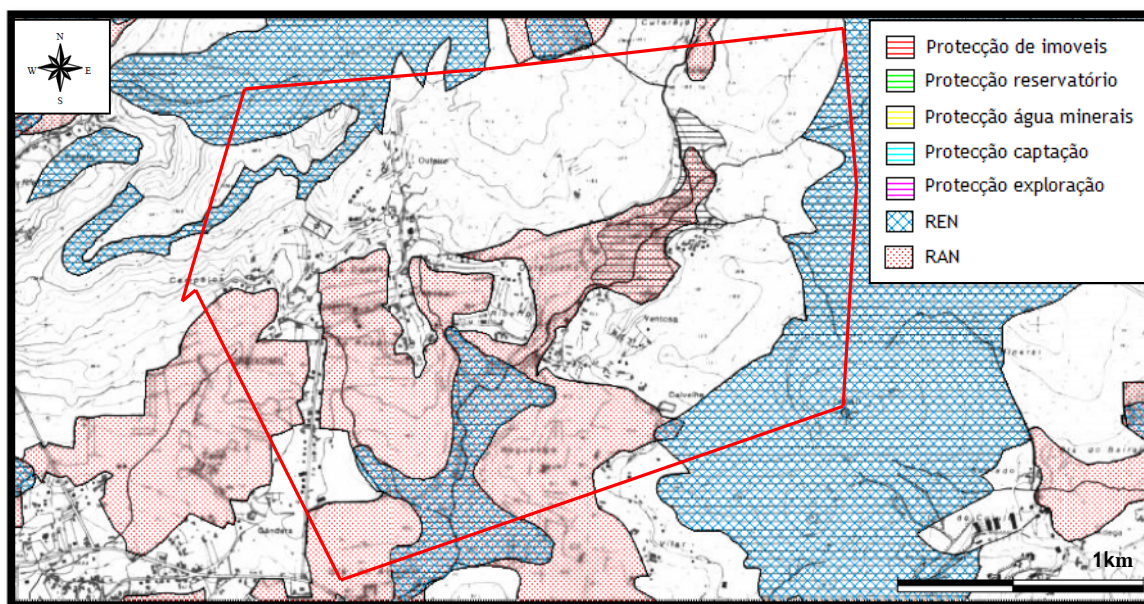


Figura 4.2.2 - Extracto da planta de condicionantes nº 69-1 correspondente à zona geográfica de Creixomil (adaptado do PDM de Barcelos - PDM, 2011).

Apesar de a planta de condicionantes prever áreas indicadas na figura de reserva agrícola e ecológica nacional, no campo verifica-se que em áreas destinadas a agricultura encontram-se pinhais e em áreas de reserva ecológica encontram-se terrenos cultivados.

O cultivo do solo agrícola consiste sobretudo na plantação e colheita de milho nos meses de Março a Setembro, Fig.4.2.3 (a). No período restante cultivam-se diferentes tipos de pastos e centeio para produção de ração para animais.

Regra geral, todos os terrenos agrícolas referidos tal como os logradouros dos prédios residenciais são circundados por vinhas, Fig.4.2.3 (b). Embora a tradição do cultivo de uvas para vindima e produção de vinho verde tenha decrescido nos últimos tempos, esta ainda possui uma grande expressão na freguesia.

Encontram-se igualmente diversas árvores de fruto ao longo de toda a zona geográfica da freguesia, sobretudo para produção de cítricos, maçãs, peras, figos, ameixas, castanhas, nozes, dióspiros e medronhos, entre outros.

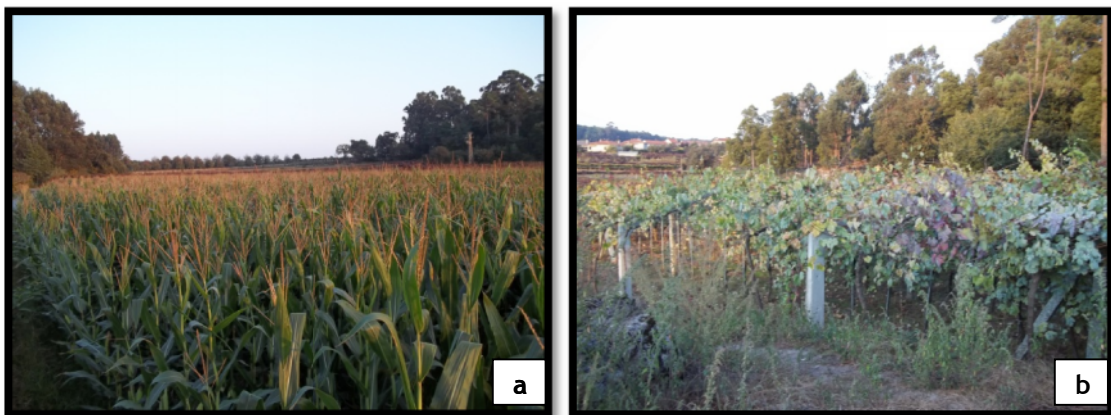


Figura 4.2.3 - Exemplos da ocupação de solo quanto a terrenos agrícolas: milho (a) e vinhas (b).

De Março a Junho ocorre o cultivo de batata, embora na maioria dos casos, para consumo próprio.

Quanto à área ocupada por pinhais, esta é maioritariamente preenchida por árvores como pinheiros (*pinus*), Fig.4.2.4 (a), carvalhos (*Quercus*), austrálias (*acacia melanoxylon*), sobreiros (*quercus suber*), eucaliptos (*eucalyptus*), Fig.4.2.4 (b), mimosas (*acacia dealbata*) e outros.

A nível de vegetação rasteira encontram-se sobretudo tojos (*ulex europaeus*), Fig.4.2.5 (a), feiteiras (*pteridium aquilinum*), Fig.4.2.5 (b), e silvas ou amoreiras selvagens (*rubus fruticosus*), entre outras.

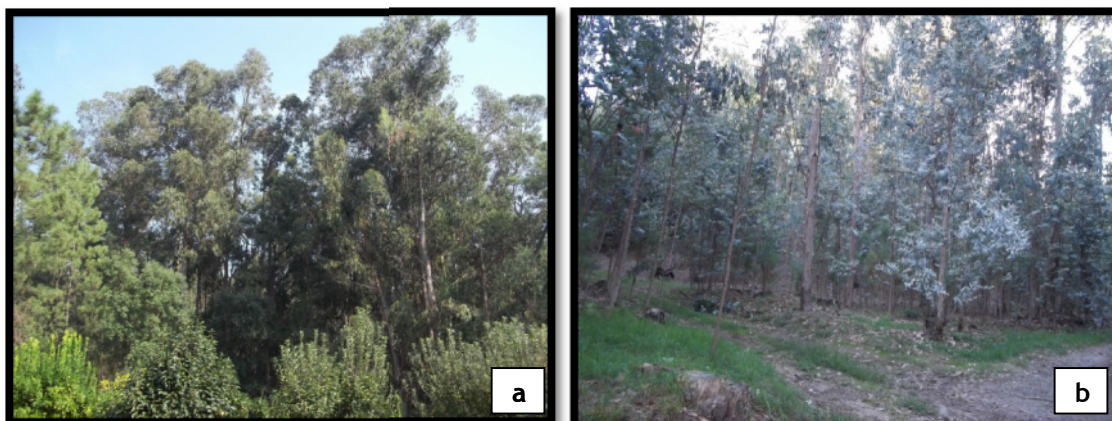


Figura 4.2.4 - Exemplos de árvores encontradas na reserva ecológica nacional: pinheiro (a) e eucalipto (b).



Figura 4.2.5 - Exemplos de vegetação rasteira encontrada na reserva ecológica nacional: tojo (a) e fiteira (b).

4.2.5 Consumos de água

A prática comum para os habitantes de Creixomil, até muito recentemente, era a de captarem água subterrânea, mediante poços ou furos, para consumo doméstico e ainda para rega. Pode-se facilmente afirmar que por cada prédio edificado existe um ponto de água construído pelo homem. Esta realidade estende-se aos terrenos de cultivo onde muitas vezes se observam poços.

Os costumes antigos de se ir recolher água em vasilhas de cerâmica às fontes existentes na freguesia à muito que se abandonaram, e a partir da década de 70, aproximadamente, quando a população começou a aumentar e consequentemente o número de fogos, observou-se um rápido aumento no número de poços construídos.

Eventualmente surgiram outros tipos de captações como os furos, e embora estes sejam mais representativos no lugar de Campelos, o certo é que os poços continuaram a ser a primeira escolha para os habitantes de Creixomil.

Todos os pontos de água como minas, nascentes e as respectivas presas continuam a ser utilizados, sendo a água delas gerida por consortes. A prática corrente é a divisão em dias quanto à utilização destas águas, sendo esta aproveitada para a rega agrícola.

Com o abandono gradual da agricultura muitos destes pontos de água, com a exceção de algumas presas mais conhecidas, deixaram de ter uma manutenção regular, pelo que em muitos casos, estes se apresentam em más condições.

Nos dias de hoje, os residentes deste local continuam a utilizar a água proveniente dos poços construídos nos seus terrenos, mas muitas vezes apenas para rega ou para consumo a nível de banhos, mas nunca para beber. Isto acontece porque há uma crescente desconfiança quanto à potabilidade da água, face à crescente informação disponibilizada em vários meios de informação e a acessibilidade à mesma por parte dos consumidores de água subterrânea.

A consciência adquirida de que as más práticas agrícolas, a existência de explorações de animais e fossas sépticas nos arredores, e o despejo ocorrente de produtos como detergentes ou pesticidas no solo, levam a que as pessoas recorram à água engarrafada para beber.

Recentemente, foi implementado no local em estudo, um ramal de abastecimento de água pública que, cinco anos após a sua construção, ainda não se estendeu a todos os habitantes distribuídos pela freguesia, muito provavelmente por motivos económicos.

A chegada da água pública foi e ainda é muito controversa. Se por um lado se observa o crescimento da adesão a esta água por parte de muitos habitantes, por outro lado existe também uma desconfiança e incerteza quanto à qualidade da água fornecida, não só porque é um bem que deixa de ser gratuito como também pelo sabor da mesma.

Assim sendo, o que se observa na prática é que há uma divisão quanto ao consumo de água. Enquanto uns consomem a água pública outros preferem a água das suas próprias captações, no entanto apenas no uso destas águas para rega, banhos, e para cozinhar. Para beber, salvo algumas exceções, a maioria dos habitantes compra água engarrafada.

4.3 Aspectos Geomorfológicos

4.3.1 Aspectos regionais

A região do Minho, na qual se insere o local em estudo, encontra-se a noroeste do Maciço Hespérico, como se pode observar pelo esquema das principais unidades geomorfológicas da Península Ibérica, Fig.4.3.1. A circundar este maciço salientam-se algumas serras como a da Peneda, a do Soajo, a Amarela e a do Gerês, que se encontram a uma altitude de 1373m, 1416m, 1361m e 1507m, respectivamente. O local em estudo dista aproximadamente entre 60 a 70 quilómetros destas serras (Lima, 2000).

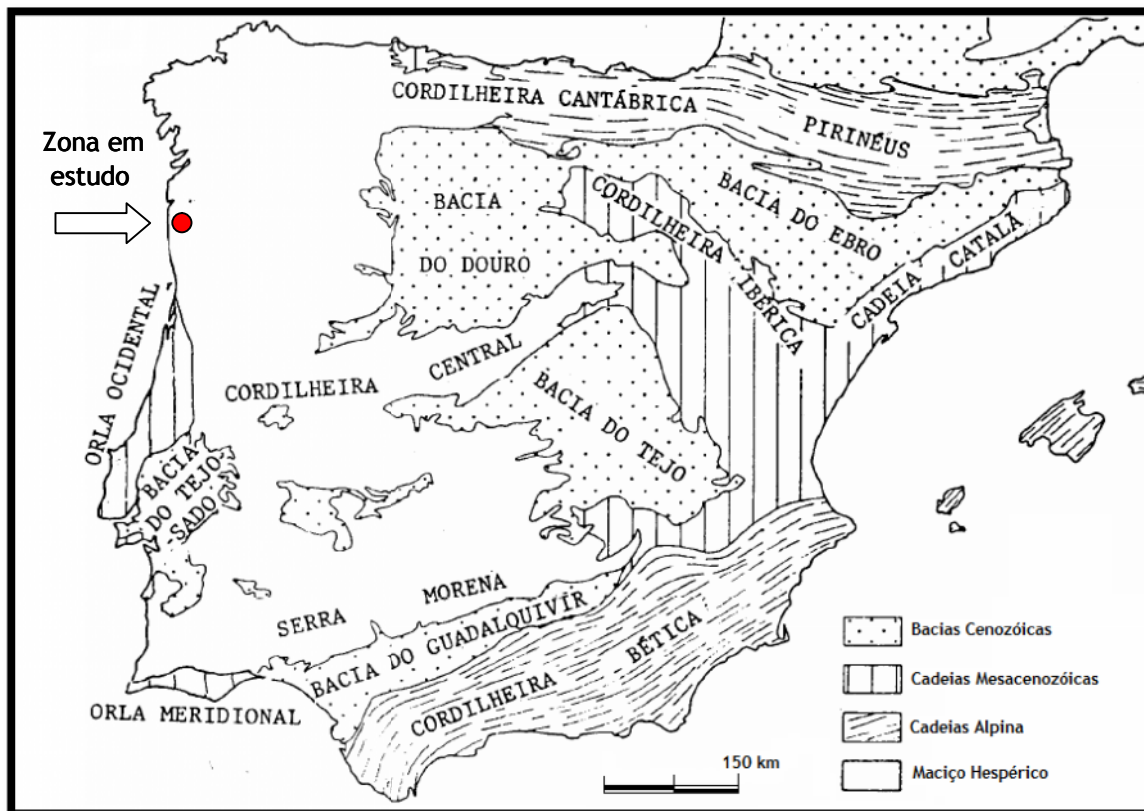


Figura 4.3.1 - Principais unidades geomorfológicas da Península Ibérica (adaptado de Lima, 2000).

A fracturação teve um importante papel no que diz respeito à geomorfologia, pois condicionou a disposição do relevo. A direcção tectónica mais representativa é a bética (E-W), sendo esta responsável pela orientação de rios como o do Cávado. Os vales de fractura estão frequentemente associados a ocorrências hidrominerais na região do Minho.

Os alvéolos de erosão, frequentes na zona de Braga, são importantes na medida em que limitam pequenas bacias hidrográficas, fomentando a retenção do escoamento superficial. No caso da presença de mantos de alteração a recarga aquífera é ainda superior, pois são retidas as águas de infiltração (Lima, 2000).

Observa-se na Carta Geológica de Portugal à escala 1/500 000, Fig.4.3.2, um agrupamento de acidentes de falha orientados de sudoeste a nordeste, em que uma destas falhas intercepta o local em estudo. Salienta-se ainda uma extensa falha com início a noroeste da fronteira de Portugal com a Espanha, e prolongando-se até à zona de Amarante.

4.3.2 Aspectos locais

A zona geográfica de Creixomil insere-se, tal como se pode observar no modelo digital do terreno para essa zona, Fig.4.3.3, em vale aberto e alvéolo de erosão que abrem largas clareiras aproveitadas para agricultura, sendo circundada a norte pelo monte de São Mamede, Fig.4.3.4, e a Este pelo Monte da Brenha, Fig.4.3.5. O relevo ali encontrado é medianamente acidentado e constituído na sua generalidade por pinhal.

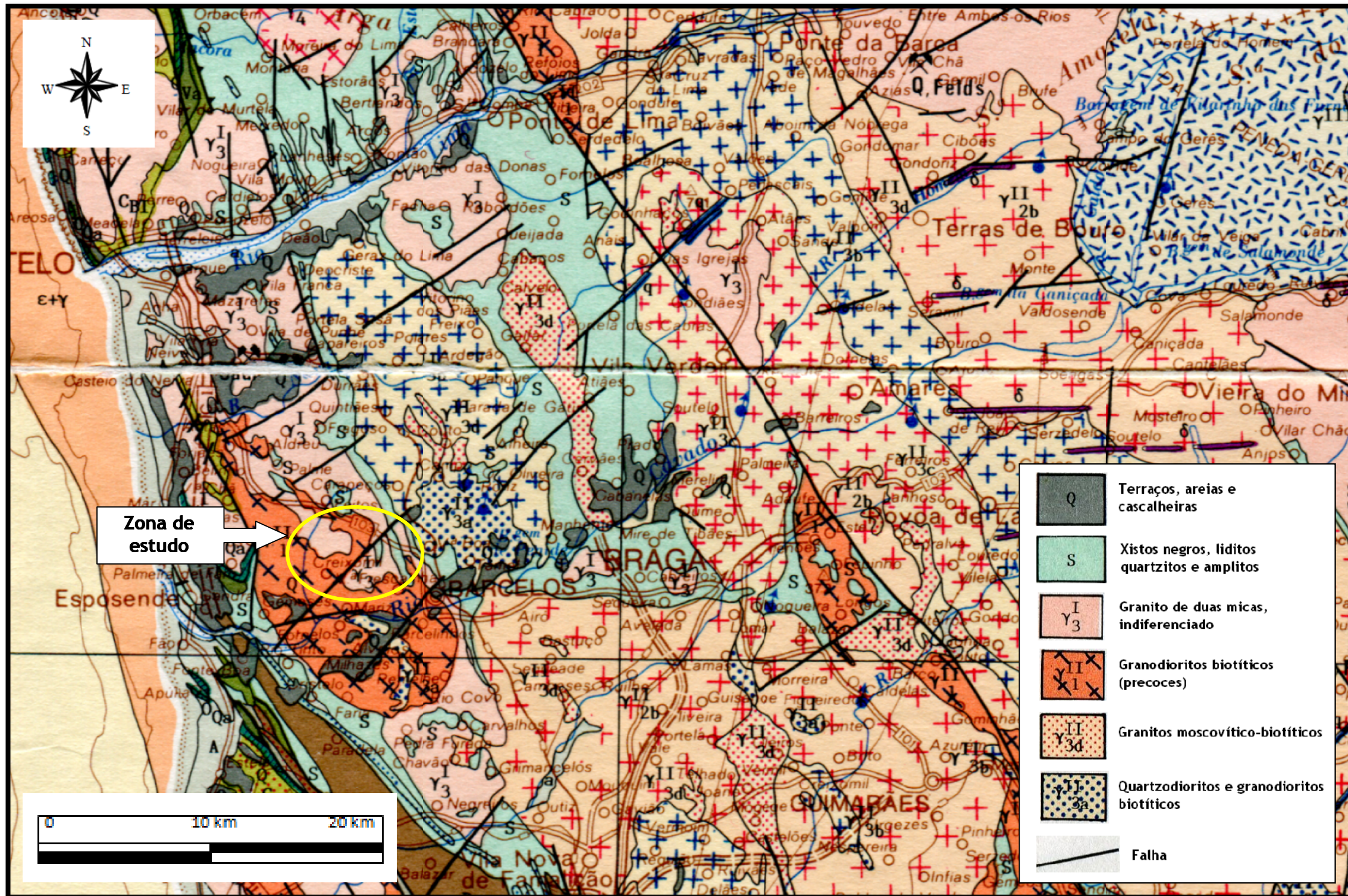


Figura 4.3.2 - Enquadramento regional da zona de estudo na Carta Geológica de Portugal (Extracto da Carta Geológica, à escala 1/500 000, S.G.P., 1992).

As altitudes da zona onde o local de estudo se insere, variam entre um máximo de 247 metros, na zona sudeste da freguesia e um mínimo de 76 metros na zona mais a sul de Creixomil.

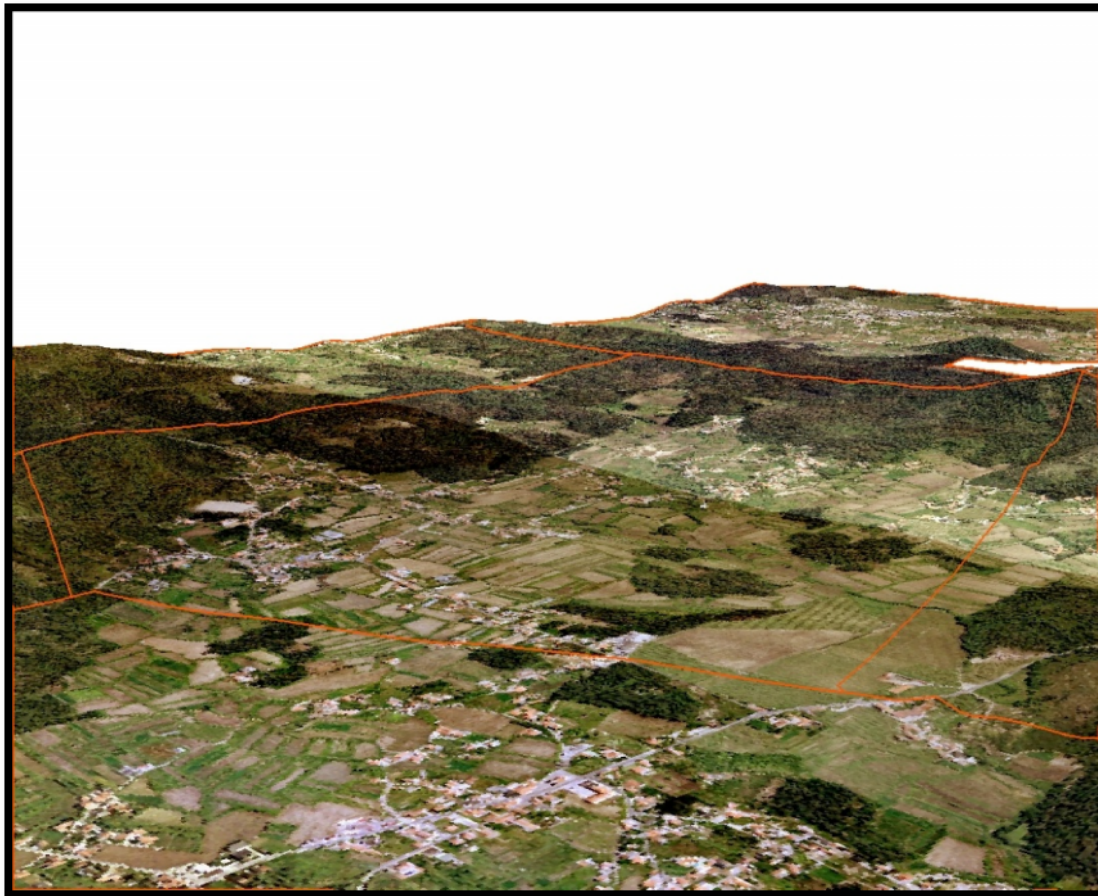


Figura 4.3.3 - Modelo digital do terreno da freguesia de Creixomil sem escala (CIM Cávado, 2011).

Nas Figuras 4.3.4 a 4.3.6 é possível observar a forma do relevo dos montes que limitam a freguesia e ainda o relevo observado no sentido norte-sul, onde se torna visível o monte da Franqueira, a sul da margem do Rio Cavado.



Figura 4.3.4 - Relevo do Monte de São Mamede a Norte de Creixomil.



Figura 4.3.5 - Relevo do Monte da Brenha a Este de Creixomil.



Figura 4.3.6 - Relevo de Creixomil a jusante do Monte de São Mamede.

O Ribeiro de Vilar de Monte atravessa Creixomil de norte a sul, com nascente na freguesia de Vilar de Monte, a cerca de 4 quilómetros para montante da zona de estudo, e desagua no rio Cávado, na freguesia de Perelhal.

As bacias hidrográficas que atravessam a freguesia inserem-se na bacia do rio Cávado, como se pode observar na Fig.4.3.7.

4.4 Aspectos Geológicos

4.4.1 Aspectos do Concelho de Barcelos

O concelho de Barcelos é maioritariamente constituído por rochas graníticas. Estas rochas, embora da mesma idade, metamorfizaram de forma intensa os xistos silúricos, e apresentam aspecto diferente quanto à composição e textura. Em algumas situações aqueles maciços rochosos muito antigos, estão cobertos por depósitos detríticos modernos. Uma imagem sobre o enquadramento geológico regional da zona de estudo apresenta-se na Fig.4.3.2.

De acordo com a Carta Geológica de Portugal, na folha 5-C, correspondente à área geográfica de Barcelos, à escala 1/50 000 (Teixeira et al., 1969), Fig.4.4.1, ocorrem as seguintes unidades geológicas:

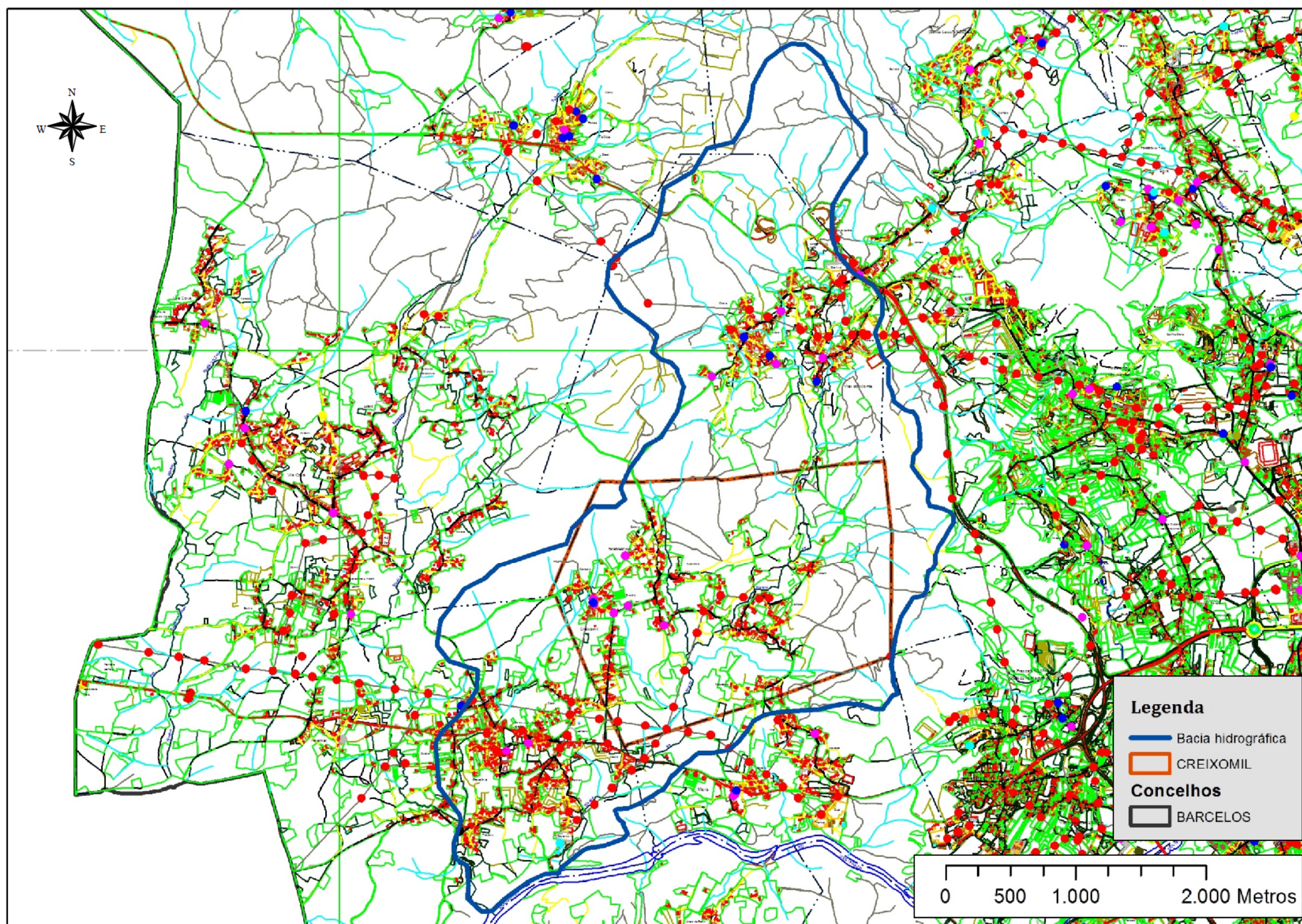


Figura 4.3.7 - Delimitação da freguesia de Creixomil e das bacias hidrográficas na carta cartográfica nº 69-1 (IGP, 2004)

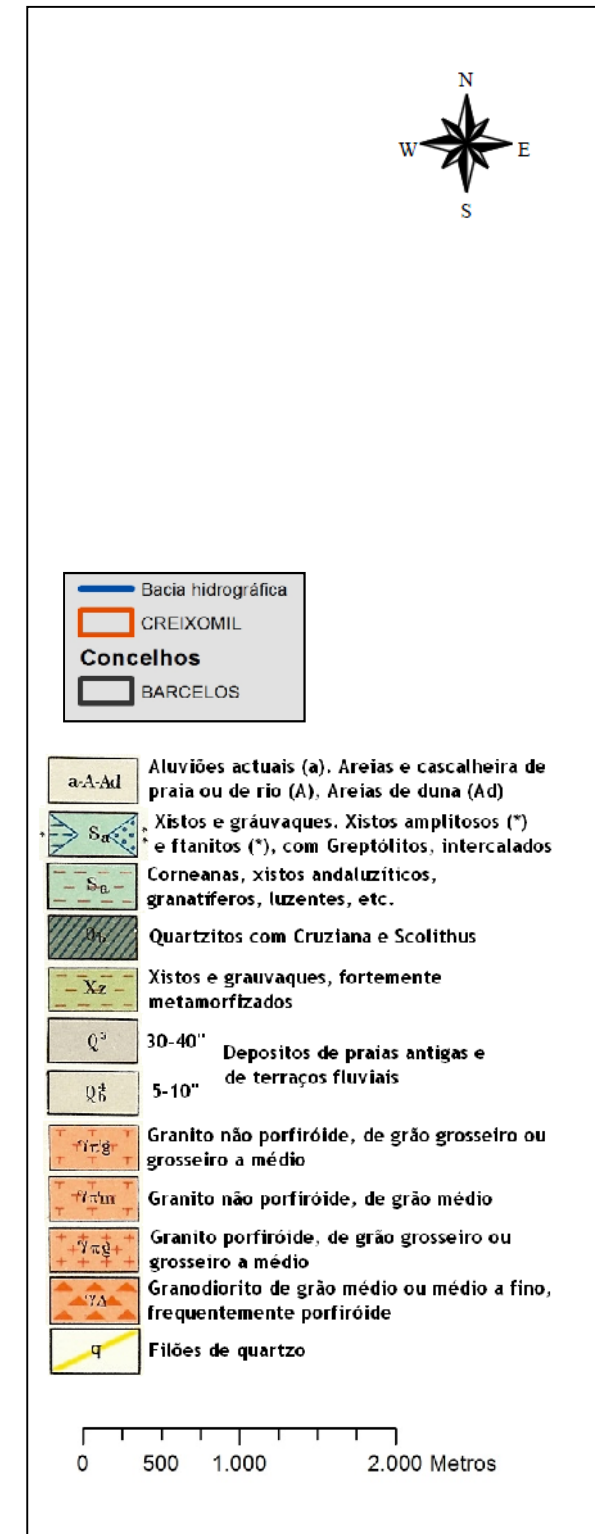
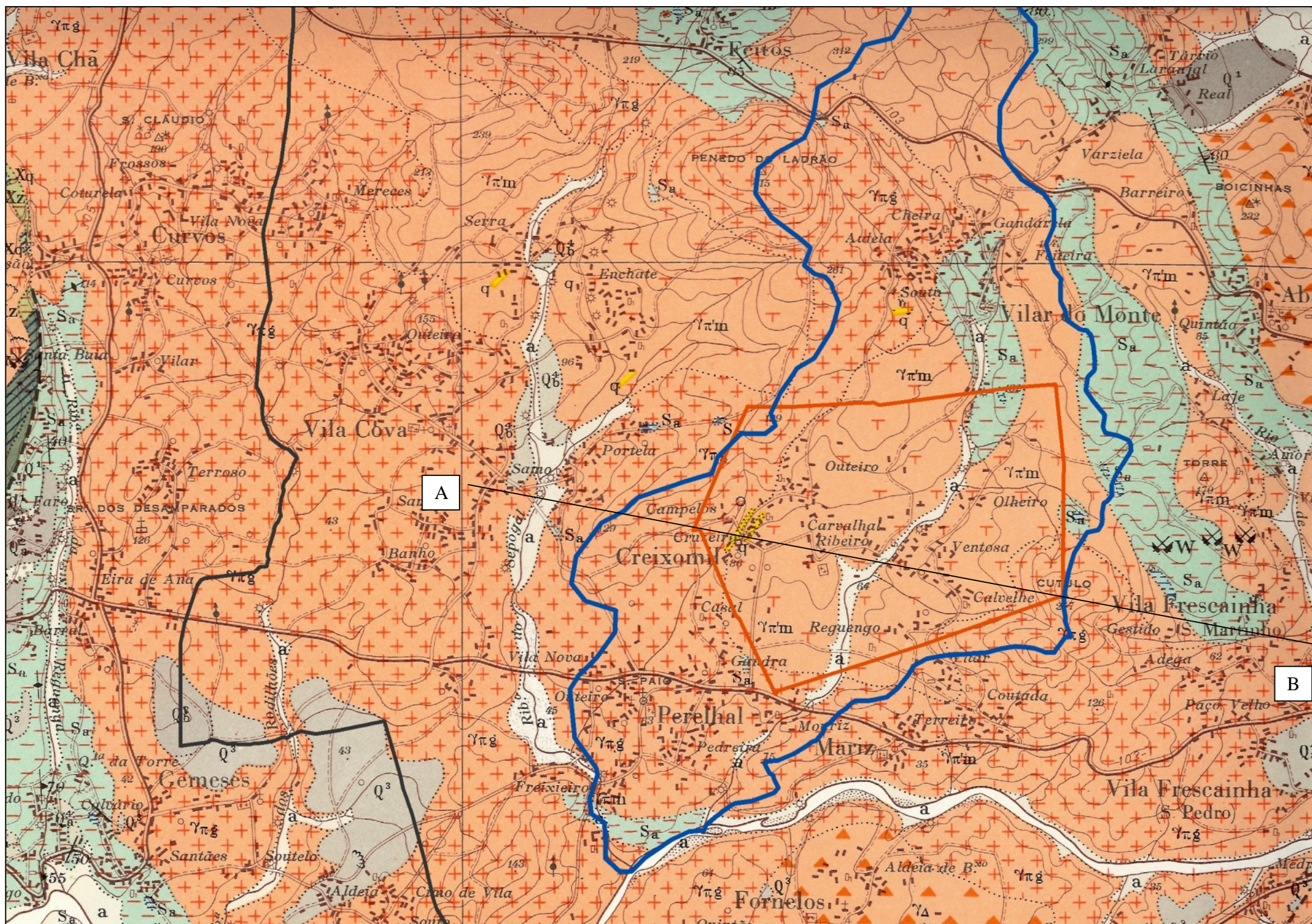


Figura 4.4.1 - Extracto da carta geológica 1/50 000 de Portugal com delimitação da freguesia de Creixomil (Teixeira et al., 1969).

Moderno	<p>a - aluviões actuais</p> <p>A - areias e cascalheiras de praia ou de rio</p> <p>Ad - areias de duna</p>
Plio-Plistocénico	<p>$Q^4_b, Q^4_a, Q^3, Q^2_b, Q^2_a, Q^1$ - depósitos de terraços fluviais</p> <p>Q^3, Q^4_a, Q^4_b - depósitos de praias antigas</p> <p>Q - depósitos da bacia de Alvarães</p>
Paleozóico	<p>D^1_a - eo-devónico (gediniano)</p> <p>S_a - silúrico (valenciano e salopiano: xistos e grauvaques, com intercalações de xistos ampelitosos com graptolitos, em geral, fortemente metamorfizados)</p> <p>ordovícico: O_e - caradociano (xistos grauvacóides e grauvaques com quartzitos intercalados)</p> <p>O_{cd} - landeiliano e possível Lanverniano</p> <p>O_b - quartzitos com cruziana e scolithus</p> <p>O_{ab} - tremadociano (conglomerados)</p>
Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico e séries metamórficas derivadas	<p>X_z - xistos e grauvaques, fortemente metamorfizados</p> <p>X_c, X_q - conglomerados e quartzitos intercalados</p>
Rochas filonianas	<p>ap - filões graníticos, apliticos e aplito-pegmatíticos</p> <p>q - filões de quartzo</p>
Rochas eruptivas	<p>π_{gm} - granito porfiróide de grão grosseiro ou grosseiro a médio</p> <p>- granito meso-melanocrático, de grão médio ou médio a fino, frequentemente porfiróide.</p> <p>π'_g - granito não porfiróide, de grão grosseiro ou grosseiro a médio</p> <p>π'_m - granito não porfiróide de grão médio</p> <p>π'_f - granito não porfiróide de grão fino</p> <p>π'' - granito alcalino, de grão médio ou grosseiro</p> <p>granodiorito de grão médio ou médio a fino, frequentemente porfiróide</p> <p>granito alcalino moscovítico</p>

Segundo a notícia explicativa da carta, existem alguns acidentes de falha que, por exemplo, limitaram parte do vale fluvial do rio Cávado. Localiza-se igualmente uma linha de falha que se inicia em Parada de Gatim e se prolonga até Barcelos, sendo esta preenchida por um filão de quartzo.

Na Carta Geológica de Portugal à escala 1/500 000 (SGP, 1992), Fig.4.3.2, observam-se outras linhas de falha que atravessam o concelho de Barcelos, em que uma delas chega a atravessar a freguesia de Creixomil.

Um esboço geológico da zona em estudo apresenta-se na Fig.4.4.2, de onde se salienta que as rochas preponderantes são granitóides, merecendo também destaque a particularidade da ocorrência de alguns filões de quartzo com muito significado.

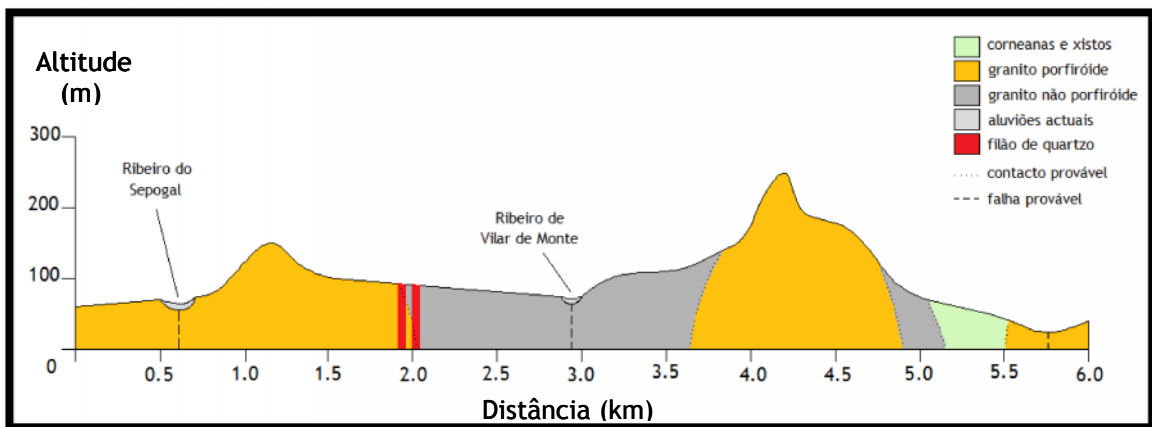


Figura 4.4.2 - Esboço geológico da zona em estudo (ver localização de corte na Fig.4.4.1).

4.4.2 Aspectos da freguesia de Creixomil

Para o local em estudo utilizou-se a Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000 (Teixeira et al., 1969), uma vez que é a carta disponível com maior detalhe para a zona em questão. Na Fig.4.4.3, apresenta-se um extracto dessa carta com os limites geográficos da freguesia de Creixomil.

As unidades geológicas mais representativas que ocorrem em Creixomil são as seguintes:

- πgm granito porfiróide de grão grosseiro ou grosseiro a médio, que é o tipo de granito que mais se encontra no concelho. Esta variedade constitui grandes afloramentos e destaca-se pelos megacrístais de feldspato abundantes e de grandes dimensões. Por vezes, encontram-se concentrações biotíticas e encraves meso-melanocráticos e melanocráticos.
- π'm granito não porfiróide de grão médio. No lugar do Outeiro o granito é calcocalcinalo de grão médio e muito microclinizado.

- S_a corneanas, xistos andaluzíticos, granatíferos e luzentes. Estes terrenos silúricos formam afloramentos rodeados de granito que os metamorfizou fortemente. São por vezes atravessados por filões graníticos, aplíticos e permatíticos.
- a aluviões actuais, ocorrem ao longo das principais linhas de águas e em particular as que atravessam os lugares de Reguengo a Outeiro.

Tal como se pode observar na carta geológica, encontram-se dois filões de quartzo paralelos na freguesia de Creixomil orientados segundo a direcção N 35° E.

Como se pode observar pela carta mencionada, Fig.4.4.3, na maioria da área respectiva à freguesia em estudo, encontra-se sobretudo granito não porfiróide e apenas em pequenas áreas a noroeste e a sudeste de Creixomil se encontra granito porfiróide. A Fig.4.4.4 apresenta imagens típicas deste tipo de unidade geológica.

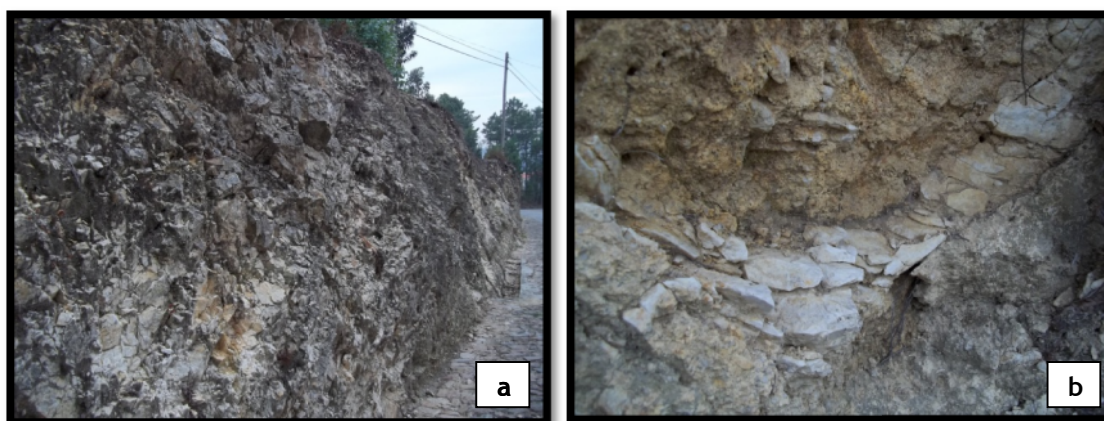


Figura 4.4.4 - Exemplos de unidades litológicas encontradas no limite entre as zonas de granitos porfiróides e granitos não porfiróides.

Na Fig.4.4.5 (a) é possível observar um talude que fica no limite entre a zona de granitos porfiróides e granitos não porfiróides a noroeste de Creixomil, onde o granito se encontra muito alterado, sendo possível observar vários filões de quartzo como se pode observar na Fig.4.4.5 (b).

A nordeste de Creixomil observa-se uma pequena área de corneanas, xistos andaluzíticos, granatíferos e luzentes; na Fig.4.4.6 apresentam-se imagens de litologias dessa unidade de rochas metamórficas.

As aluviões actuais desenvolvem-se sobretudo ao longo do traçado do Ribeiro de Vilar de Monte. Na Fig.4.4.7 é possível observar alguns pontos do desenvolvimento do ribeiro, nomeadamente em Fundões e em Manelo.



Figura 4.4.5 - Tipos de granitos que ocorrem em Creixomil: porfiróide (a) e não porfiróide (b).



Figura 4.4.6 - Unidades litológicas encontradas na zona de xistos e corneanas.

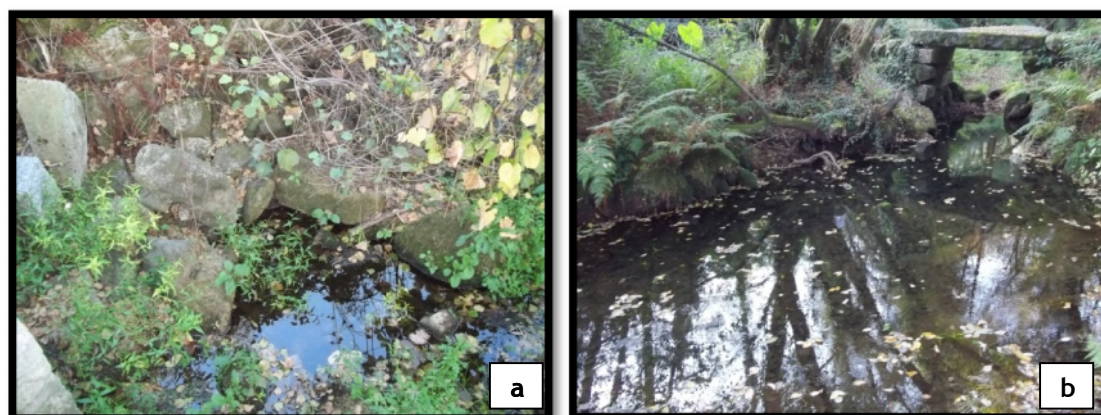


Figura 4.4.7 - Desenvolvimento do ribeiro: em Fundões (a) e em Manelo (b).

Na maioria da área geográfica de Creixomil encontram-se blocos soltos de quartzo, Fig.4.4.8 (a), que geralmente usam para construir muros divisórios de terrenos agrícolas ou bouças.

Frequentemente encontram-se blocos de granito com cristais de quartzo, feldspato e micas de maiores dimensões que os comuns, Fig.4.4.8 (b).

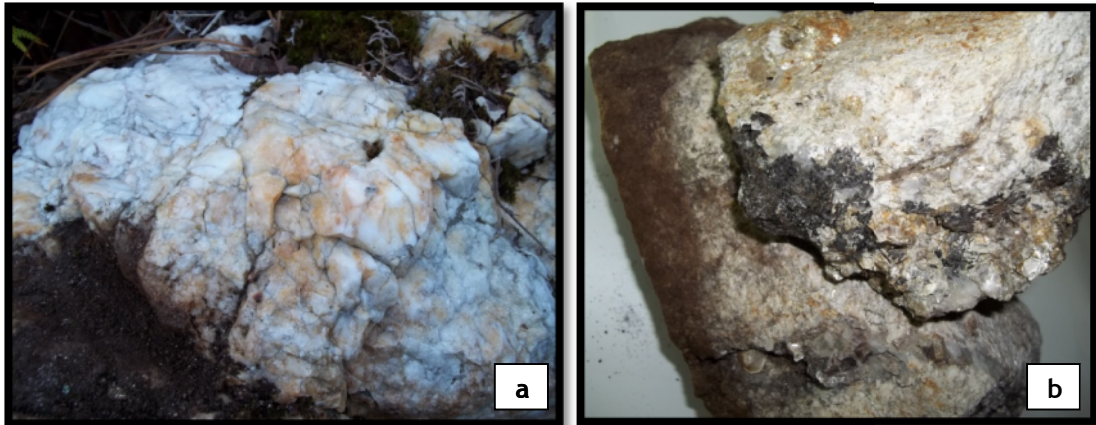


Figura 4.4.5 - Exemplos de unidades litológicas que ocorrem em Creixomil: quartzo (a) e granitos com cristais de feldspato e micas de grandes dimensões.

4.5 Aspectos Climáticos e Hidrológicos

4.5.1 Elementos climáticos

No presente item pretende-se estudar os elementos climáticos que influenciam a recarga das águas subterrâneas na zona em estudo. Para uma análise climatológica completa seria necessário considerar elementos tais como a precipitação, a temperatura, insolação, humidade relativa, velocidade do vento e evaporação. No entanto, uma vez que não existem registos de alguns destes elementos, serão utilizados apenas os elementos mais importantes para este estudo, isto é, a temperatura e a precipitação.

Para a análise destes elementos foram recolhidos os registos das estações udométricas ou climatológicas que se consideraram importantes na caracterização das bacias hidrográficas de Creixomil. Dado que a zona correspondente à freguesia é atravessada por duas bacias hidrográficas distintas, como se pode observar na Fig.4.5.1, estas serão caracterizadas em conjunto.

No traçado das bacias foi utilizada a Carta 69-1 à escala 1/10 000 (IGP, 2004), da qual é possível ver um extracto na Fig.4.3.7. As bacias de Creixomil têm uma área conjunta de 12,575 km².

As estações que se consideraram relevantes na análise são descritas na Tabela 4.5.1, tendo sido estas escolhidas pela sua proximidade à região em estudo como também pelo facto de possuírem registos de vários anos consecutivos e recentes. Inicialmente consideraram-se igualmente as estações de Esposende e de Faria, no entanto, após aplicar o Método dos Polígonos de Thiessen (*in* Lencastre e Franco, 1992), verificou-se que estas não tinham qualquer influência nas bacias de Creixomil.

Tabela 4.5.1 - Estações meteorológicas e suas características, com importância na caracterização das bacias em estudo (adaptado de SNIRH, 2011c).

Estação	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Altitude (m)	Concelho	Bacia	Tipo	Período de registos
Tamel	41,606	-8,636	164	Barcelos	Cávado	Udométrica	1979 - 2010
Barcelos	41.526	-8.624	36	Barcelos	Neiva	Climatológica	1979 - 2010
Palme	41,589	-8,713	99	Barcelos	Neiva	Udométrica	1979 - 2010

Na Fig.4.5.1 pode-se observar que o número de ordem das bacias hidrográficas de Creixomil, através do Método de Stralher (*in* Lencastre e Franco, 1992), sendo de salientar que a bacia mais representativa atinge a ordem 3.

Quanto à precipitação, recolheram-se os dados disponíveis das precipitações médias mensais ao longo de um período de 30 anos para as estações referidas, sendo possível determinar a precipitação mensal média para cada uma das estações, apresentadas na Tabela 4.5.2.

Tabela 4.5.2 - Precipitação mensal média para o período de 1979 a 2010 para as estações da zona de Creixomil (adaptado de SNIRH, 2011c).

Estações	Precipitação mensal média de 79/80 a 09/10 (mm)											
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Palme	168,7	192,5	210,0	178,5	136,0	103,3	124,7	111,0	45,1	27,3	36,4	86,7
Barcelos	91,8	107,8	116,3	93,4	69,6	68,7	62,0	46,6	22,7	13,2	15,3	40,4
Tamel	203,1	222,9	272,1	228,5	165,4	149,8	160,5	132,2	59,9	30,5	39,1	102,6

Tal como se pode observar pela tabela anterior, o mês com maior precipitação é Dezembro e o que menor precipitação apresenta é o mês de Julho.

Aplicando o Método dos Polígonos de Thiessen, determinou-se a área de influência de cada estação na área das bacias hidrográficas de Creixomil, como se pode observar na Fig.4.5.2

A estação de Barcelos é a que mais influência tem na área das bacias hidrográficas de Creixomil, sendo a estação de Tamel a que possui menor influência. Os resultados para a precipitação ponderada mensal para as bacias hidrográficas de Creixomil apresentam-se na Tabela 4.5.3.

Tabela 4.5.3 - Precipitação ponderada mensal para as bacias hidrográficas de Creixomil.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
P _{ponderada} (mm)	120,7	90,6	80,4	82,1	66,8	29,9	17,6	21,9	55,0	116,2	134,4	146,5	962,0

Comparando o valor de precipitação total anual na área das bacias em estudo de 962 mm com o Atlas do Ambiente, para a precipitação no período de 1931 a 1960, Fig.4.5.3, verifica-se que a precipitação obtida para anos mais recentes reduziu na ordem dos 100 a 300mm por

ano, sendo de salientar que nos cálculos a efectuar para a avaliação das reservas, se vai considerar o valor no presente trabalho calculado, não só porque se considera mais rigoroso à realidade, como também é o mais conservador.

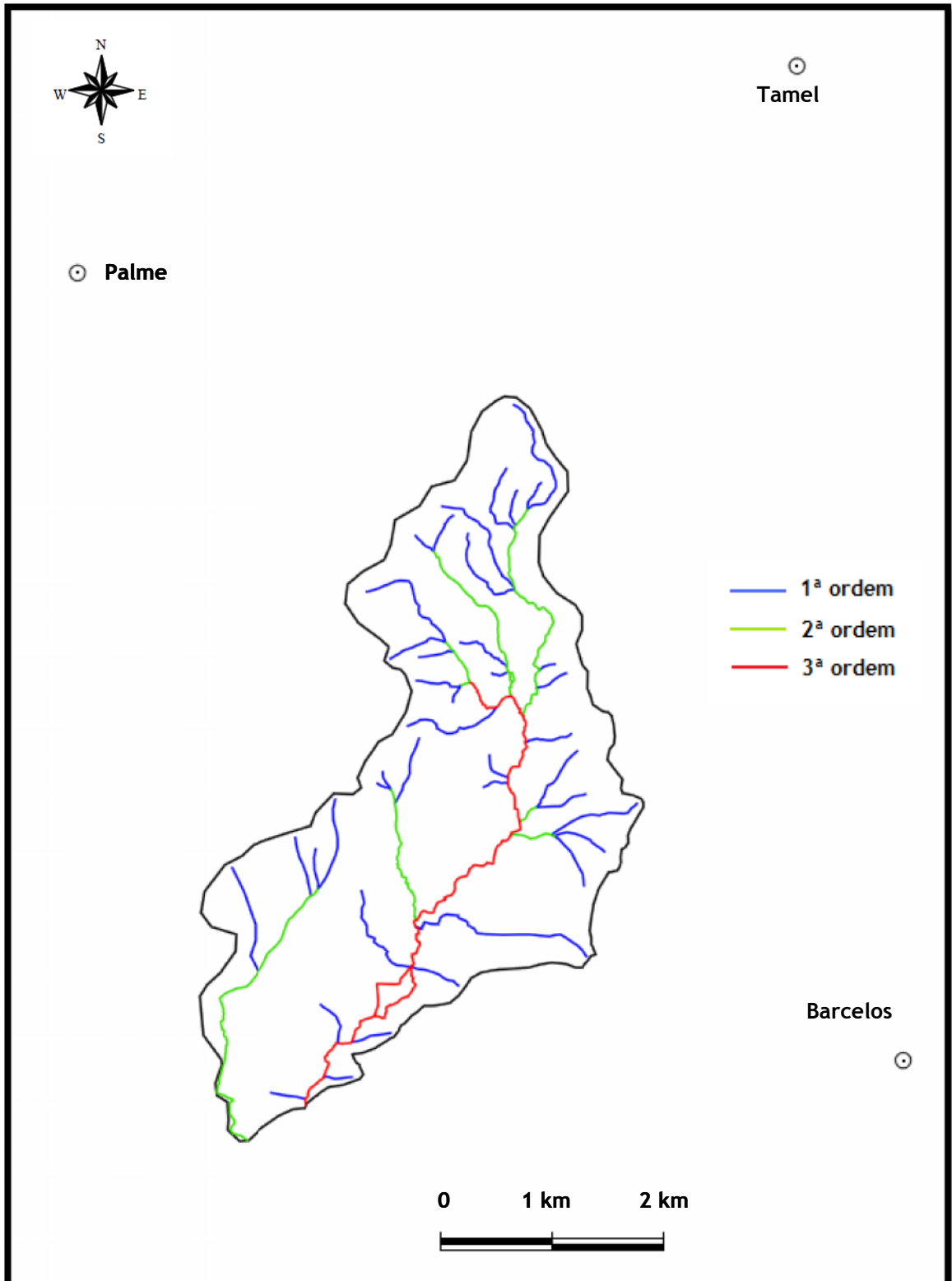


Figura 4.5.1 - Bacias hidrográficas de Creixomil e estações udométricas com influência nas mesmas.

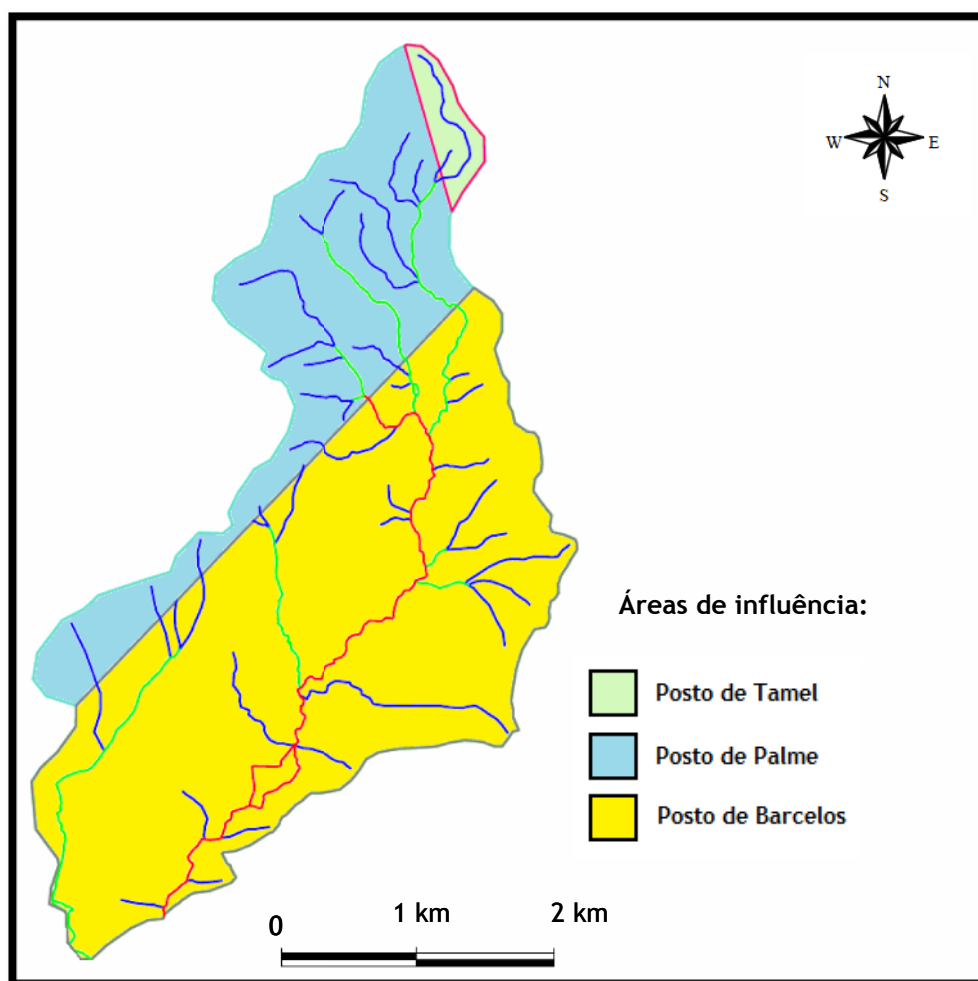


Figura 4.5.2 - Áreas de influência calculadas pelo Método de Thiessen para o cálculo da precipitação ponderada mensal, para as bacias hidrográficas da freguesia de Creixomil.

Relativamente à temperatura, sabe-se que existem poucas estações com registos de temperatura em Portugal, no entanto, a estação climatológica de Barcelos possui registos por um período de mais de 25 anos desde 1981 a 2010.

Dada a proximidade desta estação às bacias em estudo, serão considerados os valores de temperatura média mensal disponíveis na estação de Barcelos (Tabela 4.5.4).

Tabela 4.5.4 - Temperatura média mensal para a estação climatológica de Barcelos no período de 1981/2010 (adaptado de SNIRH, 2011c).

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	Anual
Média (°C)	15,8	12,3	10,2	8,8	10,0	12,1	13,4	15,7	18,9	20,8	20,8	18,9	14,80
Máxima (°C)	18,9	14,7	13,3	10,8	12,9	16,2	16	17,7	20,8	22,9	22,6	21,1	17,33
Mínima (°C)	13,2	10,1	8,2	7,0	6,9	9,5	10,3	12,7	16,8	18,9	18,5	16,9	12,42

Comparando os valores calculados de temperatura média mensal para a estação de Barcelos, de aproximadamente 15°C, com os valores observados no mapa de temperatura em Portugal

do Atlas do Ambiente Digital, para o período de 1931 a 1960, Fig.4.5.4, verifica-se que a temperatura média anual ainda se mantém no intervalo de 12,5 e 15°C, apesar de já se encontrar no limite superior deste intervalo, o que poderá ser uma indicação que a temperatura está gradualmente a aumentar.

Assim, nesta fase verificou-se que nas últimas décadas ocorreu uma diminuição da precipitação e em simultâneo um ligeiro aumento de temperatura. Estes indicadores orientam no sentido dos recurso hídricos disponíveis na região do Creixomil, terem vindo a baixar ao longo das últimas décadas.

4.5.2 Balanço hidrológico

No cálculo do balanço hidrológico sequencial mensal foi seguida a proposta de Thornthwaite e Mather (*in* Lencastre e Franco, 1992) dada pela seguinte expressão:

$$P - (ETR + VS_{so}) = R + VS_s + G + VS_{sso} \quad (4.1)$$

onde cada parâmetro representa o seguinte:

- P, é a precipitação,
- ETR, é a evapotranspiração real,
- R e G, são os escoamentos superficiais e subterrâneos, respectivamente.
- VS_s, VS_{so} e VS_{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:

$$ETP = K \times ETPo \text{ (mm/mês)} \quad (4.2)$$

em que:

- ETPo, é a evapotranspiração potencial média para meses teóricos de 30 dias e 12 horas de luz solar por dia, num local do equador de latitude zero, sendo:

$$ETPo = 16 (10 \times t/I)^a \text{ (mm/mês)} \quad (4.3)$$

em que:

- t, é a temperatura média diária do mês (°C),

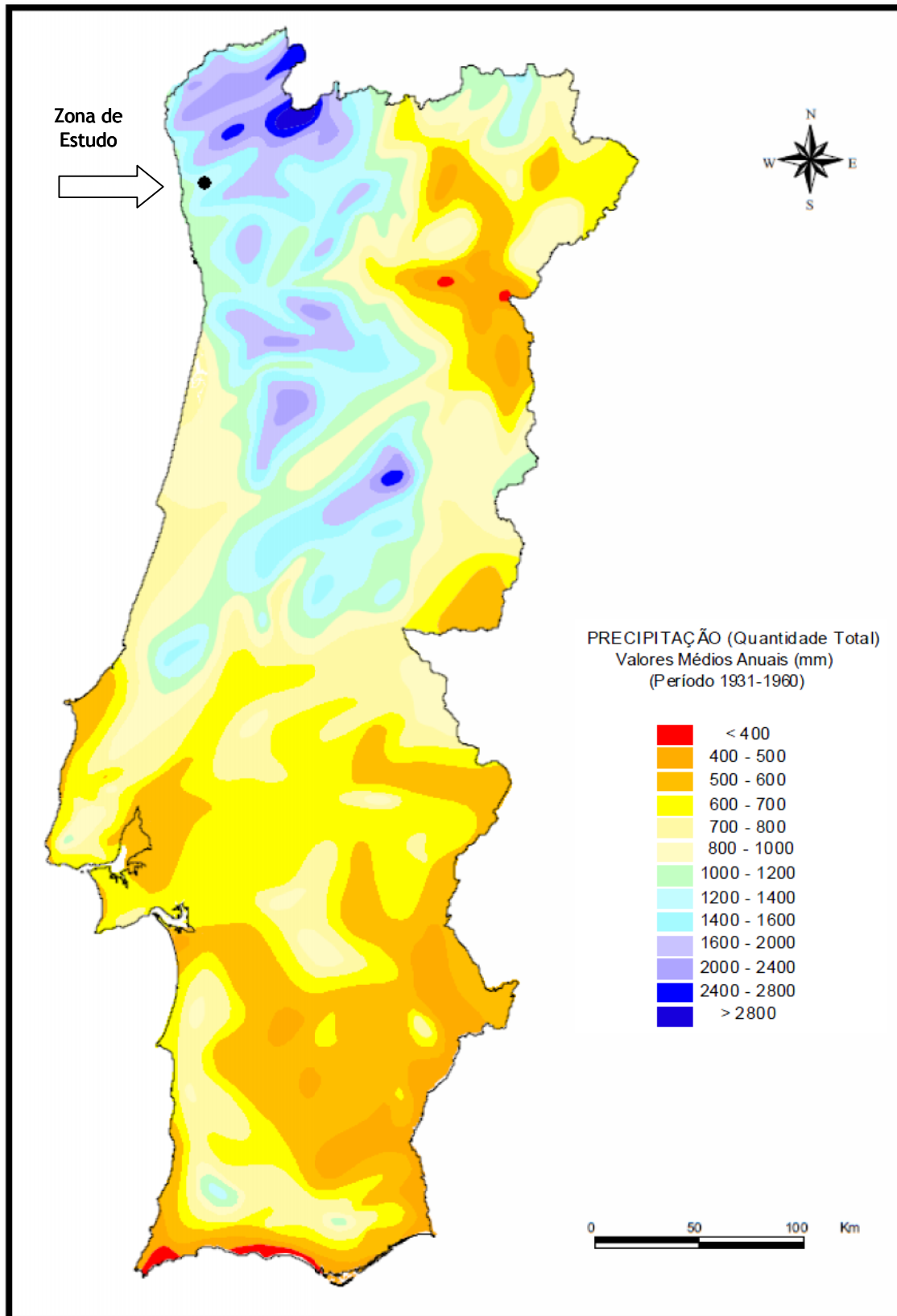


Figura 4.5.3 - Mapa de precipitação em Portugal Continental (adaptado do Atlas do Ambiente Digital, in Ferreira, 2000).

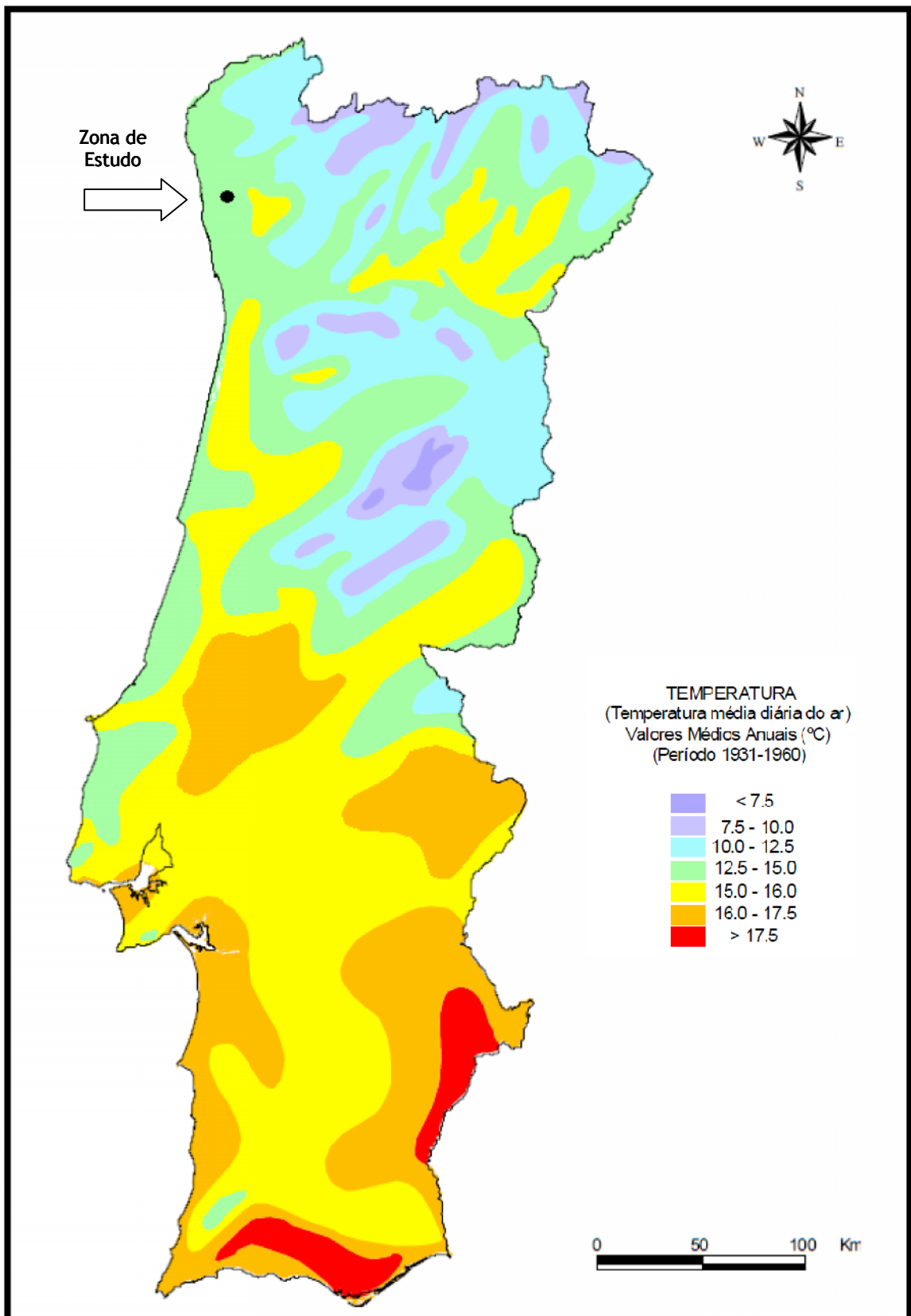


Figura 4.5.4 - Mapa de temperatura em Portugal Continental (adaptado do Atlas do Ambiente Digital, *in* Ferreira, 2000)

- a, é um parâmetro dado pela seguinte equação:

$$a = (675 \times 10^{-9} \times I^3) - (771 \times 10^{-7} \times I^2) + (179 \times 10^{-4} \times I) + 0,49 \quad (4.4)$$

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

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad (4.5)$$

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

$$i = (t/5)^{1,5} \quad (t \text{ em } ^\circ\text{C}) \quad (4.6)$$

- K, factor correctivo, é um parâmetro que depende do nº de horas de luz solar do dia, função da latitude do lugar, sendo determinado de acordo com valores tabelados em Quintela (1996).

Os resultados dos cálculos para a determinação de ETP apresentam-se na Tabela 4.5.5.

Tabela 4.5.5 - Resultados da evapotranspiração potencial mensal na zona de Creixomil.

Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
T (°C)	9	10	12	13	16	19	21	21	19	16	13	11
i (°C) ^{1,5}	2,4	2,8	3,7	4,2	5,7	7,4	8,6	8,6	7,4	5,7	4,2	3,3
ETP0 (mm/mês)	26,6	31,2	41,0	46,2	63,1	81,7	94,9	94,9	81,7	63,1	46,2	36,0
K	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8
ETP (mm/mês)	22,1	25,9	42,2	51,3	78,9	102,9	120,5	112,9	84,9	60,6	37,9	28,8

Os resultados do balanço hidrológico, apresentam-se de uma forma numérica e gráfica na Tabela 4.5.6 e Fig.4.5.5, respectivamente; os diversos termos apresentados na referida tabela, definem-se de acordo com o seguinte:

- P, é a precipitação média mensal,

- ETP, é a evapotranspiração potencial,

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

$$L(i) = \sum_{j=1}^i (P - ETP)_j \quad , \quad (L < 0) \quad (4.7)$$

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

- S_{so} , 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:

$$(S_{so})_i = (n_u \times e^{L/n_u})^i \quad (4.8)$$

. no período húmido:

$$(S_{so})_i = (P - ETP)_i + (S_{so})_{i-1}, \text{ se } S_{so} < n_u \quad (4.9)$$

até completar a capacidade utilizável pelas plantas, que se considera $n_u=100\text{mm}$.

- VS_{so} , é a variação do armazenamento de água em cada intervalo de tempo, ou seja:

$$VS_{so}_i = S_{so}_i - S_{so}_{i-1} \quad (4.10)$$

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

$$ETR_i = ETP_i \quad (VS_{so} \geq 0) \quad (4.11)$$

$$ETR_i = (P - VS_{so})_i \quad (VS_{so} < 0) \quad (4.12)$$

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

$$(DH)_i = (ETP - ETR)_i = (ETP + VS_{so} - P)_i, \quad (VS_{so} < 0) \quad (4.13)$$

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

$$(SH)_i = [P - (ETP + VS_{so})]_i, \quad (VS_{so} \geq 0) \quad (4.14)$$

Pelos resultados do balanço hídrico pode-se concluir que existe um período seco e um período húmido. O período seco é traduzido pelos défices hídricos DH que decorrem entre Maio e Outubro, com o valor máximo a ocorrer no mês de Agosto. O período húmido é traduzido pelo superavit hídrico SH , que decorre entre Outubro e Abril, atingindo um excesso máximo de água em Dezembro.

Tabela 4.5.6 - Resultados do balanço hidrológico (l/m²) sequencial mensal para Creixomil - Barcelos.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
P	120,7	90,6	80,4	82,1	66,8	29,9	17,6	21,9	55,0	116,2	134,4	146,5	962,0
ETP	22,1	25,9	42,2	51,3	78,9	102,9	120,5	112,9	84,9	60,6	37,9	28,8	768,8
P-ETP	98,6	64,8	38,2	30,8	-12,1	-73,0	-102,9	-91,0	-29,9	55,6	96,5	117,7	193,2
L	-	-	-	-	-12,1	-85,1	-187,9	-279,0	-308,9	-	-	-	-
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	88,6	42,7	15,3	6,1	4,6	60,2	100,0	100,0	-
Vsso	0,0	0,0	0,0	0,0	-11,4	-45,9	-27,5	-9,1	-1,6	55,6	39,8	0,0	0,0
ETR	22,1	25,9	42,2	51,3	78,2	75,8	45,1	31,0	56,6	60,6	37,9	28,8	555,3
DH	-	-	-	-	0,7	27,1	75,4	81,9	28,3	-	-	-	213,5
SH	98,6	64,8	38,2	30,8	-	-	-	-	-	0,0	56,7	117,7	406,7

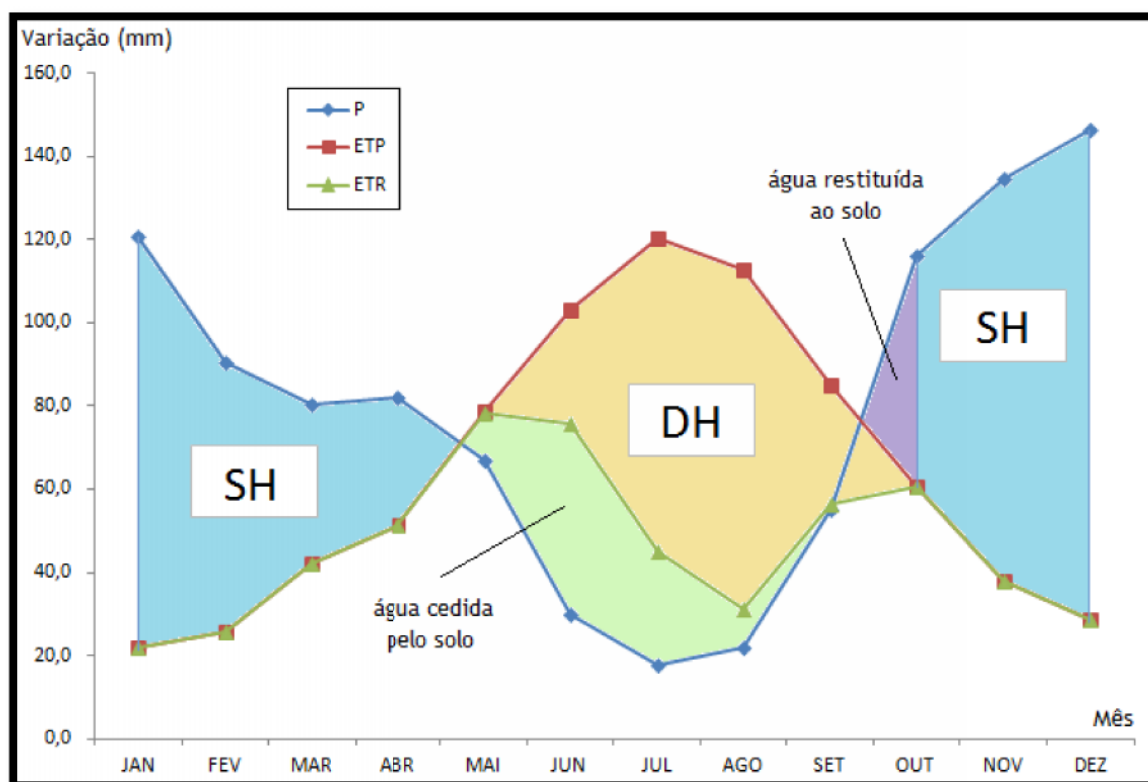


Figura 4.5.5 - Diagrama do balanço hidrológico sequencial mensal para a freguesia de Creixomil.

4.5.3 Recarga aquífera e reservas

No período húmido, o superavit divide-se em duas parcelas: o escoamento superficial (R) e escoamento subterrâneo (G), ou seja:

$$SH = R + G = 406,7 \text{ l/m}^2$$

Os excedentes anuais de 406,7 l/m² sugerem à partida uma modesta recarga aquífera, no entanto tendo em conta que a verificarem-se as áreas de recarga consideradas como as áreas das bacias de Creixomil, com cerca de 12,575 km², que existem factores que facilitam a

infiltração e conseqüentemente a recarga, nomeadamente o facto de os declives serem, no geral, modestos, comportando zonas onde os maciços graníticos estão por vezes muito alterados e geralmente muito fracturados, e ainda o facto de haver uma cobertura vegetal significativa, que promove o processo de infiltração.

Considerando que a zona de estudo é relativamente similar à região de Penamacor, essencialmente constituída por rochas graníticas, admite-se tal como Soeiro (2009) uma relação G/SH de 35%, e conseqüentemente resulta uma taxa de infiltração de recarga para as reservas aquíferas de 142 mm/ano. Este valor corresponde a uma taxa de 14,8% relativamente à precipitação total anual, estando de acordo com que é comum em outras regiões graníticas, como por exemplo na Serra da Estrela, em que a partir de estudos com registos de precipitações e conseqüentes registos de caudais, realizando as curvas de esgotamento e devidas interpretações, Mendes et al (2008) apontam para uma taxa de infiltração de 15% em relação à precipitação total, para a recarga de água subterrânea.

Assim, neste estudo, será considerada uma taxa de infiltração de 15% da precipitação total para recarga. Tendo em conta a área total das bacias hidrográficas de Creixomil, determina-se uma recarga anual média de $1,8 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Caso existisse apenas um único ponto de escoamento para as bacias de Creixomil, seria possível extrair um caudal virtual de 57 l/s continuamente durante um ano de 365 dias. No entanto, dado que existem muitos pontos de água ao longo da área em estudo, e que a partir destes é extraída água de forma contínua ou intermitente, acredita-se que a ordem de grandeza deste valor ocorrerá na realidade, pois, por exemplo, ao se considerar o número de pontos de água inventariados na área de estudo (213) resulta um caudal médio, em contínuo, de 0,27 l/s, valor que é consistente com o que é comum na zona.

De qualquer modo estas análises poderiam ser mais consistentes, se se fizesse um estudo mais apurado, do que o presente, com o controlo rigoroso da extracção de caudais em todos os pontos de água, e ao longo do ano, situação que não se verificou devido às contingências do presente trabalho, que é apenas académico e sem meios materiais e económicos adequados a tal situação, além da limitação temporal, pois integra-se no âmbito de um mestrado a concluir em poucos meses.

Um contributo no sentido de averiguar se as reservas recebem água apenas da que é directamente infiltrada nas bacias de Creixomil, poder-se-á obter a partir da análise da qualidade da água dos vários pontos de água existentes nas mesmas. Se os pontos de água fossem todos com pouca mineralização, indicariam que com grande probabilidade não haveria contributos de águas profundas oriundas de outras bacias. A hipótese de haver contributos de outras bacias, é provável que se verifique, pois ocorrem filões de grande extensão e ainda fracturas que poderão transportar água de regiões distantes para a zona de Creixomil. O item

seguinte, com a análise de pontos de água e características do seu recurso permitirá efectuar mais reflexões sobre este assunto.

4.5.4 Pontos de água

4.5.4.1 Introdução

Para se obter uma melhor compreensão dos aspectos hidrogeológicos da zona em estudo, bem como para se adquirir uma noção genérica da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos da freguesia de Creixomil, procedeu-se ao levantamento dos pontos de água existentes, com a excepção daqueles que não eram fisicamente acessíveis ou para os quais não havia permissão de aceder.

No total, contabilizaram-se 202 pontos de água a partir dos quais foi possível recolher água e ainda mais 11 pontos que na altura da amostragem não produziam água, mas que se sabe produzirem em época húmida. Todos estes pontos de água são essencialmente constituídos por poços, furos, minas, nascentes, presas e localmente no ribeiro de Vilar de Monte.

Na Fig.4.5.6, é possível observar os locais de todos os pontos de água, em que se efectuou amostragem para medição dos seus parâmetros físico-químicos, dentro dos limites geográficos da freguesia de Creixomil.

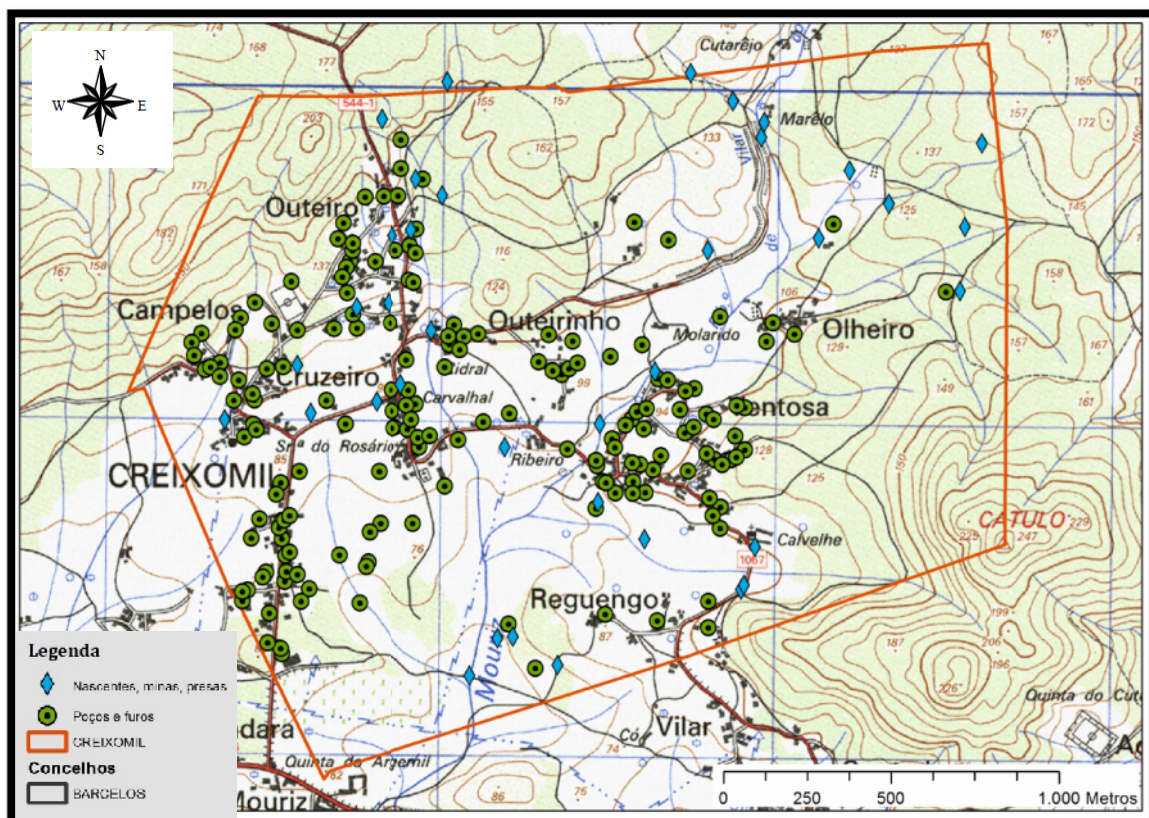


Figura 4.5.6 - Localização dos pontos de água para a zona em estudo com os limites geográficos de Creixomil.

Em cada ponto, salienta-se que foi recolhida uma amostra de água, sendo esta submetida a uma análise de carácter físico-químico expedita. Os parâmetros medidos foram a condutividade, a resistividade, a temperatura, o pH, o TDS e o potencial redox.

4.5.4.2 Caracterização dos pontos de água

→ Poços

Os poços são os pontos de água mais frequentes na freguesia de Creixomil, totalizando-se 155 unidades analisadas. A profundidade destes varia entre um mínimo de 4 metros e um máximo de 19,5 metros. São geralmente de formato circular em planta, embora pontualmente se tenha observado poços quadrangulares, sendo os diâmetros variáveis embora respeitem as dimensões normalizadas das manilhas de cimento que geralmente os revestem, sendo mais frequentes os diâmetros de 1,5 metros.

Regra geral, são captações resultantes de escavações em linha vertical até encontrarem uma nascente de água, ou o nível freático, sendo por vezes construídas minas ou galerias distribuídas radialmente ao longo do poço. O comprimento destas minas é variável, chegando a atingir várias dezenas de metros.

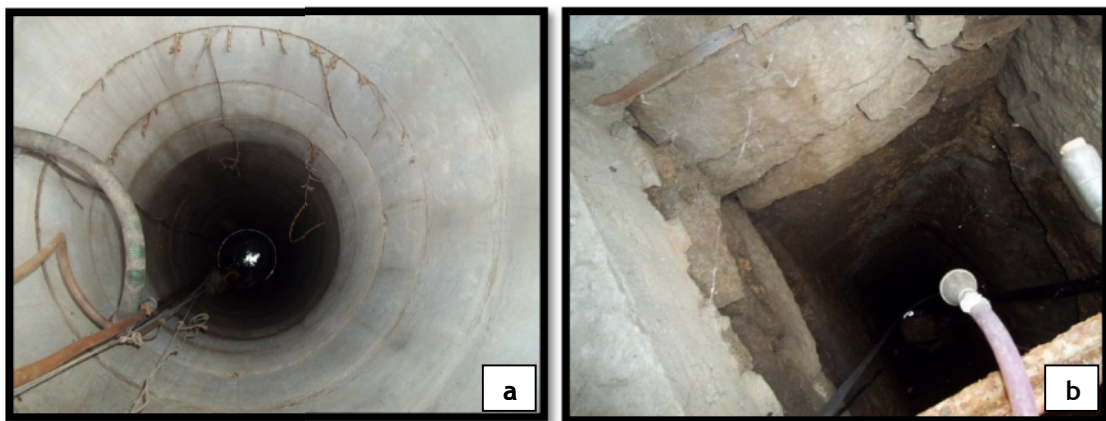


Figura 4.5.7 - Exemplos de poços típicos da freguesia de Creixomil.

Estes pontos de água, como já se referiu, são geralmente revestidos por manilhas de cimento, Fig.4.5.7 (a), embora em poços mais antigos se tenha verificado o uso de blocos irregulares de rocha de natureza granítica, ou então escavados no próprio maciço rochoso, como se pode observar na Fig.4.5.7 (b).

Os poços encontram-se essencialmente em prédios residenciais mas também em terrenos agrícolas para fins de rega. A escolha do local para a sua construção foi efectuada com recurso a “vedores”, isto é, pessoas que utilizavam um ramo de árvore em forma de “y” para indicar os locais onde circulava água. Esta prática é ainda hoje utilizada.

→ Furos

Os furos são um tipo de captação para extracção de água, pouco frequente, no local de estudo. No total, foram referenciados 21 furos, com profundidades a variar entre os 30 e os 202 metros e diâmetros internos frequentemente de 5^{1/2}”.



Figura 4.5.8 - Exemplo típico da cabeça de um furo localizado em Creixomil.

Estes foram realizados com sondas clássicas, utilizando a perfuração do tipo rotopercussão com auxílio de ar comprimido. Estão geralmente revestidos com tubos de PVC ao longo de toda a sua extensão e com ralos geralmente abaixo dos 15 m.

No caso destas captações, foram efectuados os registos dos parâmetros físico-químicos em amostras recolhidas da torneira, quando se tinha a certeza de que a água era directa do furo, ou seja, não era filtrada ou tratada, nem tinha origem no armazenamento em depósitos.

→ Minas e Nascentes

Foram referenciadas no total 20 minas e 7 nascentes dentro dos limites geográficos da freguesia de Creixomil. Uma parte significativa destes pontos de água encontra-se em más condições de conservação ou até mesmo em abandono.

As águas provenientes de mina são geralmente conduzidas para presas de água, através de percursos ao ar livre ou mediante tubagem subterrânea. Em alguns casos só é possível observar a circulação da água quando esta chega ao seu destino final em fontes ou tanques, pois a boca da mina encontra-se no subsolo. Algumas delas atingem o comprimento de várias dezenas de metros, como por exemplo a Mina das Grimias, Fig.4.5.9.



Figura 4.5.9 - Exemplo de uma mina no seu interior e na sua boca, da freguesia de Creixomil: Mina das Grimas.

As dimensões das bocas das minas variam pouco entre todas, apresentando em média uma abertura aproximadamente de 0,6 x 0,6 metros.

Em relação às nascentes, a água por elas produzida são igualmente conduzidas para presas de água ou canalizadas na fonte e transportadas mediante tubagem própria para outros locais.

Quanto às minas, foram recolhidas amostras nas bocas das mesmas, sendo calculado o caudal sempre que possível. O mesmo foi aplicado quanto às nascentes.

Torna-se importante referir que a nascente de Vila Espinhosa (N5), Fig.4.5.10, e a nascente de Baloucos (N1) que ficam nos limites da freguesia de Creixomil com a freguesia de Vilar de Monte, apesar de saírem ligeiramente dos limites cartográficos actuais da freguesia em estudo, sabe-se que em limites passados estas pertenciam a Creixomil. Assim sendo, foram recolhidas amostras das mesmas para o presente estudo.



Figura 4.5.10 - Exemplo de captações directamente em nascentes, na freguesia de Creixomil: Nascente de Vale Espinhosa.

De todas as minas ou nascentes referenciadas destaca-se a mina de Fonte Boa uma vez que, ao contrário da maioria dos outros pontos de água, esta apresenta valores de TDS relativamente baixos e um pH dentro dos limites consideráveis apropriados para consumo humano. Esta mina com a designação de M7, Fig.4.5.11, localiza-se perto dos limites da freguesia de Creixomil a nordeste, numa zona de monte e a uma altitude de 128 metros. Este assunto voltará a ser analisado com mais detalhe no item de apresentação e tratamento dos resultados.



Figura 4.5.11 - Boca da Mina de Fonte Boa e curso de água a jusante da mesma.

→ Presas

As presas referenciadas neste estudo são o que localmente é designado por “poça”. Foram referenciadas no total 6 presas, dentro dos limites geográficos da freguesia de Creixomil. Estes pontos de água específicos geralmente são alimentados por tubagem a partir de minas, e nascentes locais a distâncias variáveis, onde em alguns casos a origem da água se encontra na sua base.

No caso das presas que se encontravam a grandes distâncias consideráveis das minas que as abastecem, foram realizadas medições tanto na mina de origem como na presa, para se poderem tirar ilações eventuais da variação da qualidade de água.

Quanto às presas que se situam a jusante de ponto de água, e a escassos metros do mesmo, procedeu-se à medição paramétrica de amostras de água da presa.

Não são aqui consideradas as presas que existem a jusante das minas ou das nascentes que já foram inventariadas no ponto anterior.

Destes pontos de água destaca-se a Poça da Aldeia, Fig.4.5.12, que é alimentada através de canalização desde a nascente do Cidral. Esta presa serve de reservatório de água para posterior uso dos seus consortes na rega dos terrenos agrícolas.



Figura 4.5.12 - Exemplo de captações em presas, na freguesia de Creixomil: Poça da Aldeia

→ Ribeiro de Vilar de Monte

Para a análise deste curso de água foram recolhidas três amostras de água ao longo do seu percurso. As altitudes dos vários locais, em associação aos seus resultados, podem ser observadas na Fig.4.5.13. Na Fig.4.5.14 apresentam-se imagens de alguns pontos de registo.

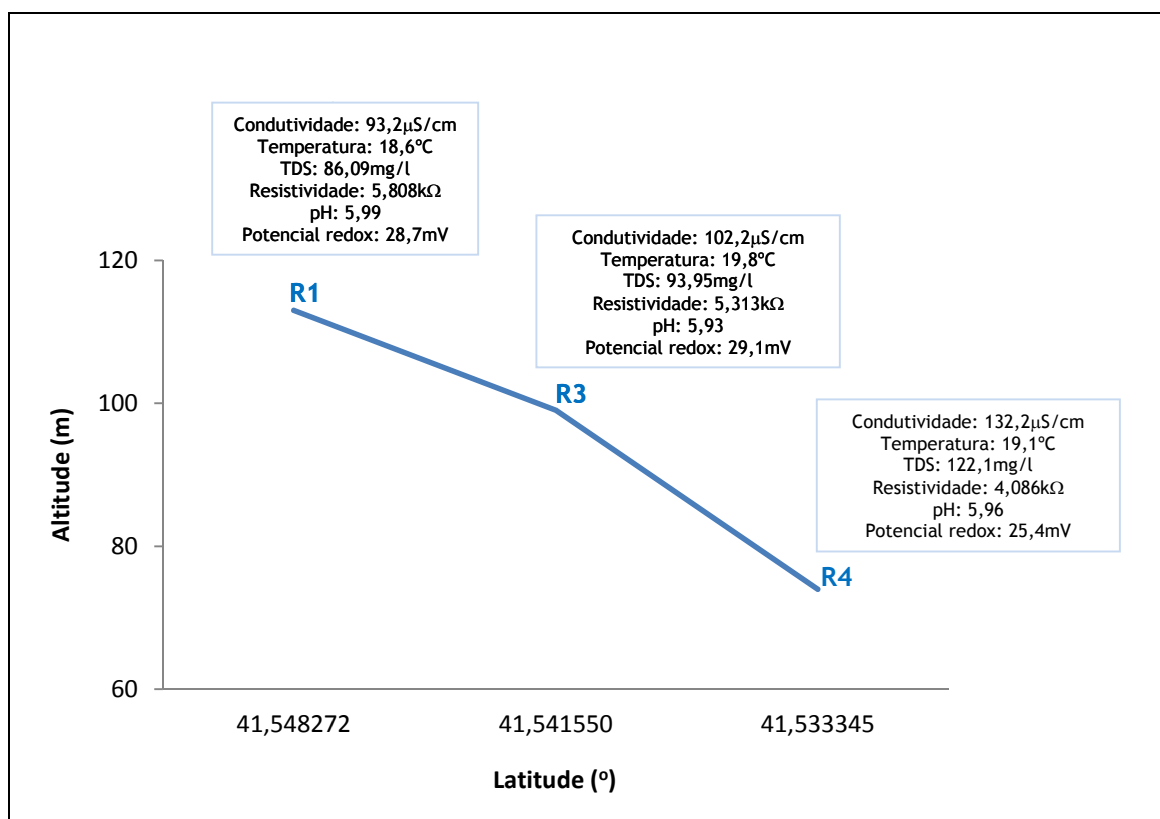


Figura 4.5.13 - Variação dos parâmetros físico-químicos ao longo da Ribeiro de Vilar de Monte, em locais da freguesia de Creixomil.



Figura 4.5.14 - Imagens dos locais dos pontos R3 e R4 do Ribeiro de Vilar de Monte, onde se recolheram amostras de água, para registar os seus parâmetros físico-químicos em estudo.

Deve ser ainda referido que foi recolhida uma amostra de água de um rego afluente do ribeiro, tendo esta sido submetida a análise paramétrica.

4.5.4.3 Apresentação e tratamento de resultados

→ Abordagem estatística simples

Os resultados obtidos nos vários pontos de água apresentam-se detalhadamente tabelados em Anexo. Para cada ponto, apresenta-se o nome do local, as suas coordenadas geográficas, altitude, tipo de ponto de água (poço, furo, ou outro), profundidade, litologia, aplicação actual do recurso e seus parâmetros físico-químicos (temperatura - T, pH, potencial redox - Eh, condutividade - c, resistividade - ρ e total de sólidos dissolvidos - TDS).

A partir dos dados dos parâmetros físico-químicos recolhidos no campo foi possível sintetizar toda a informação e obter uma abordagem estatística da mesma, com a qual se construiu a Tabela 4.5.7.

Tal como se pode observar na referida tabela, os valores de cada parâmetro variam bastante entre si, o que leva a concluir que apesar da área em estudo ser relativamente pequena, esta é constituída por elementos que propiciam diferentes propriedades às águas conforme o local em causa.

Para uma análise mais detalhada dos resultados efectuaram-se os histogramas individuais das várias variáveis ou parâmetros registados, apresentados nas Figuras 4.5.14 e 4.5.15 e ainda os gráficos dos vários parâmetros individuais função da profundidade apresentados nas Figuras 4.5.16 a 4.5.21. Nestes últimos gráficos, salienta-se que os pontos de água correspondentes ao ribeiro, nascentes, presas e minas, foram registados com profundidade zero, 1, 2 e 3 metros respectivamente, para poderem ter leitura nos gráficos, que se enfatiza, não serem muito diferentes da realidade.

Tabela 4.5.7 - Resultados estatísticos dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas recolhidas em campo na freguesia de Creixomil.

	Condutividade c ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperatura T ($^{\circ}\text{C}$)	Total de Sólidos Dissolvidos TDS (mg/l)	Resistividade ρ ($\text{k}\Omega$)	pH	Potencial Redox Eh (mV)
Nº de ensaios	202	202	202	202	202	202
Valor mínimo	56,84	14,5	52,70	1,027	4,28	-57,8
Valor médio	192,68	18,3	177,61	3,540	5,35	63,3
Valor máximo	644,60	25,1	589,40	9,429	7,50	120,2
Mediana	182,60	18,0	167,80	2,964	5,31	66,1
Moda	246,90	17,8	145,60	1,670	5,46	84,1
Desvio padrão	94,81	1,7	87,30	1,813	0,47	26,4

A condutividade varia de 56,84 a 644,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com um valor médio de 192,68 $\mu\text{S}/\text{cm}$; os valores mais frequentes estão no intervalo entre 150 e 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig.4.5.14). Um análise detalhada do gráfico da Fig.4.5.16, permite desde já referir que os valores mais elevados estão associados a alguns poços, e essa situação poderá resultar da ocorrência de alguma poluição da água subterrânea nesses pontos de água, em especial aqueles que têm valores de condutividade entre 250 e 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A temperatura varia de 14,5 a 25,1 $^{\circ}\text{C}$, com um valor médio de 18,3 $^{\circ}\text{C}$; os valores mais frequentes estão no intervalo entre 17 e 18 $^{\circ}\text{C}$ (Fig.4.5.14). Um análise detalhada do gráfico da Fig.4.5.17, não permite adiantar nada de conclusão especial, salvo a particularidade de se entender que alguns valores são ligeiramente acima do esperado para águas subterrâneas normais; tal situação poderá estar associada ao facto das colheitas/registos serem efectuados em época de Verão e poder acontecer que a tubaria associada em particular aos furos poderia estar quente, apesar de se ter esperado algum tempo com a torneira a debitar para a amostragem, e assim influenciar a temperatura registada.

O Total de Sólidos Dissolvidos varia entre 52,7 e 589,40 mg/l, com um valor médio de 177,61mg/l; os valores mais frequentes estão no intervalo entre e 150 e 200 mg/l (Fig.4.5.14). Um análise detalhada do gráfico da Fig.4.5.18, permite referir, também neste parâmetro tal como na condutividade, que os valores mais elevados estão associados a alguns poços e uma mina, e essa situação poderá resultar da ocorrência de eventual poluição da água subterrânea desses pontos de água, em especial aqueles que têm valores de TDS entre 220 e 600 mg/l.

A resistividade varia entre 1,027 e 9,429 k Ω , com um valor médio de 3,540 k Ω ; os valores mais frequentes estão no intervalo entre 2,0 e 3,0 k Ω (Fig.4.5.15). Um análise detalhada do gráfico da Fig.4.5.19, e cruzando os valores com os tabelados em anexo, verifica-se que os valores que se têm apontado como mais elevados de C e TDS, são aqui os mais baixos em resistividade, incluindo a resistividade da água de uma mina e que corresponde ao ponto M11 (em Anexo); os valores de ρ inferiores a 1,8 k Ω têm grande possibilidade de estar associados a contaminações.

O pH varia entre 4,28 e 7,50, com um valor médio de 5,35; os valores mais frequentes estão no intervalo entre 5,0 e 5,5 (Fig.4.5.15). Um análise detalhada do gráfico da Fig.4.5.20, e cruzando também aqui, os valores com os tabelados em anexo, verifica-se que os valores que se têm apontado como mais elevados de C e TDS, e ρ mais baixo, são aqueles que no pH aparecem mais baixos, incluindo a referida mina (M11) e enfatiza-se a situação do poço mais evidente P134 (ver Anexo) que apresenta um pH de 4,28. Entende-se que os pontos de água com valores de pH inferiores a 5,0 indiciam algum potencial de contaminação e que são essencialmente poços (Fig.4.5.20).

Por fim, o potencial redox varia entre -57,8 e 120,2 mV, com um valor médio de 63,3; os valores mais frequentes estão no intervalo entre 50 e 75 mV (Fig.4.5.15). Uma análise detalhada do gráfico da Fig.4.5.21, e cruzando também aqui, os valores com os tabelados em anexo, verifica-se que os valores que se têm apontado como mais elevados de C e TDS, e mais baixos em ρ e pH, são aqueles que aqui no Eh aparecem mais elevados, incluindo a referida mina (M11), o poço P134, e junta-se todos os pontos com Eh superiores a 95 mV, incluindo os Furos que correspondem aos pontos F131 e F168 (ver Anexo). Os pontos de água com Eh superiores a 95 mV entende-se terem forte potencial de se apresentarem contaminados.

Uma particularidade interessante é o facto de ocorrerem valores de Eh negativos e em particular os Furos F24, F67, F133 e F136, com profundidades respectivamente de 92, 202, 100 e 100 m. A estes pontos associam-se valores de pH dos mais elevados, ou seja de 6,5 a 7,5 e ainda condutividades entre 165 e 261 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e ainda TDS 153 e 241 mg/l, valores que indiciam circulação relativamente profunda. Estes resultados, orientam para que na zona das bacias de Creixomil, recebam águas subterrâneas oriundas de outras bacias mais distantes.

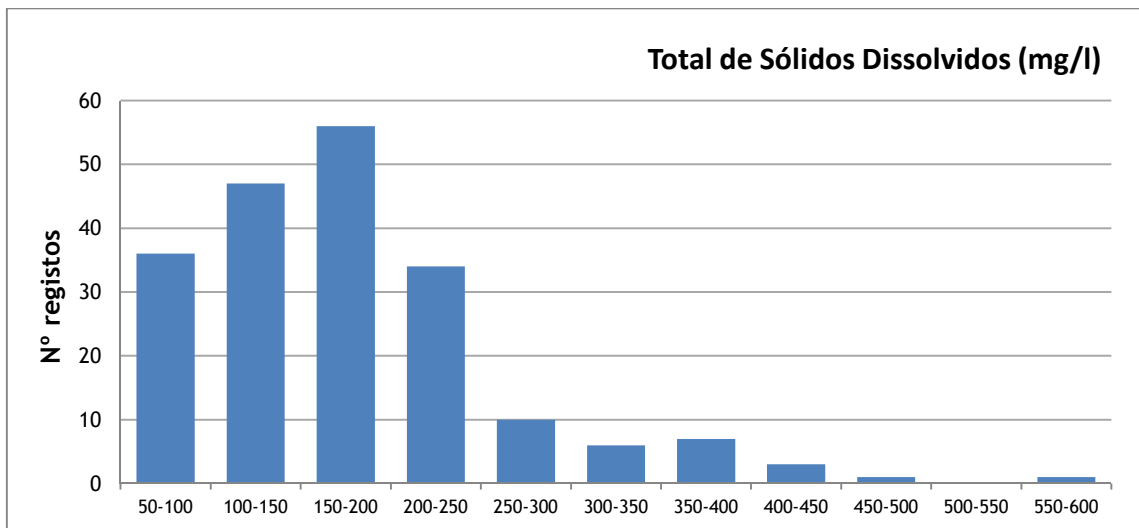
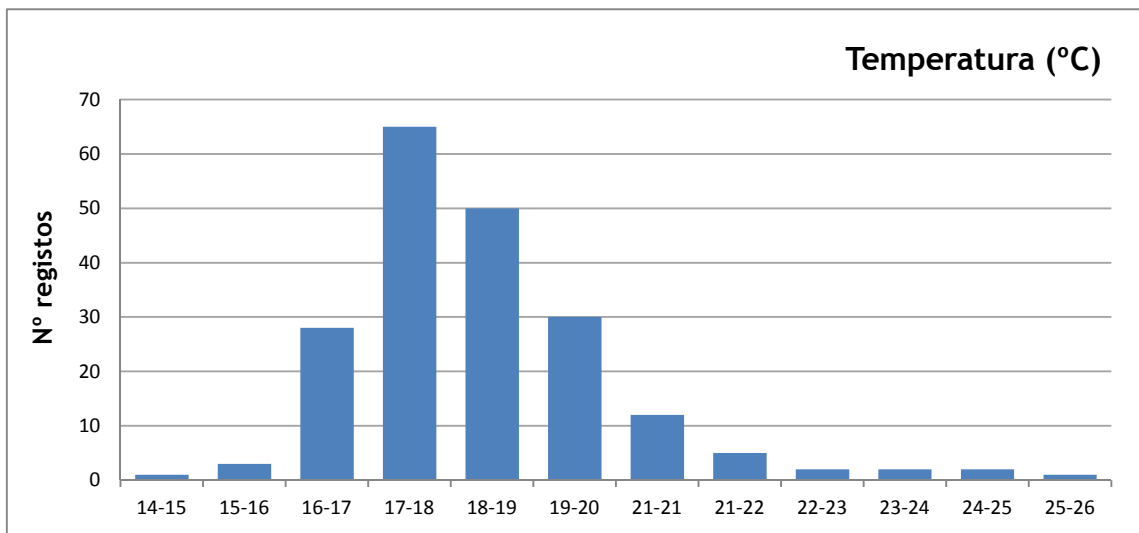
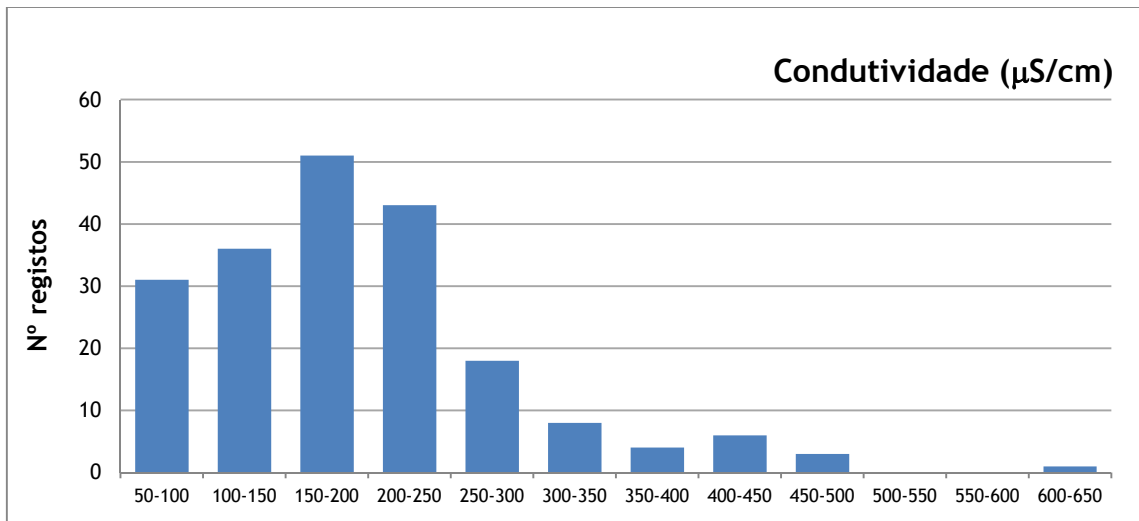


Figura 4.5.14 - Histograma dos registos dos parâmetros físico-químicos de condutividade, temperatura e total de sólidos dissolvidos nas bacias da freguesia de Creixomil.

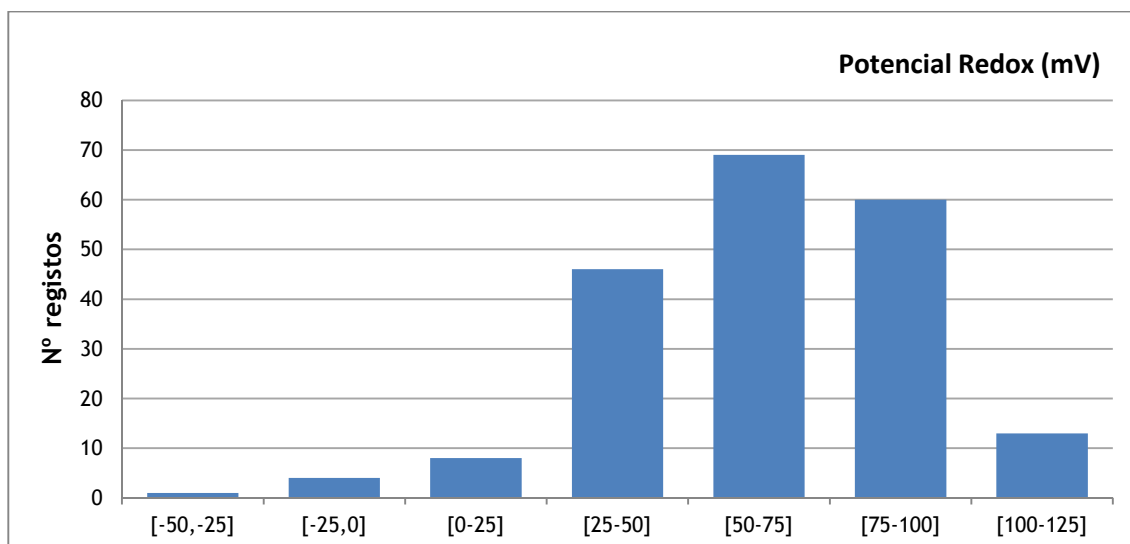
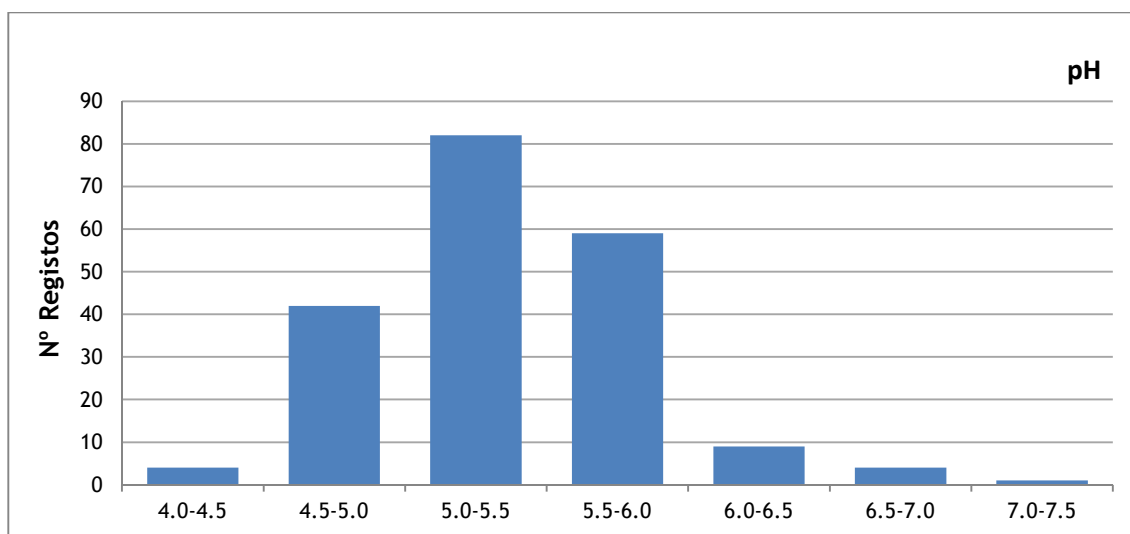
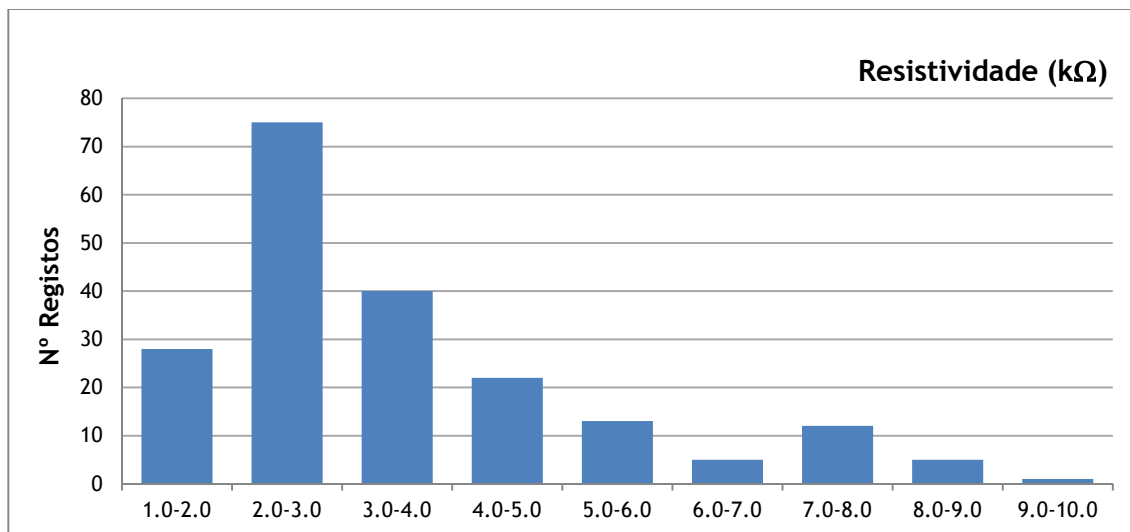


Figura 4.5.15 - Histograma dos registos dos parâmetros físico-químicos de potencial redox, total de sólidos dissolvidos e resistividade nas bacias da freguesia de Creixomil.

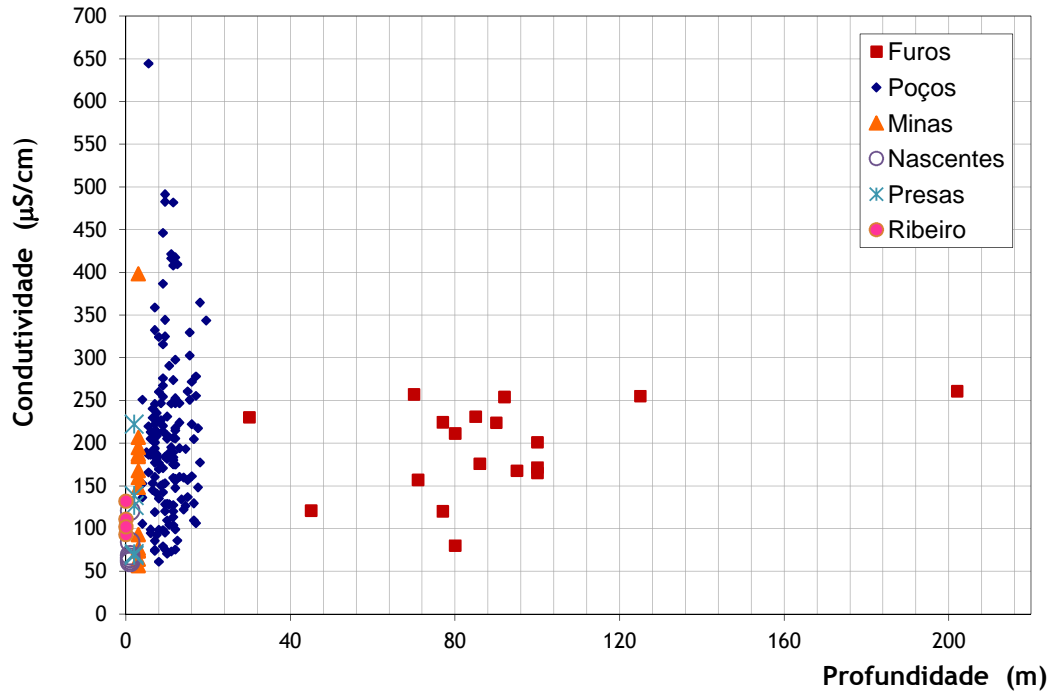


Figura 4.5.16 - Resultados da condutividade em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

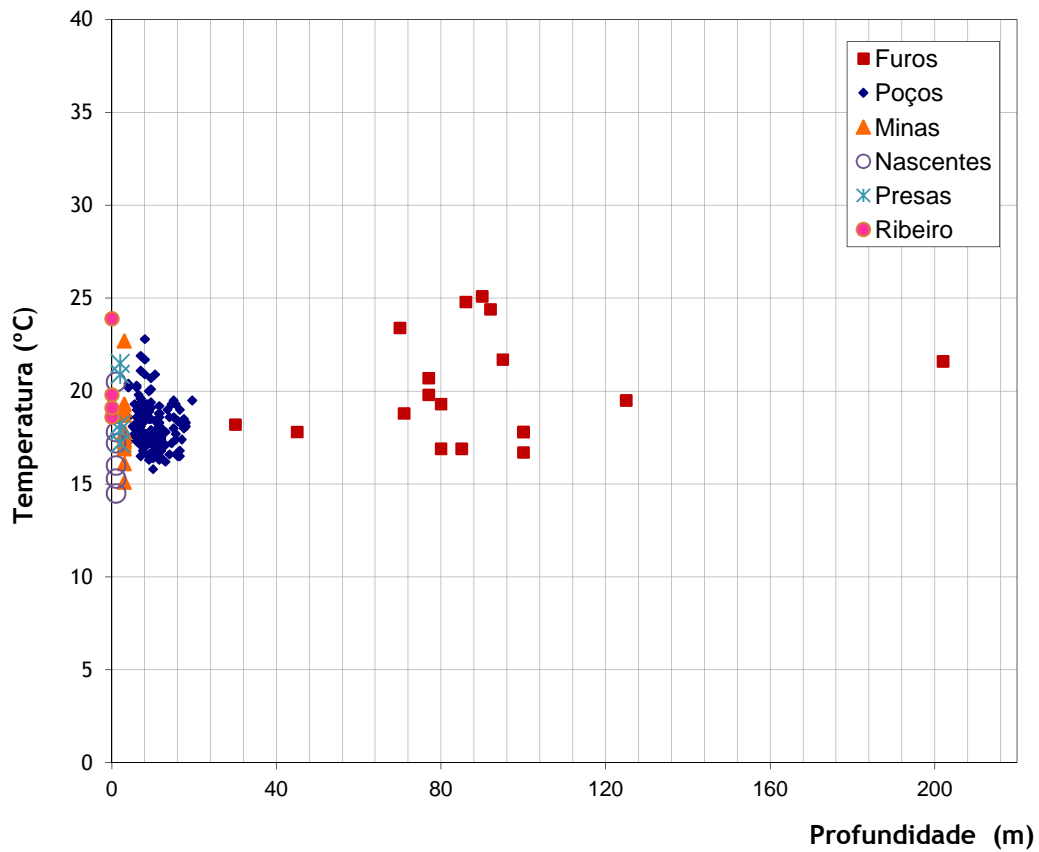


Figura 4.5.17 - Resultados da temperatura em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

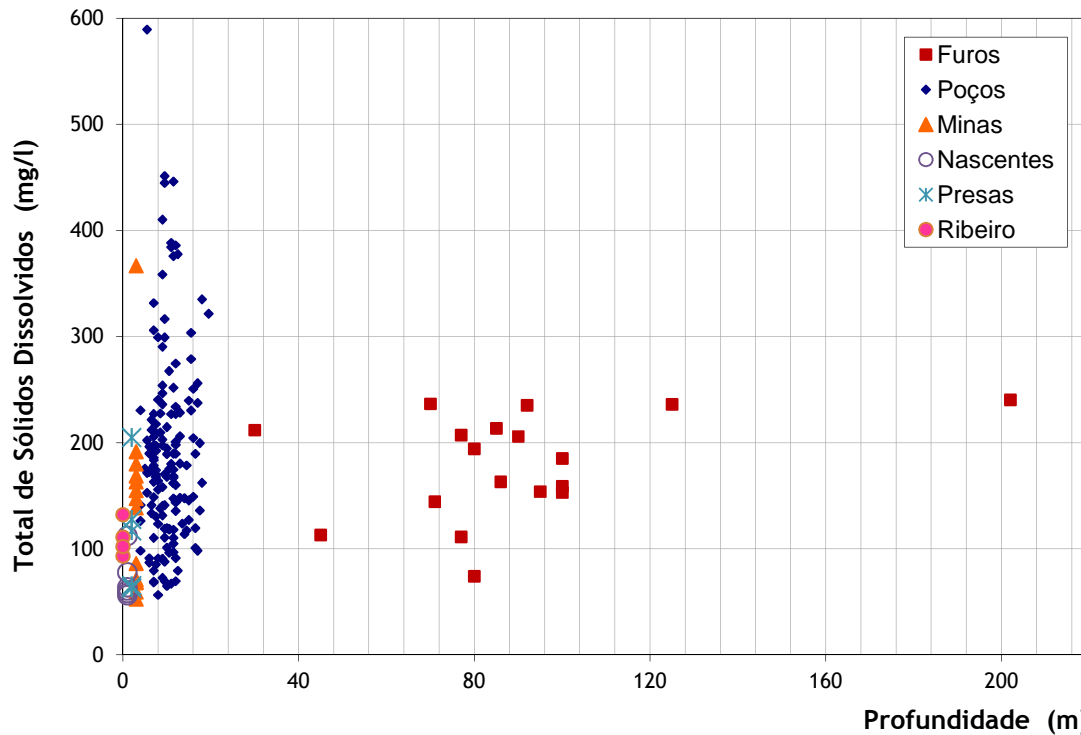


Figura 4.5.18 - Resultados de Total de Sólidos Dissolvidos em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

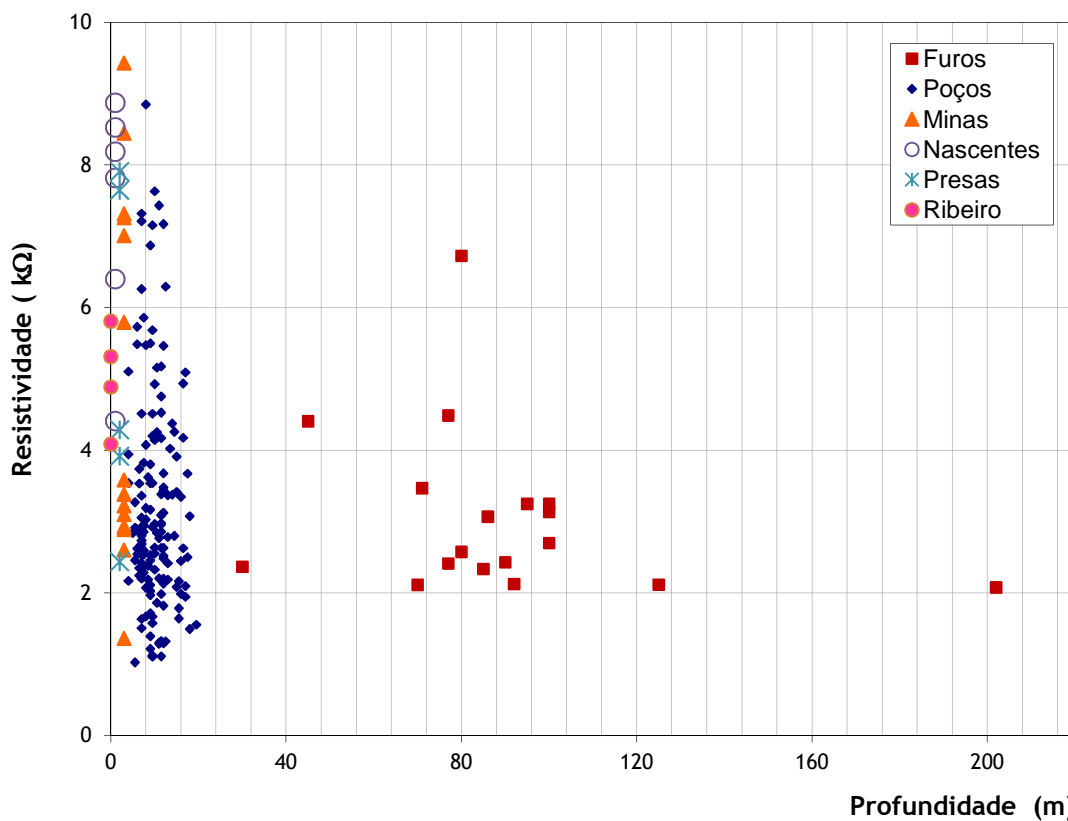


Figura 4.5.19 - Resultados de resistividade em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

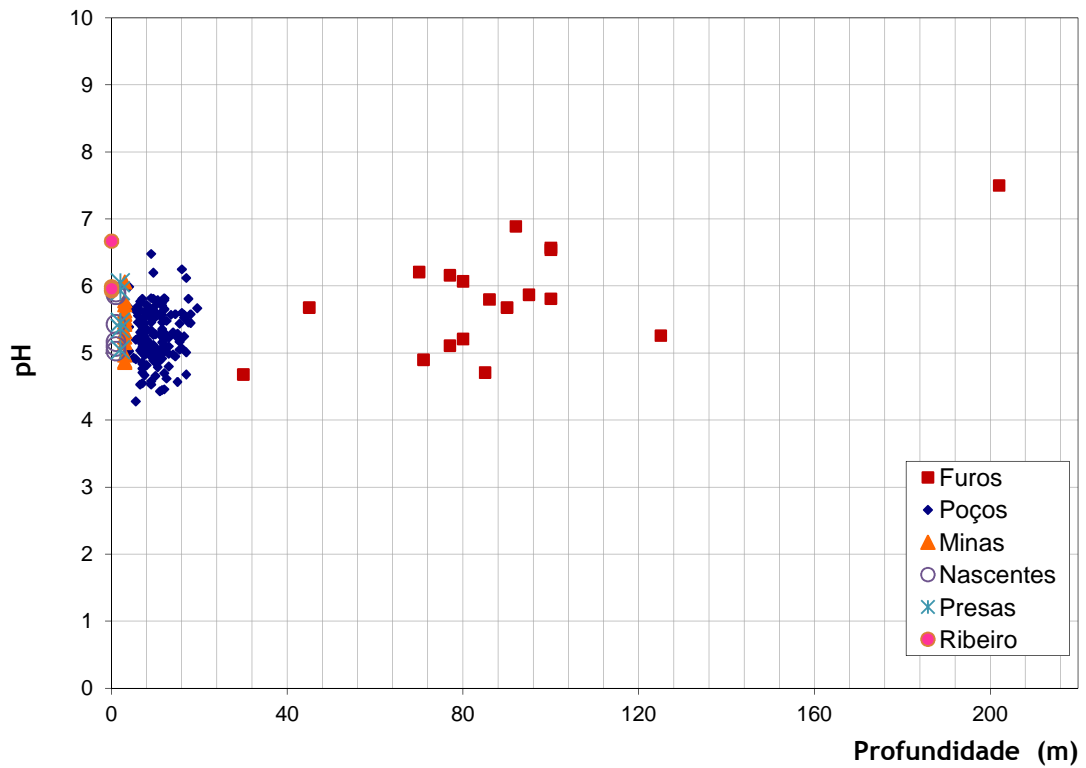


Figura 4.5.20 - Resultados de pH em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

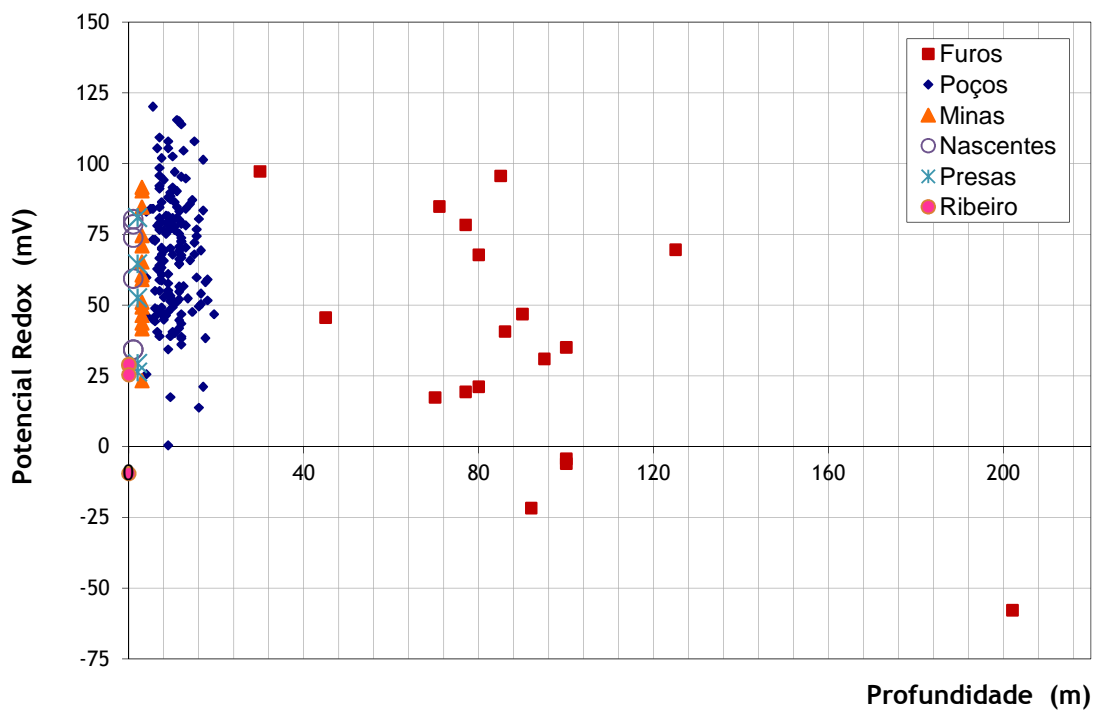


Figura 4.5.21 - Resultados de potencial redox em termos gráficos de todos os pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil

Relações entre as várias variáveis registadas podem observar-se nas Figuras 4.5.22 a Figura 4.5.30. Destes salienta-se as perfeitas relações entre a condutividade e resistividade numa relação não linear, mas claramente em que à medida em que a condutividade baixa, a resistividade aumenta (Fig.4.5.22); a condutividade é directamente proporcional ao TDS-Total de Sólidos Dissolvidos (Fig.4.5.23), em que um aumenta à medida em que o outro aumenta; situação de perfeita relação ocorre entre o pH e o Eh (Fig.4.5.28) em que o pH desce à medida que o Eh aumenta. Das outras figuras merece salientar ainda que há uma tendência clara em o pH baixar à medida que o TDS aumenta (Fig.4.5.25) e ainda similar situação com a condutividade (Fig.4.5.27).

→ Abordagem estatística regional

Após tratamento dos dados recolhidos, foram construídos mapas de isolinhas e correspondentes modelos tridimensionais (3D) para cada parâmetro analisado através do uso do software Golden Surfer 10. Na elaboração dos mapas e ainda dos modelos 3D, usou-se o método de interpolação de kriging. A representação tridimensional dos mapas de isolinhas para os parâmetros da condutividade, da temperatura e da resistividade sofreram uma rotação de 150° da sua posição original, para que seja possível obter uma melhor visualização da variação dos parâmetros registados ao longo do território. Para os restantes parâmetros utilizou-se uma rotação de 45°.

Salienta-se que nesta análise estatística regional não foram considerados alguns pontos, como o caso dos obtidos ao longo do ribeiro e ainda os das presas PR6 e PR7, pois o local de registo não coincide com o seu lugar de origem da água subterrânea. As referidas presas são abastecidas por água oriunda de minas ou outros pontos de água a grandes distâncias das mesmas. Assim, os dados usados na análise de estatística regional (mapas de isolinhas) só foram aqueles obtidos no local de origem.

Os resultados do referido tratamento de dados apresenta-se nas Figuras 4.5.31 a 4.5.36, para os parâmetros de c , T , TDS, ρ , pH e Eh, respectivamente. Uma primeira visão das várias imagens permite verificar que há várias anomalias dos vários parâmetros, mostrando que a qualidade da água é variável de zona para zona. Essas anomalias poderão estar associadas à qualidade da água subterrânea natural, ou a outros aspectos como o caso da poluição.

Um análise detalhada, permite orientar para a ocorrência de duas zonas mais evidentes com anomalias de origem em poluição, sendo elas mais a sul da zona em estudo, correspondendo a A_I e A_{II} , na Fig.4.3.1. Estas genericamente têm em simultâneo $c > 250 \mu\text{S}/\text{cm}$, TDS $< 220 \text{ mg}/\text{l}$, $\rho < 1,8 \text{ k}\Omega$, pH $< 5,0$ e Eh $> 95 \text{ mV}$. As outras anomalias entendem-se ser genericamente consequência das heterogeneidades da qualidade da água subterrânea, função se tem menor ou maior extensão no circuito de percolação, tendo algumas origem nas próprias bacias de Creixomil, outras serão com certeza oriundas de outras bacias hidrográficas contíguas.

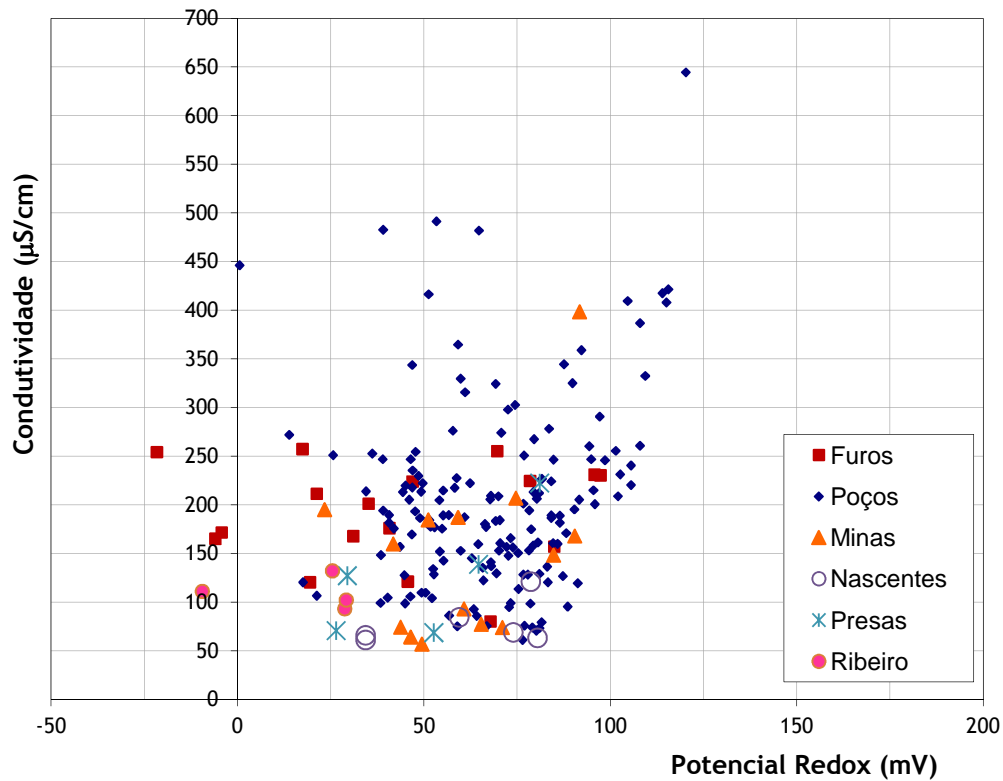


Figura 4.5.24 - Relação entre a variável Potencial Redox e a Condutividade dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

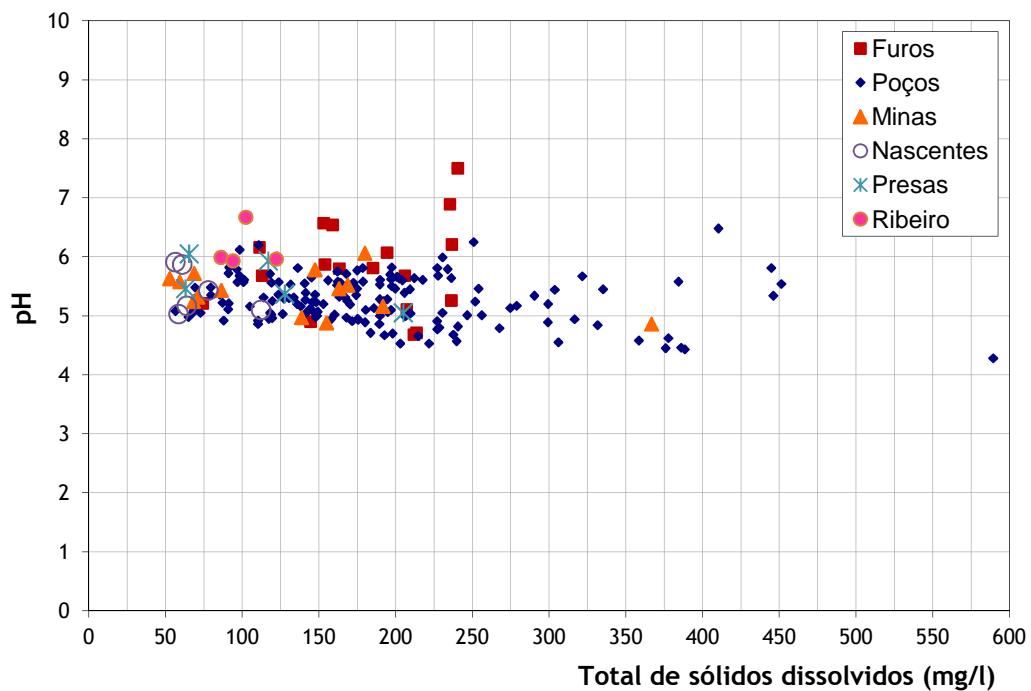


Figura 4.5.25 - Relação entre a variável Total de Sólidos Dissolvidos e o pH dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

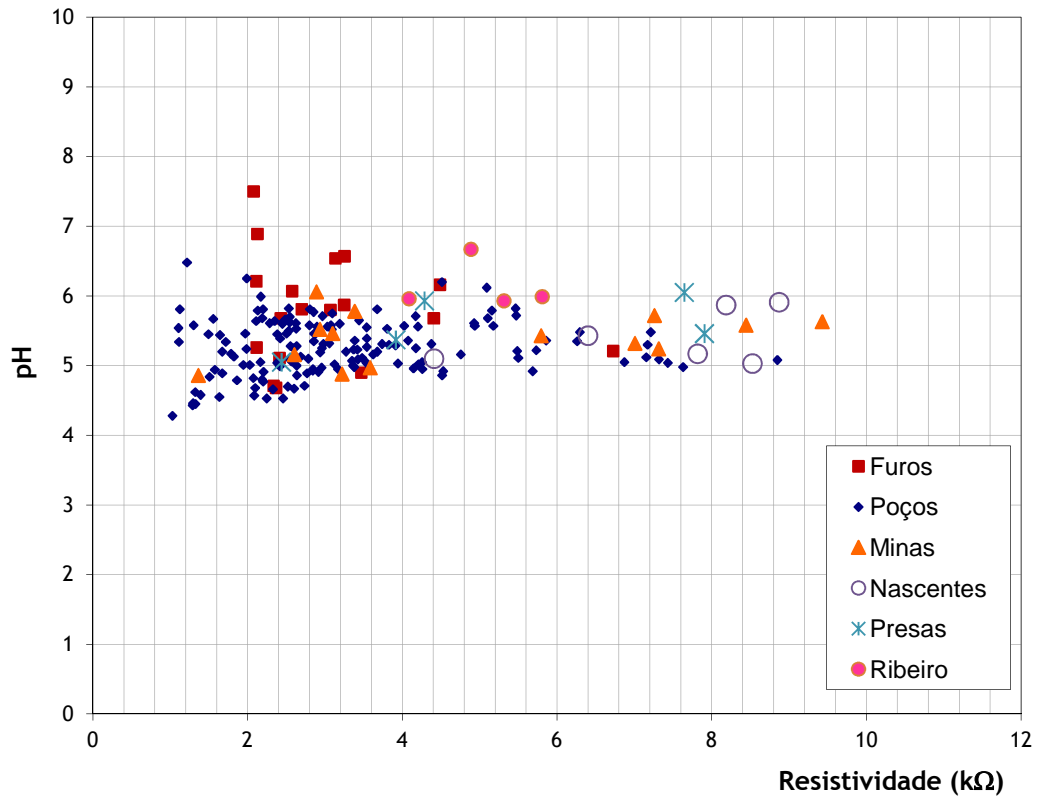


Figura 4.5.26 - Relação entre a variável Resistividade e o pH dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

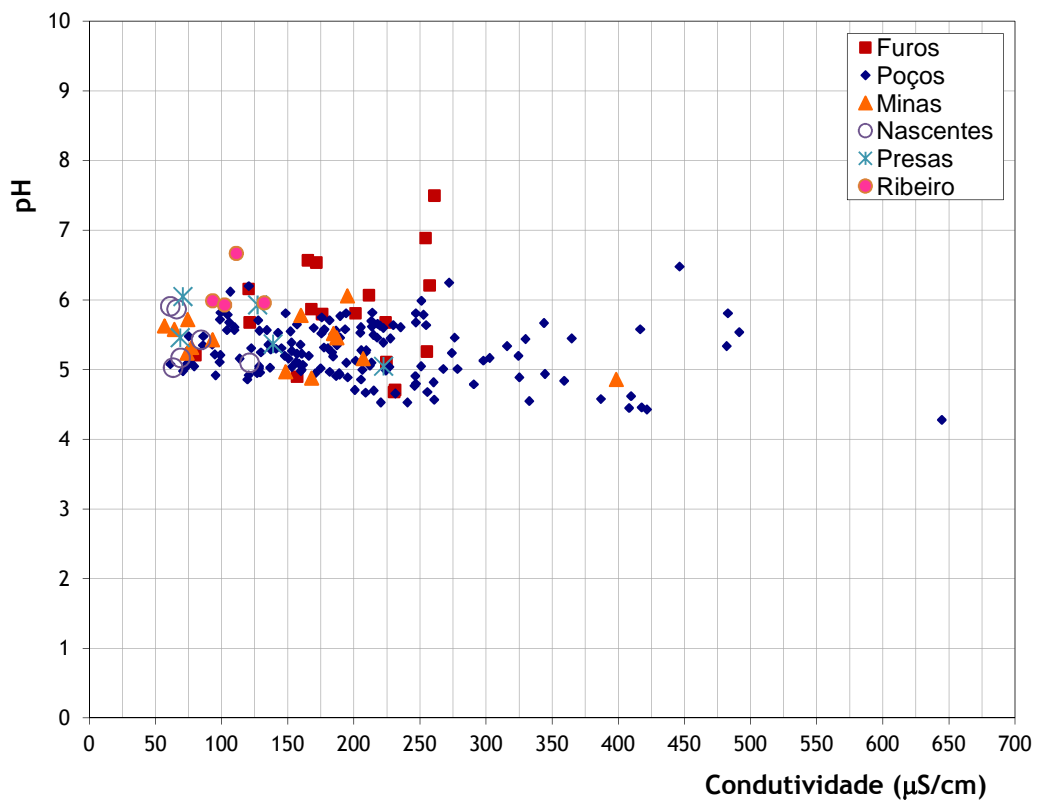


Figura 4.5.27 - Relação entre a variável condutividade e o pH dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

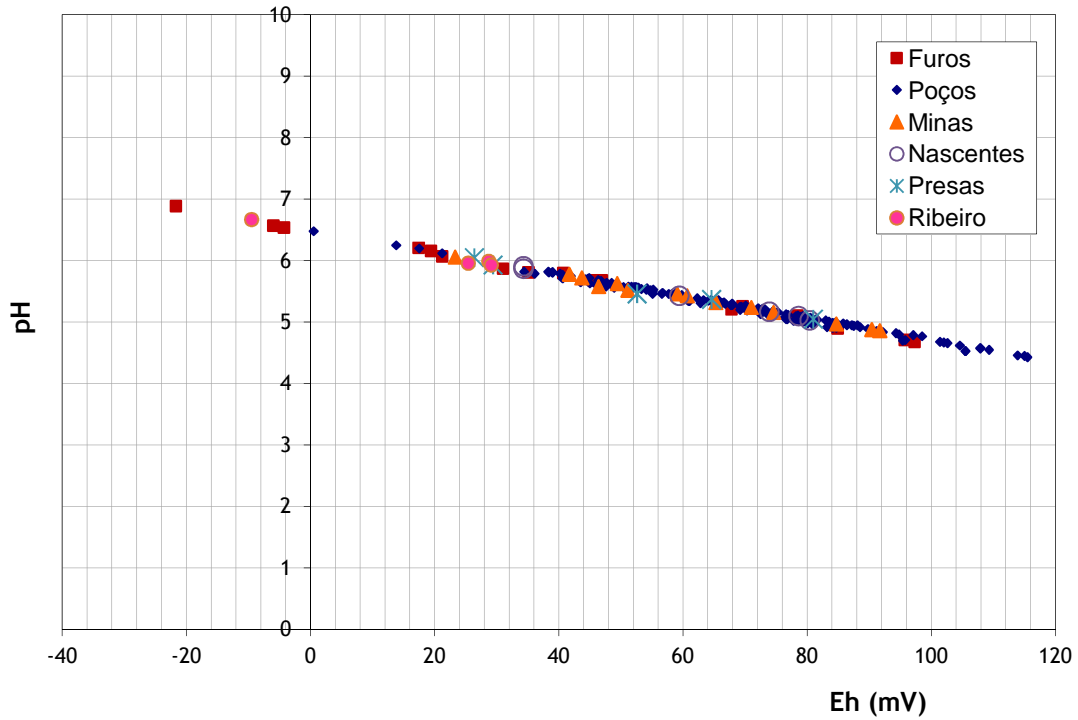


Figura 4.5.28 - Relação entre a variável Eh - Potencial Redox e o pH dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

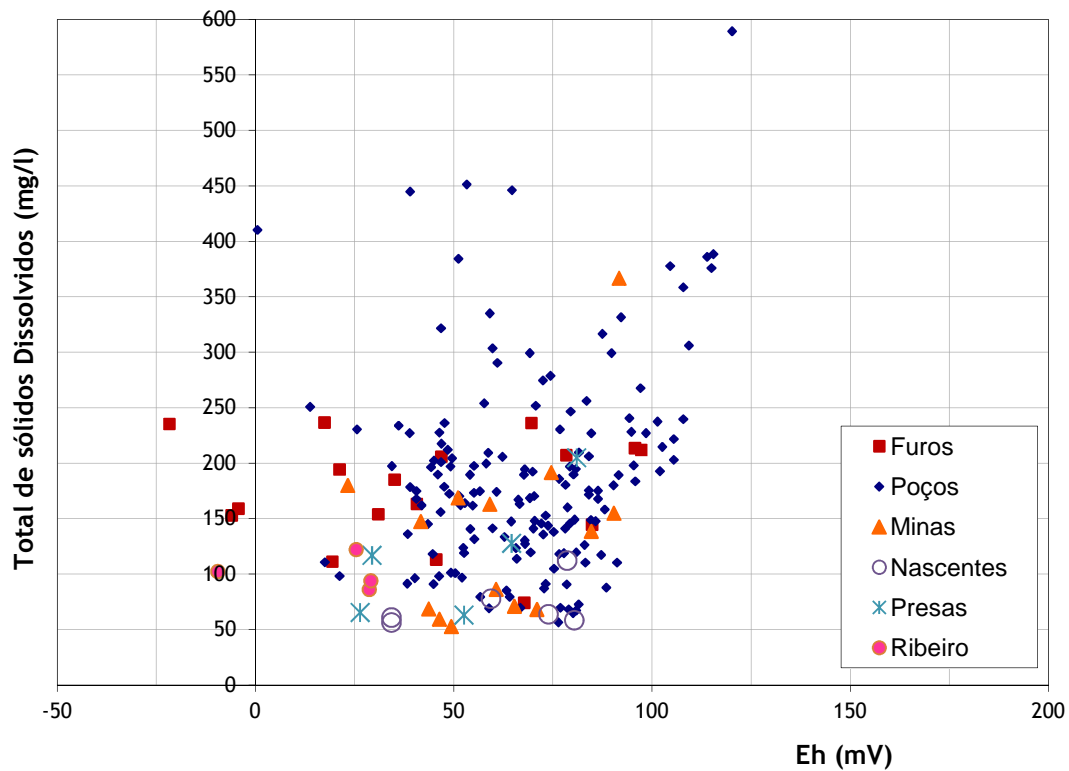


Figura 4.5.29 - Relação entre a variável Eh - Potencial Redox e Total de Sólidos Dissolvidos dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

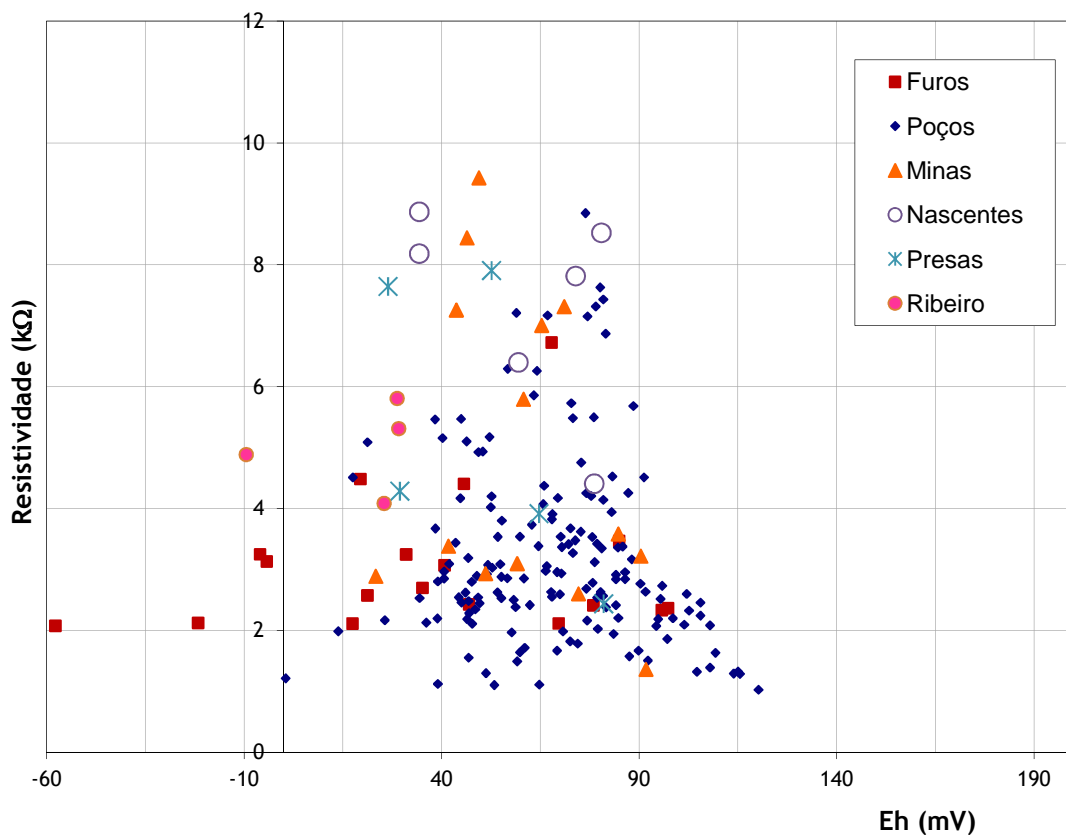


Figura 4.5.30 - Relação entre a variável Eh - Potencial Redox e a resistividade dos pontos de água nas bacias da freguesia de Creixomil.

4.5.4.4 Qualidade da água

Dos resultados apresentados anteriormente constata-se que nas bacias de Creixomil ocorrem águas subterrâneas de dois tipos, que apesar de terem algumas semelhanças entre as mesmas, pois são o resultado da percolação essencialmente em rochas graníticas, é possível distingui-las. Claro que o facto de ocorrerem alguns pontos de água contaminados, dificulta essa separação, no entanto em termos de contribuição sobre o conhecimento hidrogeológico, avançam-se com algumas primeiras ilações sobre o assunto.

Assim, é possível avançar com os seguintes grupos de águas para a região em estudo:

- 1) Grupo de águas muito pouco mineralizadas, resultantes de infiltração na própria bacia de Creixomil, e que ocorrem em aquíferos considerados do tipo livre ou freático, mais superficiais, essencialmente do tipo fissural, mas por vezes porosos, em locais de granito arenizado; estas águas apresentam-se algumas vezes contaminadas devido em especial às actividades agrícolas; filtrando dentro do possível, os valores das águas consideradas contaminadas, considera-se que este grupo apresenta valores típicos e aproximados para os parâmetros estudados de acordo com o seguinte:

- pH entre 5,0 e 6,5,

- Eh entre 1 e 95 mV,
- Condutividade inferior a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- Resistividade superior a 2 $\text{k}\Omega$,
- Total de Sólidos dissolvido inferior a 225 mg/l.

2) Grupo de águas pouco mineralizadas, resultantes de infiltração em bacias contíguas e que percolam até à bacia de Creixomil, e que ocorrem em aquíferos considerados do tipo confinado ou semi-confinado, abaixo do aquífero livre, sendo por vezes muito profundo (abaixo de 100m de profundidade), do tipo fissural; por vezes ressurgem água deste aquífero em alguns locais à superfície devido à situação favorável dos sistemas de fracturação e em especial associados a alguns filões de quartzo que na bacia de Creixomil ocorrem; estas águas apresentam-se pontualmente contaminadas devido à má qualidade dos furos instalados, pois os valores dos parâmetros estudados orientam nesse sentido; filtrando dentro do possível, os valores das águas consideradas contaminadas, considera-se que este grupo apresenta valores típicos e aproximados para os parâmetros estudados de acordo com o seguinte:

- pH superior a 6,5,
- Eh inferior a zero mV,
- Condutividade superior a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- Resistividade inferior a 2 $\text{k}\Omega$,
- Total de Sólidos dissolvido superior a 225 mg/l.

Considerando os valores obtidos em alguns parâmetros, as águas são classificadas como *água doce* em relação ao TDS (Tabela 2.4.2) em ambos os aquíferos, *águas ácidas* em relação ao pH no caso do aquífero livre e *quase neutras a básicas* no caso do aquífero confinado a semi-confinado; em relação ao potencial redox o aquífero livre é relativamente oxidado enquanto o aquífero confinado a semi-confinado é ligeiramente redutor a redutor; em relação à temperatura ambos os aquíferos se classificam como *águas hipotermais* (Tabela 2.4.1), por terem temperatura inferiores a 25°C.

Sob o ponto de vista de qualidade para consumo humano, à partida a água de qualquer aquífero em causa seria adequada, no entanto como se apresentou anteriormente há alguns pontos de água que orientam para estarem contaminados, e por isso seria recomendável, nas águas usadas no consumo doméstico serem sujeitas a análises físico-químicas detalhadas.

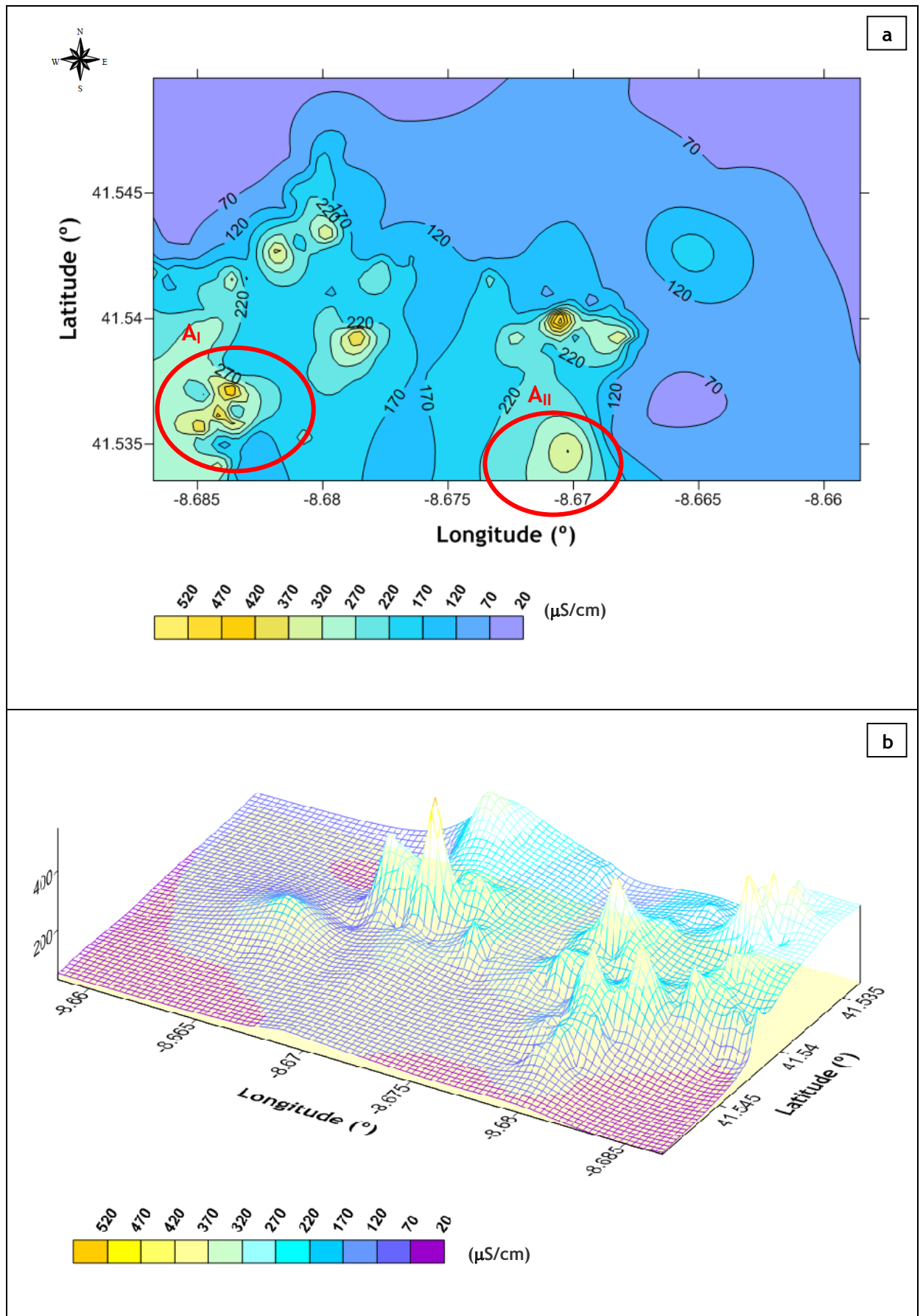


Figura 4.5.31 - Análise do parâmetro condutividade - c, em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.

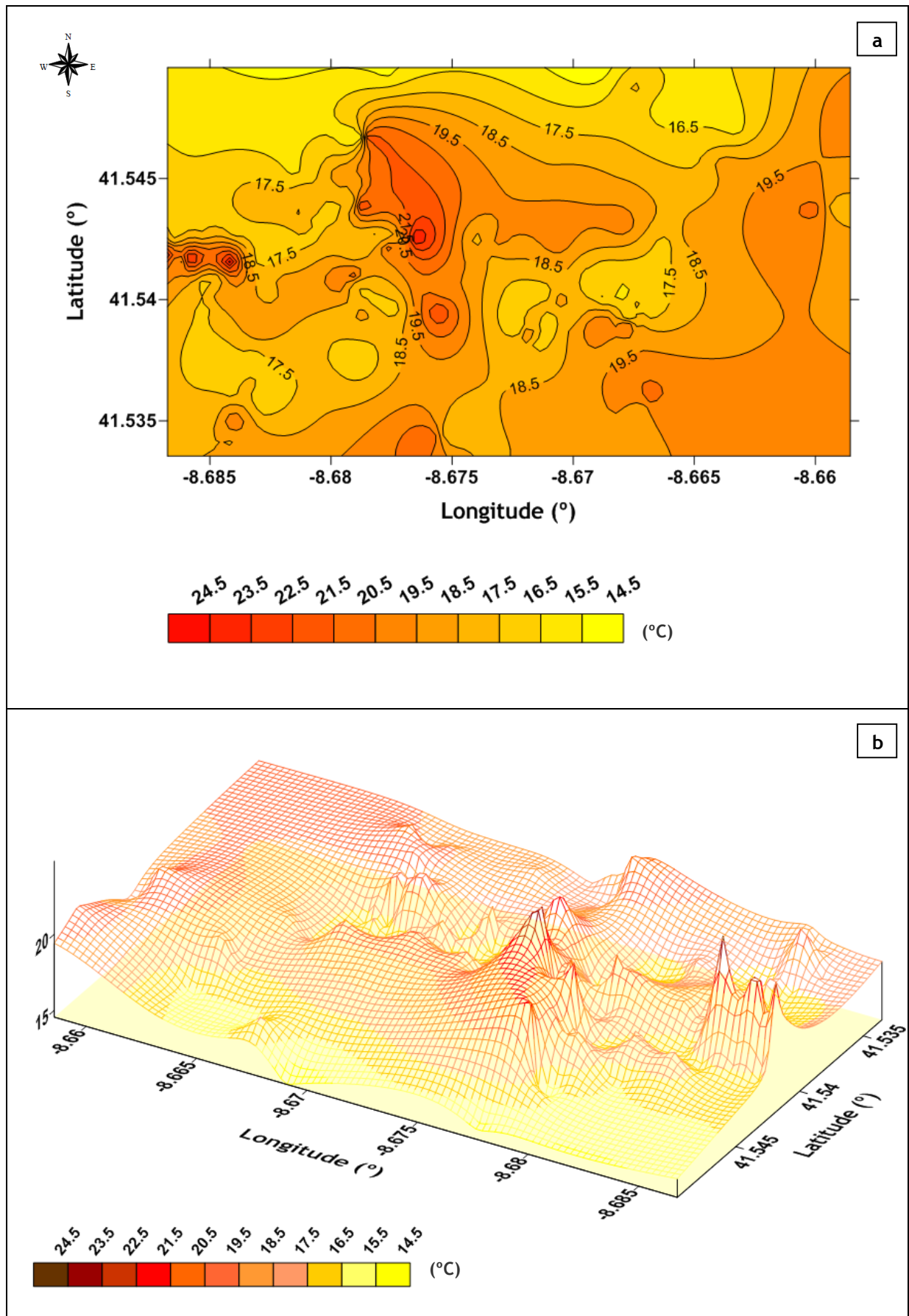


Figura 4.5.32 - Análise do parâmetro temperatura - T, em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.

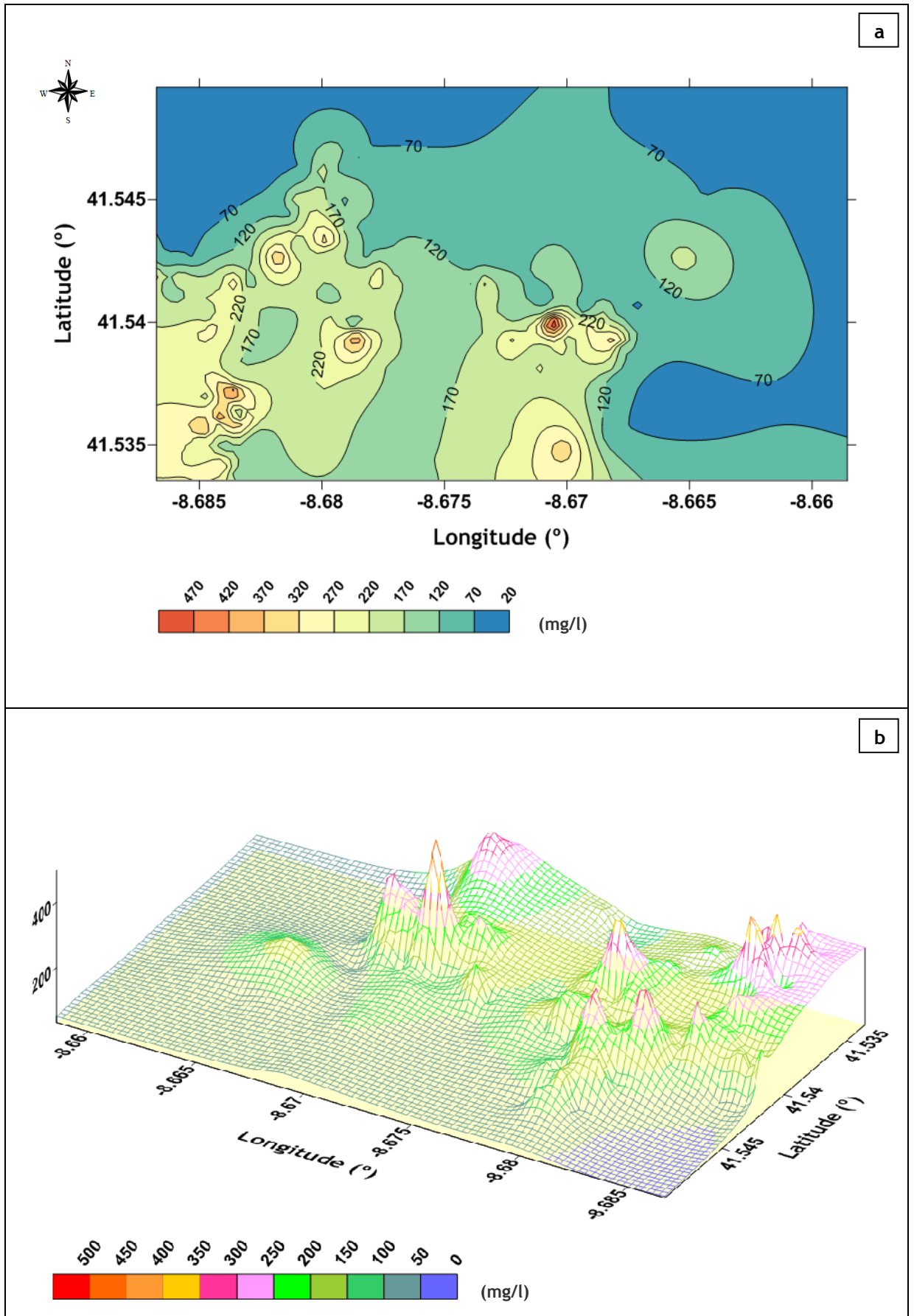


Figura 4.5.33 - Análise do parâmetro total de sólidos dissolvidos - TDS, em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.

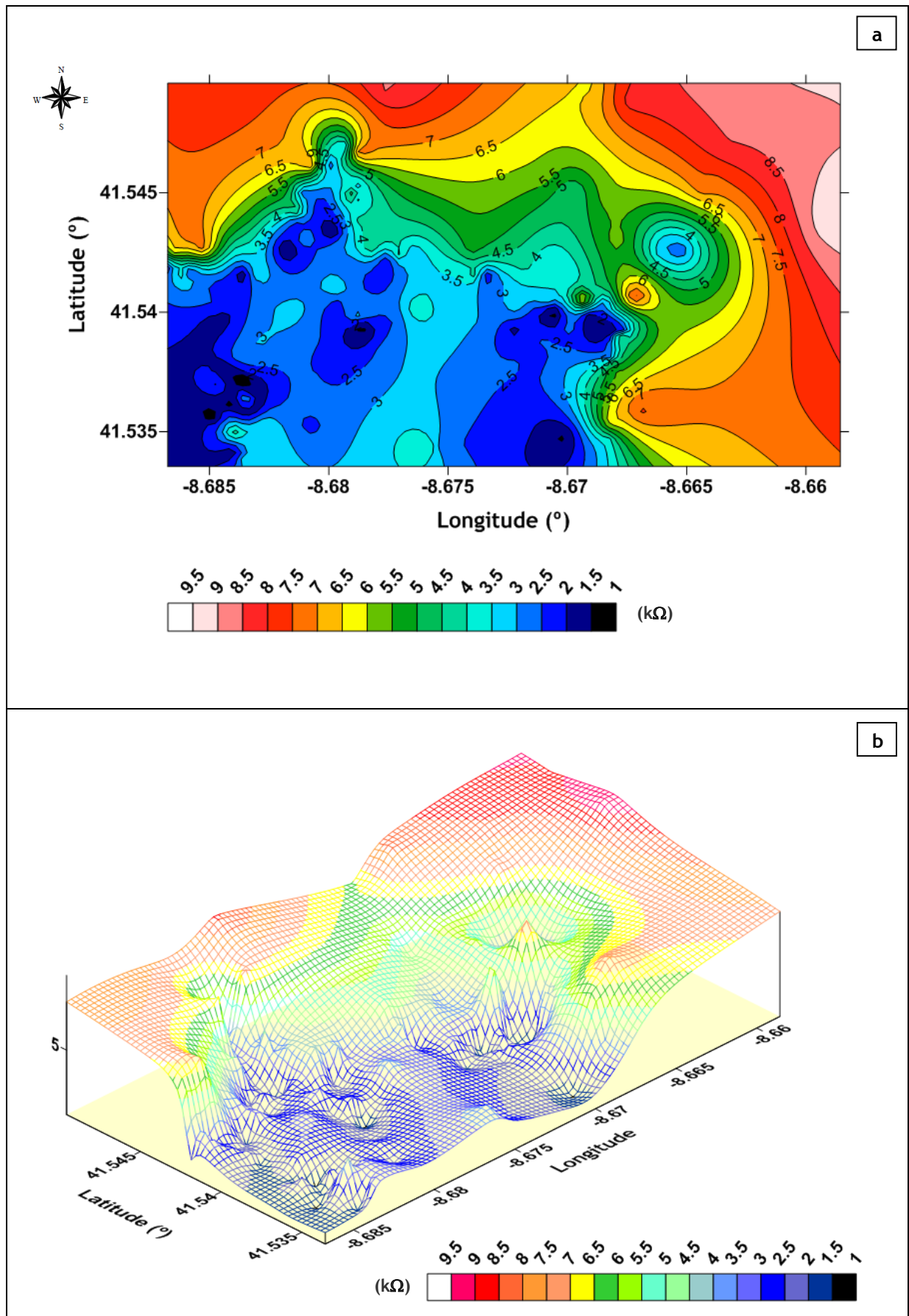


Figura 4.5.34 - Análise do parâmetro resistividade - ρ , em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.

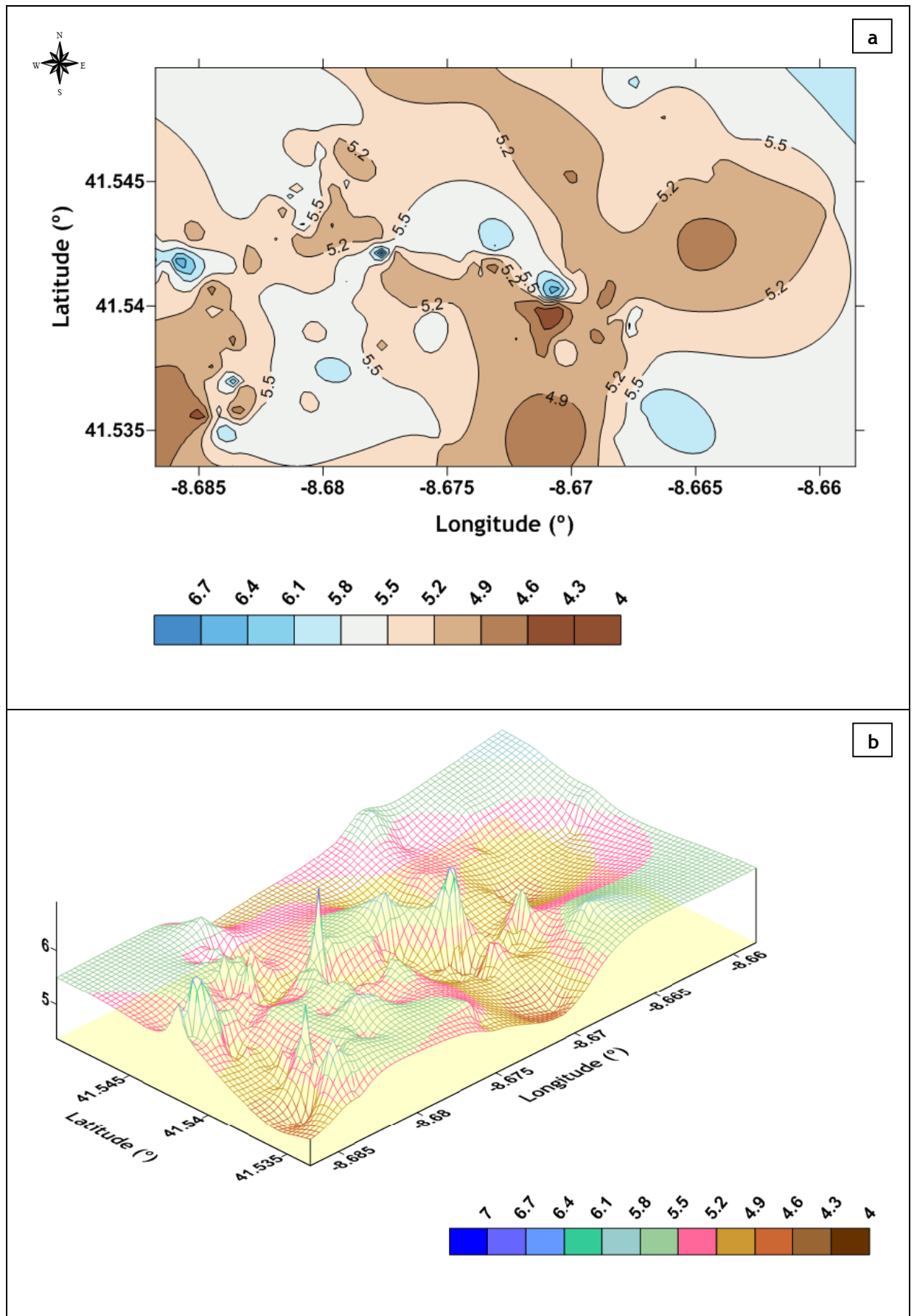


Figura 4.5.35 - Análise do parâmetro pH, em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.

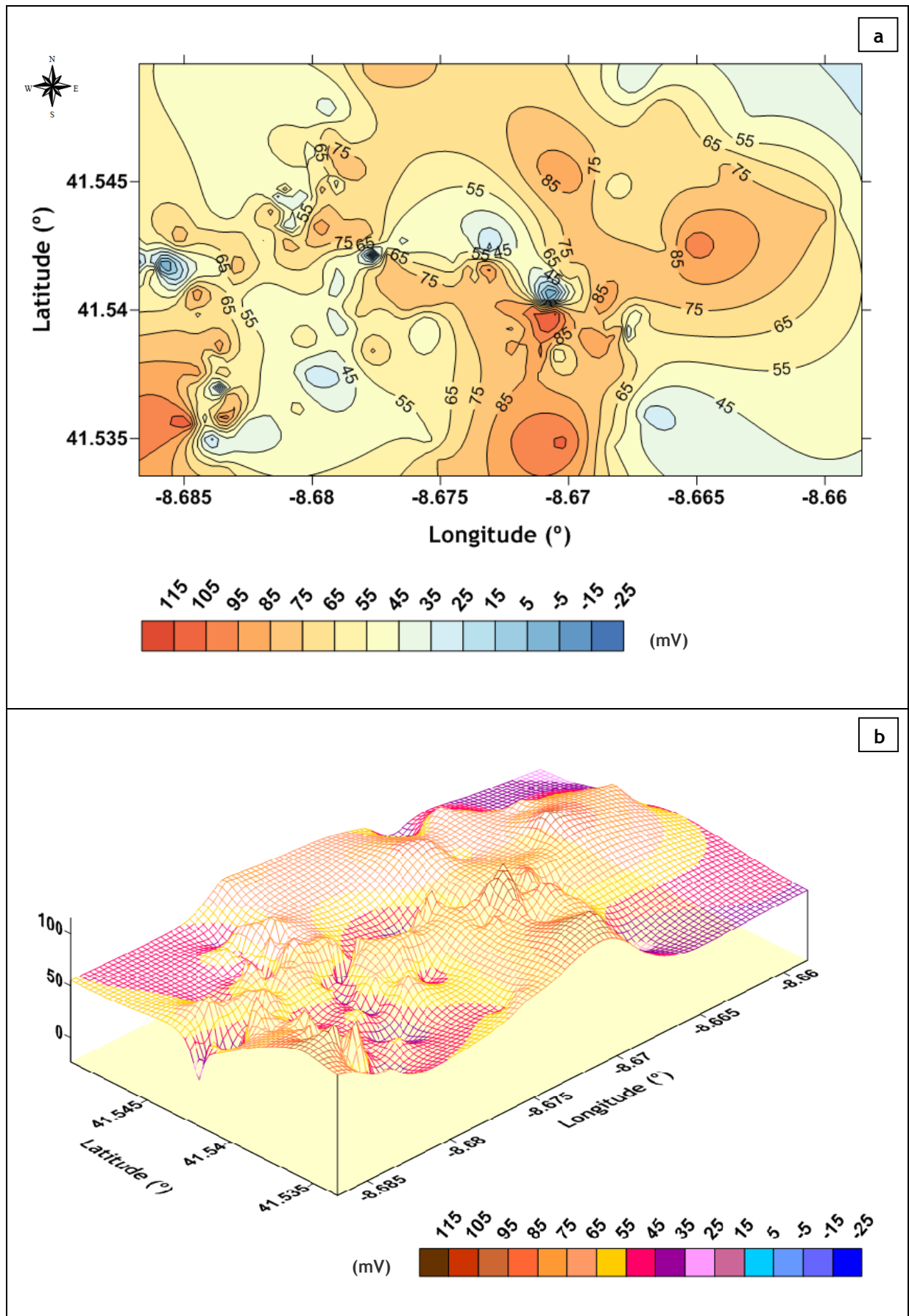


Figura 4.5.36 - Análise do parâmetro potencial redox - Eh, em mapa de isolinhas (a) e em 3D (b), para a zona de Creixomil.

4.5.5 Modelo conceptual de escoamento subterrâneo

O modelo hidrogeológico conceptual para a zona em estudo apresenta-se na Fig.4.5.37. O mesmo resulta do cruzamento de todos os resultados dos estudos efectuados anteriormente, desde geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos, e em especial da qualidade da água subterrânea. Salienta-se que é uma zona de altitude relativamente baixa, com cotas geralmente a rondar os 100m, o que significa que havendo continuidade lateral para zonas de maior altitude de formações geológicas com alguma permeabilidade, em associação a grandes fracturas, é possível receber águas de outras bacias vizinhas. Essa situação tornou-se clara quando os parâmetros em especial os valores de Eh negativos, nos furos mais profundos, demonstram água de percolação profunda, de meios não oxidados.

Assim, a zona em estudo, tem águas de dois tipos de aquíferos, um de água muito pouco mineralizada e que resulta das infiltração na própria bacia de Creixomil, em especial nas zonas de maior altitude, outro de água pouco mineralizada, mas mais do que a anterior, de origem relativamente profunda, e que aflora nas zonas superficiais com conjugações estruturais particulares e com ligação a grandes profundidades, como mostra as ressurgências assinaladas na Fig.4.5.37, junto aos filões, a algumas fracturas e também no contacto dos granitóides com as formações metamórficas.

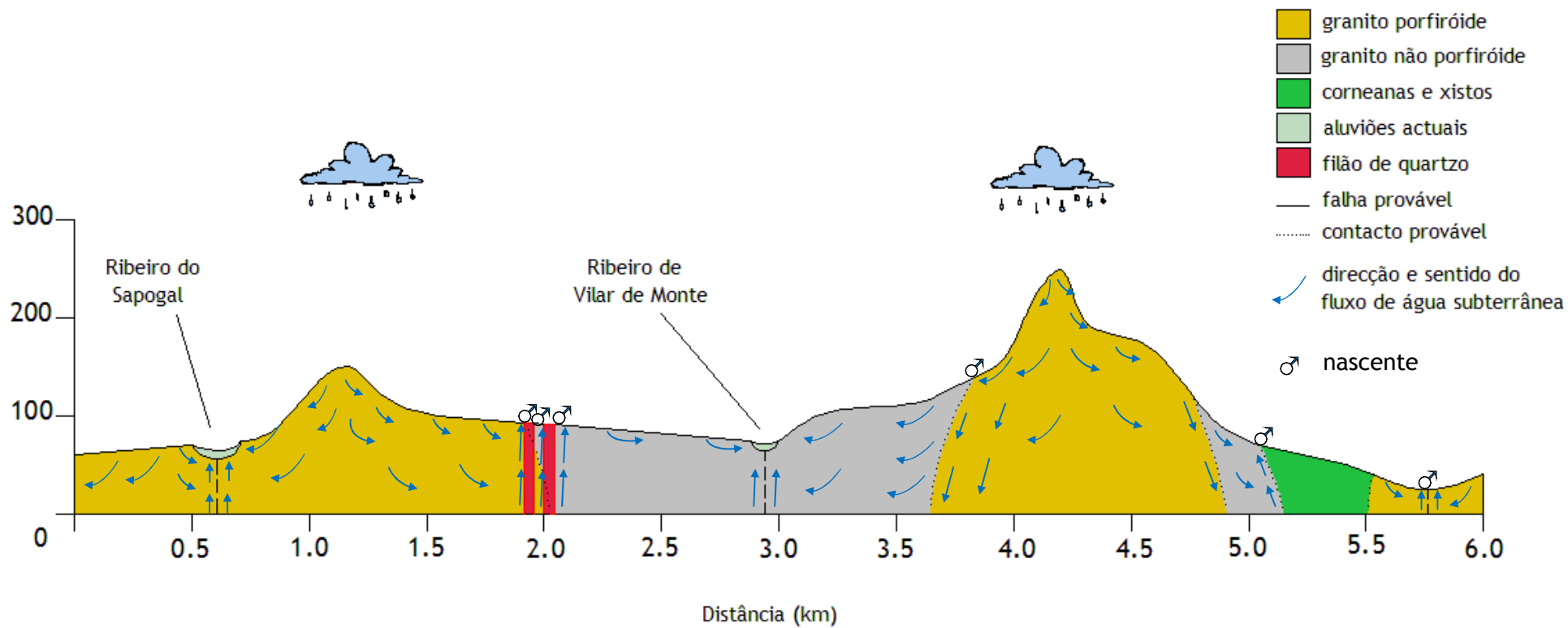


Figura 4.5.37 - Esboço do modelo hidrogeológico conceptual para a zona da freguesia do Creixomil (ver localização de corte na Fig.4.4.1).

Capítulo 5

CONCLUSÕES

De facto, percebe-se, ao longo da pesquisa e construção da presente tese, que as águas subterrâneas e toda a temática a elas implícita são de extrema importância para o desenvolvimento sócio-económico da população mundial. Numa época em que muito se fala das alterações climáticas a nível global, como prejuízo causado pelo ser humano, torna-se fundamental não só quantificar a disponibilidade deste recurso natural, como também perceber a sua dinâmica, a sua qualidade, e a acima de tudo, tomar medidas para o proteger.

Nesse sentido, partiu-se para um estudo local na freguesia de Creixomil, concelho de Barcelos, cujo objectivo era caracterizar o espaço do ponto de vista hidrogeológico e tentar perceber se com os recursos naturais disponíveis era possível dar-lhes um aproveitamento adequado conforme as características destas águas.

Apesar de em anos recentes a freguesia, na sua maioria, ter sido dotada de um ramal de abastecimento de águas públicas, a população local continua enraizada na tradição de utilizar águas subterrâneas extraídas mediante furos, poços ou outras captações superficiais. A razão de tal acontecer, em muitos casos, remete-se ao factor custo, até porque, regra geral, os habitantes cultivam espécies vegetais para consumo próprio e não estão dispostos a pagar por um bem que podem obter gratuitamente dos seus próprios terrenos, para a rega do que cultivam.

Assim, coloca-se a questão de como gerir este recurso. Se por um lado, para a escapar a taxas numerárias, a população recorre a construções de múltiplas captações de águas subterrâneas, por outro, poder-se-á estar não só a sobre-explorar os recursos hídricos locais como também extrair água da qual não se tem conhecimento da sua qualidade.

Dai ser tão importante fazer um reconhecimento hidrogeológico, pois não só poderá levar a conhecer as suas reservas, como até à descoberta de potenciais usos das águas em actividades que poderão trazer benefícios económicos ao local, como também permite um diagnóstico quanto à contaminação destes recursos e dos potenciais efeitos nefastos ou benéficos dos mesmos à saúde humana.

Após análise e tratamento dos dados recolhidos em campo e em gabinete podem-se tecer algumas conclusões importantes acerca das águas subterrâneas em Creixomil, e propor ainda algumas medidas a tomar no futuro.

Começando pela caracterização geomorfológica do local, percebe-se que apesar de Creixomil se enquadrar numa zona de relevos pouco acidentados e de altitudes relativamente baixas, o certo é que os alvéolos de erosão permitem a retenção das águas de precipitação e os mantos

de alteração potenciam a recarga aquífera. Esta realidade ganha ainda mais expressão quando se têm em conta que a região minhota é uma das zonas do país onde ocorre maior precipitação.

A somar a este factor, observa-se a existência de um grupo de falhas tectónicas, direccionadas no sentido do Parque Natural do Gerês, que podem contribuir directamente na recarga aquífera das duas bacias hidrográficas que atravessam a área geográfica de Creixomil.

O Ribeiro de Vilar de Monte, com nascente a alguns quilómetros do local em estudo, atravessa a freguesia de Norte a Sul, sendo este, segundo o Método de Stralher, a principal linha de água, para onde as outras linhas de hierarquia inferior drenam.

Geologicamente, Creixomil caracteriza-se essencialmente pelo granito, com algumas intercalações de xistos, corneanas e aluviões, estando estes últimos presentes ao longo do percurso do ribeiro. Encontram-se frequentemente pequenos filões de quartzo ao longo de outras unidades litológicas, para além dos dois filões de maior expressão que se observam em carta geológica.

No estudo climático, verificam-se as elevadas precipitações médias anuais, que apesar de terem decrescido face a décadas anteriores. Em contraposição, a temperatura tem subido gradualmente ao longo do tempo, o que poderá indicar uma possível diminuição dos recursos hídricos disponíveis.

Ainda assim, uma vez calculado o balanço hidrológico, percebe-se que o período húmido que decorre de Outubro a Abril é superior, em termos temporais, ao período seco. Esta conclusão é de facto interessante, no entanto não impede que, em período de verão, a temperaturas mais elevadas, ocorra um défice hídrico, que muitas vezes implica a seca de algumas captações e a perda das colheitas e da vegetação local.

Se a recarga anual média estimada para as bacias de Creixomil abastecesse uma única captação, seria possível engarrafar perto de 37 garrafas de litro e meio de água por segundo. No entanto, esta hipótese não pode ser levada em consideração dadas as múltiplas captações naturais e artificiais que ocorrem ao longo da área destas bacias. De qualquer modo considerando o caudal global obtido a partir do balanço hidrológico aplicado às bacias de Creixomil, a dividir por todos os pontos de água inventariados resulta um caudal médio, em contínuo, de 0,27 l/s, ao longo do ano. A este valor, ficou provado pelos estudos efectuados, que haverá um contributo de águas a partir de outras bacias vizinhas de maiores altitudes que a de Creixomil, e num incremento que não é fácil de estimar sem muitos estudos, mas que poderá incrementar aquele caudal médio para várias vezes o seu valor. Uma noção sobre o modelo hidrogeológico da zona com registos dos vários contributos de águas profundas, oriundas de outras bacias apresenta-se na Fig.4.5.37.

Sobre os aspectos hidrogeológicos merece realçar que na zona em estudo ocorrem dois principais tipos de aquíferos, de acordo com o seguinte:

3) Aquífero superficial, geralmente inferior a 60m, do tipo livre ou freático, essencialmente do tipo fissural, mas por vezes poroso, em locais de granito arenizado; neste associam-se águas muito pouco mineralizadas, resultantes de infiltração na própria bacia de Creixomil; os valores físico-químicos típicos e aproximados para os parâmetros estudados são de acordo com o seguinte:

- pH entre 5,0 e 6,5,
- Eh entre 1 e 95 mV,
- Condutividade inferior a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- Resistividade superior a 2 $\text{k}\Omega$,
- Total de Sólidos dissolvido inferior a 225 mg/l.

4) Aquífero profundo, geralmente abaixo de 100m de profundidade, do tipo confinado, ou semi-confinado do tipo fissural e associado a grandes fracturas e filões; apresenta águas pouco mineralizadas (mas de mineralização superior às águas do aquífero livre) resultantes de infiltração em bacias contíguas e que percolam até à bacia de Creixomil; por vezes ressurgem água deste aquífero em alguns locais à superfície devido à situação favorável dos sistemas de fracturação e em especial associados a alguns filões de quartzo; esta água foi identificada em especial no ponto de água F67, furo com 202 m de profundidade, e provavelmente será a água que ressurgem na Mina da Corredoura (M199), infelizmente sem condições para ter efectuado qualquer registo actualmente, mas que o povo diz ser uma água que cheira a enxofre e de onde resulta uma biogeleia amarelada; pelos registos efectuados, considera-se que este grupo apresenta valores típicos e aproximados para os parâmetros em análise, de acordo com o seguinte:

- pH superior a 6,5,
- Eh inferior a zero mV,
- Condutividade superior a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- Resistividade inferior a 2 $\text{k}\Omega$,
- Total de Sólidos dissolvido superior a 225 mg/l.

Interessa referir que pelos estudos efectuados se interpreta que ocorrem águas contaminadas e em especial as do aquífero livre, no entanto, tal situação também se alarga às águas do aquífero profundo, o que se depreende que algumas captações no mesmo permitem a contaminação em profundidade, eventualmente pelas escorrências verificadas no espaço anelar dos furos.

Interessa aqui referir que deveriam ser tomadas medidas de protecção e de manutenção, não só dos furos profundos, como também dos pontos de ressurgência natural de água pois, em

campo, observa-se o estado de abandono das minas e nascentes, que mesmo em aspectos patrimoniais são de enorme interesse.

Assim, para o futuro seria importante:

- i) no imediato, proceder a um conjunto de análises físico-químicas detalhadas, em águas sistematicamente bem recolhidas, de modo a ter informações dos dois tipos de aquíferos, de modo a confirmar a consistência de todos os elementos hidrogeológicos aqui apresentados;
- ii) efectuar estudos analíticos a partir das análises físico-químicas e outras como o caso de análises microbiológicas, no sentido de averiguar sobre a adequabilidade destas águas em várias aplicações, nomeadamente se são considerada próprias para a saúde humana;
- iii) .efectuar uma rede de monitorização de caudais das captações com ressurgências naturais, bem como efectuar ensaios de caudais para quantificar com maior precisão as reservas de águas subterrâneas disponíveis para consumo humano;
- iv) efectuar estudo específicos sobre o aquífero profundo, pois poderá permitir a exploração de caudais com qualidade adequada a justificar a implantação de umas termas ou qualquer espaço de saúde e bem-estar, situação que levaria Creixomil a alargar as suas áreas de oferta de emprego;
- v) sintonizar em especial com as entidades competentes, no sentido de criação de uma base de dados pública que permita aos habitantes ter acesso aos padrões de água que circulam localmente, não só para que se aperceba se a água que consomem é própria como também para que sejam alertados dos potenciais hábitos nocivos praticados, face à qualidade da água.

Resumidamente, pode-se concluir que a presente dissertação é apenas um primeiro passo na direcção da resolução da problemática da água, da qual se espera ser o ponto de partida para estudos mais aprofundados e também como exemplo a seguir noutros locais do concelho de Barcelos, onde regra geral não existem estudos recentes disponíveis ao público em geral, quer das águas subterrâneas quer de outros aspectos importantes como a geologia.

BIBLIOGRAFIA

APDA (2002) - “Quem é Quem No Sector das Águas de Portugal”, Edição da Associação Portuguesa de Drenagem e Distribuidores de Água, 154 pp.

Barreiras, N. (2009) - “Contribuição Para a Caracterização e Modelação Hidrogeológica do Concelho do Seixal”, tese de mestrado apresentada à Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 164 pp.

Carvalho, A. H.; Almeida, J.D.; Reis, E. M. (1961) - “Guia de Análise Química das Águas: Potáveis, Minerais e Para a Indústria”, Rádio Renascença, Lisboa, 162 pp.

CIM Cávado (2011) - Modelo Digital do Terreno para a freguesia de Creixomil no Concelho de Barcelos.

Custódio, E.; Llamas, M. R. (1996) - “Hidrologia Subterrânea”, 2ª ed., Tomo I e II, Ediciones Omega, Barcelona, 2350 pp.

DAS (2006) - Directiva das Águas Subterrâneas, Directiva 2006/118/CE de 12 de Dezembro, “Protecção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração”, Parlamento Europeu e do Conselho, Jornal Oficial da União Europeia, nº372/19, 13 pp.

DGEG (2010) - “Águas Minerais e de Nascente”, Direcção Geral de Energia e Geologia, site: <http://www.dgge.pt>, (consultado em Dezembro de 2010).

Directiva (1998) - Directiva 98/83/CE de 3 de Novembro, “Enquadramento da qualidade da água para consumo humano”, Conselho da União Europeia, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, nº330/32, 23 pp.

Directiva (2003) - Directiva 2003/40/CE de 16 de Maio, “Estabelece a lista dos constituintes das águas minerais naturais que podem apresentar um risco para a saúde pública”, Parlamento Europeu e do Conselho, Jornal Oficial da União Europeia, nº 126/34, 6 pp.

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

DL (1990b) - Decreto-Lei 84/90 de 16 de Março, “Aprova o regulamento de exploração das águas de nascente”, Diário da República nº63/90, série I-A, 3 pp.

DL (1990c) - Decreto-Lei 86/90 de 16 de Março, “Aprova o regulamento das águas minerais”, Diário da República nº63/90, série I-A, 11 pp.

DL (1990d) - Decreto-Lei 87/90 de 16 de Março, “Aprova o regulamento dos recursos geotérmicos”, Diário da República nº63/90, série I-A, 11 pp.

DL (1997) - Decreto-Lei 235/97 de 3 de Setembro, “Regula a protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola”, Diário da República, nº 203, série I-A, 5 pp.

DL (1998a) - Decreto-Lei 156/98 de 6 de Junho, “Define e caracteriza as águas minerais naturais e as águas de nascente e regula a sua exploração, acondicionamento e comercialização”, Diário da República, nº 131, série I-A, 7 pp.

DL (1998b) - Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, “Regula a protecção do meio aquático e a qualidade das águas em função dos seus principais usos”, Diário da República, nº 176, série I-A, 47 pp.

DL (1999a) - Decreto-Lei 68/99 de 11 de Março, “Regula a protecção das águas contra poluição causada por nitratos de origem agrícola”, Diário da República, nº 59, série I-A, 2 pp.

DL (1999b) - Decreto-Lei 382/99 de 22 de Setembro, “Estabelece perímetros de protecção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público”, Diário da República, nº 222, série IA, 5 pp.

DL (2001) - Decreto-Lei 243/2001 de 5 de Setembro, “Regula a qualidade da água destinada ao consumo humano”, Diário da República, nº 206, série I-A, 12 pp.

DL (2004) - Decreto-Lei 72/2004 de 25 de Março, “Estabelece os limites de concentração dos constituintes das águas minerais naturais”, Diário da República, nº 72, série I-A, 4 pp.

DL (2006a) - Decreto-Lei 77/2006 de 30 de Março, “Estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água”, Diário da República, nº 64, série I-A, 24 pp.

DL (2006b), Decreto-Lei 176/2006 de 30 de Agosto, “Estabelece o regime jurídico dos medicamentos para uso humano”, Diário da República, nº 167, série I, 87 pp.

DL (2007a) - Decreto-Lei 226-A/2007 de 31 de Maio, “Regula os títulos de utilização dos recursos hídricos”, Diário da República, nº105, série I, 26 pp.

DL (2007b) - Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto, “Estabelece o regime de qualidade de água para consumo humano”, Diário da República, nº 164, série I, 19 pp.

DL (2008a) - Decreto-Lei 166/2008 de 22 de Agosto, “Estabelece o regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional”, Diário da República, nº 162, série I, 20 pp.

DL (2008b) - Decreto-Lei 208/2008 de 28 de Outubro, “Estabelece o regime de protecção das águas subterrâneas contra a poluição e detioração”, Diário da República, nº 209, serie I, 7 pp.

DL (2009) - Decreto-Lei 245/2009 de 22 de Setembro, “Actualiza os regimes de utilização dos recursos hídricos”, Diário da República, nº 148, série I-A, 2 pp.

Doherty, M. (2009) - “Conceptual Site Models in Hydrogeology and Land Contamination - an Environment Agency Perspective”, Environment Agency Wales, 39 pp.

DQA (2000) - Directiva Quadro da Água, Directiva 2000/60/CE de 23 de Junho, “Estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água”, Parlamento Europeu e do Conselho, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, nº 327/1, 72 pp.

Ferreira Gomes, L. M. (2000) - “Estudo Hidrogeológico para Localização de Captações em Casal da Fraga - São Vicente da Beira”, Exploração e Comercialização de Águas de Mesa, Lda., 27 pp.

Ferreira Gomes, L. M. (2007) - “Aproveitamento Geotérmico em Cascata em São Pedro do Sul”, Boletim de Minas, 42 (I), Direcção Geral de Energia e Geologia, Lisboa, pp. 5-17.

Ferreira Gomes, L. M. (2011) - Modelos geohidráulicos de águas minerais e de nascente. Editor J. Simões Cortêz (no prelo).

Ferreira Gomes, L. M.; Andrade Pais, L. J.; Maia de Carvalho, P. E. (2011) - “Elementos Hidrogeológicos de Formações Ordovícias - O Caso de Estudo da Serra do Machialinho”, VI Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, Livro de Actas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, pp. 91-100.

Ferreira Gomes, L. M.; Daniel, J. A. M.; Cavaleiro, V. M. P. (2001) - “Recurso Hidromineral de Longroiva Como Uma Nova Água Mineral Termal Natural”, II Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, Livro de Actas, UTAD, Vila Real, 14 pp.

Ferreira Gomes, L. M.; Pereira, J. J. G.; Ferreira, S. R. M; Bezerra, A. (2002) - “Contribuição Para o Conhecimento do Modelo Geohidráulico da Água Mineral das Termas de Carvalhal - Castro de Aire”, 6º Congresso da água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Porto, 12pp.

Ferreira, A. (2000) - “Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Factores de Variação Regional”, tese de doutoramento apresentada à Universidade de Aveiro, Aveiro, Cap.2, 43 pp.

Fonseca, T. (1937) - “O Concelho de Barcelos Aquém e Além - Cávado”, Barcelos, pp. 215 - 222.

Freeze, R. A.; Cherry, J. A. (1979) - “Groundwater”, Prentice-Hall Inc., New York, 604 pp.

IGE (1997) - Carta Militar de Portugal nº 69-1, à escala 1:25 000, Instituto Geográfico do Exército, cedida por CIM Cávado.

IGM (1998) - “Recursos geotérmicos em Portugal Continental”, Baixa Entalpia, Ed. De IGM, DSGRG e DRHG, Lisboa, 23 pp.

IGP (2004) - Carta Cartográfica nº 69/1, à escala 1:10 000, Instituto Geográfico Português, cedida por CIM Cávado.

INETI (2011) - Glossário de Termos Hidrogeológicos, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, site: http://egeo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/glossario.aspx (acedido em Maio 2011).

Lei (2005a) - Lei 54/2005 de 15 de Novembro, “Estabelece a titularidade dos recursos hídricos”, Diário da República, nº219, série I-A, 6 pp.

Lei (2005b) - Lei da Água, Lei 58/2005 de 29 de Dezembro, “Estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas”, Diário da República, nº 249, série I-A, 44 pp.

Lencastre, A.; Franco, F. M. (1992) - “Lições de Hidrologia”, 2ª ed, Universidade Nova de Lisboa, 453pp.

Lima, A. (2000) - “Hidrogeologia de terrenos graníticos do Minho: Noroeste de Portugal”, tese de doutoramento apresentada à Universidade do Minho, Braga, 451pp.

Martins de Carvalho, J. (2006) - “Prospecção e Pesquisa de Recursos Hídricos e Subterrâneos no Maciço Antigo Português: Linhas Metodológicas”, tese de doutoramento apresentada à Universidade de Aveiro, Aveiro, 312 pp.

McMahon, A; Heathcote, J.; Carey, M.; Herskine, A. (2001) - “Guide to Good Practice for the Development of Conceptual Models and the Selection and Application of Mathematical Models of Contaminant Transport Processes in Subsurface”, National Groundwater & Contaminated Land Centre, Solihull, 121pp.

Medeiros, A. (2004) - “Prospecção, Pesquisa e Dimensionamento de Captações de Água Subterrânea”, Manual de Engenharia das Águas Subterrâneas, Grundfos, 36 pp.

Melo, T. (2011) - “Impacto da qualidade da água subterrânea nas águas superficiais e ecossistemas associados”, Instituto Superior Técnico, 31 pp.

Mendes, E. (2006) - “Perímetros de Protecção de Captações de Água Subterrânea Para Consumo Humano em Zonas de Montanha. Caso de Estudo da Cidade da Covilhã”, tese de mestrado apresentada à Universidade da Beira Interior, Covilhã, 122 pp.

Mendes, E.; Ferreira Gomes, L. M.; Condesso de Melo, M. T. (2008) - “Contributo Para a Caracterização Hidrogeológica das Águas Subterrâneas do Maciço Granítico da Serra da Estrela”, Comunicações Geológicas, INETI, Tomo 95, Lisboa, pp. 61-71.

PDM (2011) - Plano Director Municipal de Barcelos, site: <http://www.cm-barcelos.pt/dpgu/pdm7/index.htm>, (acedido em Junho de 2011).

Plácido, E. (2007) - “Qualidade de Água Mineral do Campo Geotérmico e Hidromineral de São Pedro do Sul”, tese de mestrado apresentada à Universidade da Beira Interior, Covilhã, 271 pp.

Portaria (2000) - Portaria 1220/2000 de 29 de Dezembro, “Estabelece as condições a que as águas minerais naturais e as águas de nascente devem obedecer, na captação, para serem consideradas bacteriologicamente próprias”, Diário da República, nº 299, série I-B, 2 pp.

Portaria (2009) - Portaria 1115/2009 de 29 de Setembro, “Avalia e monitoriza o estado quantitativo das massas de água subterrâneas”, Diário da República, nº 189, série I, 3 pp.

Quintela, A. (1996) - “Hidrologia e recursos hídricos”, Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Ribeiro, L. (2004) - “Águas Subterrâneas em Portugal Continental”, Manual de Engenharia das Águas Subterrâneas, Grundfos, 13 pp.

Santos, L. (2005) - “Caracterização Sócio-Económica dos Concelhos: Concelho de Barcelos”, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, 24pp.

Serrão, L. (2003) - “O Livro da Água”, Coleções Unibanco, Editora Barbara Palla e Carmo. Amadora, 206 pp.

SGP (1992) - Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000, 5ª Ed. Serviços Geológicos de Portugal.

SNIRH (2011a) - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, site: <http://snirh.pt/index.php?idMain=4&idItem=2>, (acedido em Abril de 2011).

SNIRH (2011b) - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, site: http://snirh.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.4&uh=A&sa=A0-MACIÇOANTIGOINDIFERENCIADO&ponto=159/N2&zf=&click_x=&click_y=&tema=&tipo=Poço, (acedido em Junho de 2011)

SNIRH (2011c) - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, site: <http://snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1>, (acedido em Maio de 2011)

Soeiro, Carla (2009) - “Estudos Hidrogeoambientais Para a Implantação de Uma Nova Unidade Termal - Caso de Estudo de Água Sulfúrea da Fonte Santa de Águas - Penamacor”, tese de mestrado apresentada à Universidade da Beira Interior.

Struckmeier, W.; Rubin, Y.; Jones, J. A. A. (2007) - “Água subterrânea - Reservatório Para Um Planeta Com Sede?”, Planeta Terra, Comissão Nacional da Unesco, Pangeo, Braga, 16 pp.

Teixeira, C.; Medeiros, A. C.; Alves, C. A. M.; Moreira, M. M. (1969) - “Carta Geológica de Portugal - Notícia Explicativa da Folha 5-C Barcelos”, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 49 pp.

Termas de Portugal (2011) - “Classificação das Águas Minerais Naturais”, Termas de Portugal, site: <http://www.termasdeportugal.pt/classificacao> (acedido em Junho de 2011).

Zimbres, E. (2011) - “Águas Subterrâneas”, site: <http://www.meioambiente.pro.br>, (acedido em Outubro, 2010).

Anexos

Ponto	Local	Coordenadas		Alt. (m)	Tipo	Uni. Litológ.	Tipo aplicação	Profund. (m)	Cond. c (μ S/cm)	T ($^{\circ}$ C)	TDS (mg/l)	Resist ρ (k Ω)	pH	Redox Eh (mV)
		Lat. ($^{\circ}$)	Long. ($^{\circ}$)											
P1	Outeiro	41,545492	-8,681460	142	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	10,00	109,80	16,4	101,20	4,927	5,61	49,3
P2	Outeiro	41,545062	-8,681654	138	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	16,50	109,70	16,5	100,80	4,936	5,57	50,4
P3	Outeiro	41,544461	-8,681211	122	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	17,50	148,40	18,0	136,10	3,673	5,81	38,4
P4	Outeiro	41,544296	-8,681342	121	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	17,00	106,60	18,2	98,24	5,090	6,12	21,2
P5	Outeiro	41,544038	-8,681491	121	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	16,00	161,40	18,4	149,20	3,348	5,07	80,5
P6	Outeiro	41,543608	-8,681306	117	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	11,50	274,10	18,6	251,80	1,984	5,24	70,7
P7	Outeiro	41,544750	-8,681125	124	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	12,00	158,40	17,8	145,60	3,424	5,09	79,3
P8	Outeiro	41,546189	-8,680696	147	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	12,00	75,59	16,8	69,53	7,171	5,30	66,8
P9	Outeiro	41,547731	-8,679349	152	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	12,00	99,17	17,1	91,38	5,464	5,82	38,3
P10	Outeiro	41,546220	-8,680028	137	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	12,00	217,90	17,2	200,90	2,484	5,66	46,8
P11	Outeiro	41,543962	-8,679027	114	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	8,50	150,60	17,7	138,10	3,622	5,16	75,2
P12	Outeiro	41,546957	-8,679351	141	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	13,00	160,60	16,2	148,00	3,369	5,23	70,4
P13	Campelos	41,543332	-8,684586	118	Poço	γ πg	Cons. doméstico	7,50	92,88	17,2	85,24	5,859	5,36	63,3
P14	Outeiro	41,544947	-8,681124	127	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	16,00	222,30	16,7	204,40	2,448	5,60	49,6
P15	Outeiro	41,542597	-8,683076	116	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	12,00	147,70	17,0	135,70	3,676	5,20	72,6
P16	Outeiro	41,543904	-8,683299	126	Poço	γ πg	Cons. doméstico	4,00	105,80	18,6	98,11	5,103	5,68	46,3
P17	Campelos	41,542772	-8,683992	110	Poço	γ πg	Cons. doméstico	16,50	129,70	16,8	119,60	4,174	5,25	69,4
P18	Campelos	41,542922	-8,685090	108	Poço	γ πg	Cons. doméstico	9,00	79,30	17,6	72,69	6,870	5,05	81,5
P19	Outeiro	41,541617	-8,683572	101	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	19,50	343,80	19,5	321,60	1,554	5,67	46,8
P21	Campelos	41,542605	-8,685282	104	Poço	γ πg	Cons. doméstico	9,50	75,79	17,7	69,67	7,154	5,12	76,9
P22	Campelos	41,542494	-8,686490	112	Poço	γ πg	Cons. doméstico	12,50	86,20	17,1	79,44	6,294	5,48	56,7
P26	Campelos	41,541570	-8,686256	99	Poço	γ πg	Cons. doméstico	15,00	137,10	18,6	127,20	3,911	5,29	68,0
P29	Outeiro	41,545089	-8,669759	118	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	7,00	119,50	18,9	110,30	4,513	4,86	91,2
P30	Outeiro	41,545563	-8,670983	128	Poço	γ π'm	Cons. doméstico	9,50	95,43	18,5	87,82	5,684	4,92	88,5

(continuação)														
P31	Visos	41,533897	-8,683555	66	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	15,00	156,90	19,5	145,60	3,417	5,23	72,1
P32	Visos	41,534038	-8,683593	66	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	16,50	204,90	19,0	189,60	2,626	5,53	54,1
P33	Visos	41,535306	-8,684971	71	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	8,00	260,30	17,7	240,50	2,073	4,82	94,3
P34	Visos	41,535607	-8,684790	72	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	417,60	18,0	386,00	1,294	4,46	113,9
P35	Visos	41,535844	-8,683468	73	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,00	421,60	18,0	388,40	1,287	4,43	115,5
P36	Visos	41,534194	-8,684059	67	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	18,00	364,70	18,3	335,10	1,493	5,45	59,1
P37	Visos	41,536087	-8,684140	74	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	481,90	17,0	446,10	1,111	5,34	64,7
P38	Visos	41,535955	-8,684257	74	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	246,90	17,9	227,10	2,198	5,81	38,9
P39	Visos	41,535564	-8,684971	72	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	408,10	18,1	375,90	1,325	4,45	115,0
P40	Visos	41,536099	-8,683414	74	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,50	208,90	17,8	192,30	2,595	5,25	69,9
P41	Visos	41,536534	-8,683451	75	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	5,50	165,90	18,2	152,80	3,271	5,20	73,2
P42	Visos	41,536627	-8,683306	75	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,50	325,10	17,9	299,20	1,670	4,89	89,8
P43	Outeiro	41,544888	-8,679013	120	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	10,50	104,60	18,4	96,34	5,157	5,79	40,2
P44	Outeiro	41,545335	-8,678779	123	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,00	171,00	20,0	158,20	3,168	4,95	88,1
P45	Outeiro	41,546685	-8,678563	131	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	75,16	21,9	69,23	7,211	5,48	58,9
P46	Outeiro	41,543902	-8,678867	113	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	8,00	135,40	22,8	123,50	4,074	5,36	65,7
P47	Outeiro	41,544695	-8,678810	119	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	159,60	19,2	147,40	3,384	5,36	64,5
P48	Visos	41,534982	-8,684007	70	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,50	120,50	20,7	110,70	4,511	6,20	17,5
P49	Carvalhal	41,540998	-8,679042	93	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	194,10	21,1	178,50	2,804	5,81	39,0
P50	Carvalhal	41,540443	-8,679650	90	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	6,50	229,80	19,8	212,10	2,348	5,64	48,5
P51	Carvalhal	41,540005	-8,679539	87	Poço	γπ'm	Rega	8,50	246,90	19,3	227,60	2,188	5,68	46,4
P52	Carvalhal	41,539986	-8,679622	88	Poço	γπ'm	Rega	9,00	254,60	18,5	236,20	2,110	5,64	47,7
P53	Olheiro	41,545535	-8,663858	103	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	74,07	19,3	68,20	7,318	5,09	79,0
P54	Olheiro	41,542577	-8,665227	100	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,50	208,90	18,9	192,70	2,599	4,67	102,0
P55	Outeirinho	41,541456	-8,673548	91	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	17,50	217,60	18,5	199,70	2,502	5,46	58,2

(continuação)														
P56	Outeirinho	41,541614	-8,673289	92	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	15,00	260,80	18,0	239,70	2,084	4,57	107,9
P57	Outeirinho	41,541548	-8,673872	92	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	14,50	126,80	19,3	117,30	4,258	4,95	87,2
P59	Outeirinho	41,541760	-8,672980	93	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	14,00	159,90	18,6	147,70	3,377	4,98	85,8
P60	Outeirinho	41,541792	-8,674380	94	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,00	152,10	19,3	140,60	3,538	5,55	54,2
P61	Outeirinho	41,542523	-8,674029	98	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	104,10	18,0	96,85	5,175	5,57	52,1
P62	Ventosa	41,542265	-8,670685	99	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,50	153,10	20,1	141,10	3,540	5,27	70,1
P63	Ventosa	41,541941	-8,671805	94	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	127,70	18,8	118,10	4,171	5,71	44,7
P65	Outeirinho	41,542452	-8,677053	102	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,50	128,60	19,4	119,00	4,201	5,56	52,6
P66	Outeiro	41,542766	-8,677414	105	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,50	141,10	18,4	130,40	3,826	5,30	67,9
P68	Outeirinho	41,542099	-8,677196	99	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,50	181,70	19,4	167,80	2,956	4,97	86,4
P69	Outeiro	41,542461	-8,677607	102	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	180,40	18,3	167,10	2,978	5,31	66,3
P71	Carvalhal	41,540638	-8,678770	90	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,50	213,60	17,5	197,00	2,543	5,62	49,2
P72	Carvalhal	41,540603	-8,679110	90	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	6,50	189,60	18,0	174,80	2,852	5,77	40,6
P73	Carvalhal	41,539956	-8,679056	87	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	175,70	17,6	162,00	3,093	5,75	41,9
P74	Carvalhal	41,538820	-8,680118	83	Poço	γπ'm	Rega	7,00	222,30	17,8	205,70	2,419	5,39	62,3
P75	Outeiro	41,542649	-8,681772	113	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,00	416,50	16,9	384,30	1,300	5,58	51,2
P76	Outeiro	41,542661	-8,680950	109	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	8,50	226,80	17,1	209,60	2,380	5,04	81,6
P77	Carvalhal	41,538583	-8,672049	79	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	13,00	246,90	17,8	228,30	2,187	4,80	94,8
P78	Ventosa	41,543031	-8,667892	100	Poço	a	Rega	6,00	94,87	20,2	87,14	5,731	5,22	72,8
P79	Carvalhal	41,539477	-8,678632	83	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,50	482,80	19,1	444,80	1,123	5,81	39,0
P80	Carvalhal	41,540399	-8,675411	85	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	160,60	19,6	148,70	3,362	5,00	84,6
P81	Reguengo	41,534673	-8,668253	98	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,00	142,70	19,0	131,50	3,802	5,53	55,2
P82	Visos	41,536024	-8,683012	74	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,50	344,50	16,5	316,60	1,576	4,94	87,5
P83	Visos	41,536563	-8,681529	75	Poço	γπ'm	Rega	6,00	213,20	17,3	196,30	2,545	5,70	44,3
P84	Visos	41,536989	-8,683576	75	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,00	446,30	16,5	410,30	1,215	6,48	0,5
P85	Visos	41,537473	-8,683588	75	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,00	276,20	17,3	254,00	1,969	5,46	57,7

(continuação)														
P86	Visos	41,537279	-8,683676	75	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,50	491,40	16,6	451,30	1,105	5,54	53,3
P87	Visos	41,537488	-8,683499	76	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	332,60	17,8	306,00	1,634	4,55	109,3
P88	Visos	41,536998	-8,684667	75	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	205,60	17,0	189,60	2,632	5,28	67,7
P89	Visos	41,537514	-8,684386	75	Poço	γπ'm	Rega	7,00	359,00	16,5	331,60	1,506	4,84	92,2
P90	Visos	41,537608	-8,683312	76	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,50	227,60	16,8	209,30	2,383	5,45	58,7
P91	Visos	41,538799	-8,682971	85	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	177,40	19,4	163,20	3,056	5,32	66,6
P92	Cruzeiro	41,540058	-8,684620	94	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,50	213,30	19,4	196,90	2,539	5,10	79,3
P93	Reguengo	41,535006	-8,671938	80	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	245,90	19,3	227,10	2,201	4,77	98,5
P94	Reguengo	41,534843	-8,670079	89	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,00	386,80	18,9	358,50	1,392	4,58	107,9
P95	Reguengo	41,535380	-8,668253	99	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	85,95	19,6	79,49	6,260	5,35	64,1
P96	Reguengo	41,537912	-8,667832	101	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	113,60	18,8	104,90	4,755	5,16	75,3
P97	Reguengo	41,537349	-8,667854	101	Poço	γπ'm	Rega	6,00	99,07	20,3	91,21	5,485	5,21	73,2
P98	Reguengo	41,537683	-8,668113	100	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,00	98,48	18,5	90,75	5,498	5,11	78,5
P99	Carvalhal	41,539726	-8,678671	85	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	175,50	18,0	161,80	3,088	5,52	54,8
P100	Carvalhal	41,538429	-8,677710	75	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	13,00	194,30	17,8	180,40	2,784	5,10	78,2
P101	Carvalhal	41,539787	-8,678260	84	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	10,00	209,40	17,4	194,50	2,553	5,28	67,9
P102	Carvalhal	41,539677	-8,677232	81	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	214,80	17,1	197,50	2,531	5,50	55,1
P103	Carvalhal	41,540219	-8,678925	88	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	189,60	17,7	174,70	2,858	5,46	56,6
P104	Ventosa	41,539192	-8,668052	101	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,50	409,60	17,2	377,70	1,322	4,62	104,6
P105	Ventosa	41,539159	-8,667641	103	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	16,00	272,00	16,5	250,80	1,988	6,25	13,8
P106	Ventosa	41,539188	-8,667462	105	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,50	183,50	16,3	168,50	2,960	5,25	69,2
P107	Ventosa	41,539460	-8,666985	107	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	14,00	122,40	16,6	113,80	4,375	5,31	65,9
P108	Ventosa	41,539905	-8,669137	99	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	15,50	302,70	17,7	278,80	1,785	5,17	74,4
P109	Ventosa	41,540414	-8,668373	100	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	11,00	195,30	17,3	180,00	2,768	4,89	90,3
P110	Reguengo	41,534738	-8,675393	75	Poço	γπ'm	Rega	8,00	177,00	18,5	164,00	3,029	5,56	52,8
P111	Reguengo	41,533545	-8,674428	75	Poço	γπ'm	Rega	7,00	201,30	18,9	185,80	2,685	5,13	76,6

(continuação)														
P112	Carvalho	41,540166	-8,676340	84	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	4,00	136,60	20,4	126,30	3,943	5,03	83,0
P113	Ventosa	41,538879	-8,669004	99	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	10,50	290,70	20,9	267,60	1,861	4,79	97,1
P114	Ventosa	41,539352	-8,668345	100	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	15,50	329,80	19,3	303,60	1,642	5,44	59,8
P115	Ventosa	41,539253	-8,667288	106	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	13,50	134,20	19,0	123,70	4,023	5,57	52,4
P117	Ventosa	41,540595	-8,666987	100	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	11,00	73,26	17,0	67,25	7,432	5,04	80,9
P118	Ventosa	41,539290	-8,669982	94	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	10,50	188,90	17,8	175,20	2,843	4,95	86,4
P119	Ventosa	41,538905	-8,670262	93	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	17,00	278,30	18,4	256,10	1,944	5,01	83,5
P120	Ventosa	41,538583	-8,670969	89	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	10,00	205,40	17,1	189,30	2,636	4,86	91,6
P121	Ventosa	41,539041	-8,670721	90	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	10,00	231,40	17,4	214,70	2,326	4,66	102,6
P122	Ventosa	41,538293	-8,670529	94	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	18,00	177,60	18,1	162,20	3,076	5,58	51,7
P123	Ventosa	41,538268	-8,670982	89	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	17,00	255,60	17,4	237,50	2,096	4,68	101,4
P124	Ventosa	41,538272	-8,671599	82	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	13,00	224,20	17,1	206,20	2,416	4,99	84,1
P126	Ventosa	41,537855	-8,672303	79	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	7,00	212,10	18,1	194,70	2,567	5,06	80,8
P127	Ventosa	41,539054	-8,667783	101	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	-	98,71	21,7	90,97	5,472	5,72	44,9
P128	Ventosa	41,539082	-8,671005	87	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	9,00	220,40	16,3	203,00	2,457	4,53	105,5
P129	Ventosa	41,539001	-8,672267	79	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	9,00	267,60	16,5	246,60	2,027	5,01	79,5
P130	Ventosa	41,539146	-8,672287	79	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	8,00	324,40	17,1	299,30	1,670	5,20	69,2
P134	Ventosa	41,540008	-8,670599	94	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	5,50	644,60	19,3	589,40	1,027	4,28	120,2
P135	Olheiro	41,543734	-8,659820	124	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	8,00	61,28	20,9	56,48	8,848	5,08	76,4
P137	Ventosa	41,540099	-8,671256	88	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	6,50	240,50	17,5	221,70	2,245	4,53	105,5
P138	Ventosa	41,541353	-8,670085	99	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	6,50	153,20	18,6	141,10	3,534	5,04	78,1
P139	Reguengo	41,538153	-8,668228	100	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	11,50	206,40	18,8	189,70	2,632	5,00	80,2
P140	Ventosa	41,539500	-8,671623	83	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	11,00	246,50	18,4	227,00	2,205	4,91	84,7
P141	Ventosa	41,541323	-8,669754	99	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	6,50	145,20	17,6	133,50	3,737	5,31	62,8
P142	Ventosa	41,541095	-8,668801	100	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	11,50	120,40	16,5	110,30	4,528	4,92	83,2
P143	Ventosa	41,541026	-8,669119	100	Poço	γπ'μ	Cons. doméstico	10,50	128,40	17,3	118,10	4,255	5,05	76,6

(continuação)														
P145	Ventosa	41,540059	-8,668820	100	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	215,00	16,4	198,00	2,519	4,70	95,4
P146	Ventosa	41,540272	-8,668106	100	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	10,00	129,10	15,8	119,50	4,144	4,96	80,9
P147	Ventosa	41,540641	-8,667279	100	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	10,00	70,76	16,8	64,92	7,630	4,98	80,1
P148	Olheiro	41,542368	-8,666239	100	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	156,30	17,1	143,70	3,479	5,11	73,8
P149	Olheiro	41,542877	-8,666008	100	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	174,90	18,0	160,10	3,122	5,02	78,7
P150	Outeiro	41,541009	-8,679691	93	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	4,00	152,80	20,2	141,30	3,540	5,39	59,8
P151	Carvalhal	41,537424	-8,678850	75	Poço	γπ'm	Rega	9,00	213,90	16,6	197,40	2,532	5,82	34,4
P152	Carvalhal	41,537422	-8,680062	75	Poço	γπ'm	Rega	4,00	251,10	17,3	230,50	2,169	5,99	25,6
P153	Visos	41,536381	-8,680489	75	Poço	γπ'm	Rega	6,00	189,20	18,2	173,30	2,880	5,46	55,1
P154	Visos	41,536261	-8,680564	75	Poço	γπ'm	Rega	7,50	187,20	18,3	174,20	2,855	5,35	60,8
P155	Visos	41,535278	-8,680795	75	Poço	γπ'm	Rega	7,50	235,40	18,3	217,60	2,284	5,61	46,9
P156	Visos	41,535649	-8,682593	72	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	10,00	181,60	17,1	167,80	2,967	5,71	40,6
P157	Visos	41,535305	-8,682888	71	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	157,00	17,4	145,10	3,440	5,65	43,5
P158	Visos	41,537182	-8,680448	75	Poço	γπ'm	Rega	6,00	205,30	18,6	189,80	2,622	5,61	46,0
P159	Outeiro	41,540714	-8,682022	96	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	6,00	186,50	19,0	172,40	2,896	5,56	48,9
P160	Outeiro	41,542811	-8,679728	107	Poço	γπ'm	Rega	5,00	189,30	18,1	175,50	2,841	4,93	84,1
P161	Outeiro	41,543036	-8,681102	112	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,50	184,30	18,6	170,30	2,937	5,19	70,3
P162	Visos	41,540082	-8,681342	91	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	8,00	169,60	18,9	155,90	3,190	5,60	46,7
P163	Outeirinho	41,541820	-8,679119	99	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	5,50	219,90	17,6	202,30	2,459	5,63	45,0
P165	Outeiro	41,544462	-8,680317	119	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	252,70	17,6	233,90	2,130	5,79	36,1
P166	Outeiro	41,546233	-8,679447	130	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	10,50	128,40	16,7	118,90	4,207	5,02	77,8
P169	Outeiro	41,540874	-8,684656	99	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	15,50	250,80	17,4	230,40	2,164	5,05	76,8
P171	Campelos	41,540704	-8,685325	97	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	14,50	193,40	17,2	178,70	2,799	5,58	47,6
P172	Carvalhal	41,539444	-8,673331	78	Poço	a	Cons. doméstico	5,50	186,60	17,7	171,60	2,915	4,91	84,1
P173	Cruzeiro	41,539719	-8,684943	91	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	12,00	297,90	17,5	274,60	1,821	5,13	72,5
P174	Cruzeiro	41,539915	-8,684519	93	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,00	315,80	19,0	290,40	1,717	5,34	61,0

(continuação)														
P175	Visos	41,538490	-8,683634	83	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	7,00	200,70	18,3	183,60	2,734	4,71	95,8
P176	Visos	41,538190	-8,683794	80	Poço	γπ'm	Cons. doméstico	9,50	184,30	17,9	170,20	2,924	5,51	51,4
F20	Outeiro	41,541560	-8,684153	100	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	90,00	224,00	25,1	205,90	2,429	5,68	46,9
F23	Campelos	41,542257	-8,686838	109	Furo	γπg	Cons. doméstico	104,00	-	-	-	-	-	-
F24	Campelos	41,541708	-8,685813	100	Furo	γπg	Cons. doméstico	92,00	254,20	24,4	235,30	2,125	6,89	-21,7
F25	Campelos	41,541900	-8,686751	103	Furo	γπg	Cons. doméstico	70,00	257,30	23,4	236,60	2,112	6,21	17,4
F27	Campelos	41,541520	-8,686352	99	Furo	γπg	Cons. doméstico	90,00	-	-	-	-	-	-
F28	Campelos	41,541596	-8,686165	99	Furo	γπg	Cons. doméstico	50,00	-	-	-	-	-	-
F58	Outeirinho	41,542351	-8,673157	96	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	77,00	120,40	19,8	111,20	4,486	6,16	19,4
F64	Outeirinho	41,542536	-8,676556	101	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	86,00	176,00	24,8	163,20	3,070	5,80	40,7
F67	Outeirinho	41,542248	-8,677585	101	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	202,00	260,90	21,6	240,40	2,076	7,50	-57,8
F70	Outeirinho	41,541636	-8,677737	96	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	125,00	255,20	19,5	236,20	2,115	5,26	69,6
F116	Ventosa	41,539825	-8,667337	102	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	45,00	121,20	17,8	113,00	4,407	5,68	45,6
F125	Ventosa	41,538552	-8,671942	79	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	77,00	224,60	20,7	207,20	2,412	5,11	78,4
F131	Ventosa	41,539727	-8,671736	83	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	85,00	231,10	16,9	213,50	2,335	4,71	95,7
F132	Ventosa	41,540260	-8,671042	91	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	100,00	201,20	16,7	185,10	2,699	5,81	35,1
F133	Ventosa	41,540468	-8,670856	93	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	100,00	165,20	17,8	153,00	3,251	6,57	-6,0
F136	Ventosa	41,540551	-8,670503	96	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	100,00	171,60	17,8	158,90	3,134	6,54	-4,3
F144	Ventosa	41,540527	-8,669319	99	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	80,00	80,17	16,9	74,17	6,725	5,21	67,8
F164	Outeiro	41,544762	-8,679543	119	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	71,00	157,10	18,8	144,50	3,469	4,90	84,9
F167	Campelos	41,541243	-8,685160	99	Furo	γπg	Cons. doméstico	80,00	211,40	19,3	194,30	2,575	6,07	21,2
F168	Outeiro	41,540716	-8,684581	99	Furo	γπ'm	Cons. doméstico	30,00	230,40	18,2	211,90	2,366	4,68	97,3
F170	Campelos	41,541341	-8,685819	99	Furo	γπg	Cons. doméstico	95,00	167,80	21,7	153,90	3,248	5,87	31,0

Ponto	Nome	Coordenadas		Alt. (m)	Tipo	Uni. Litológ.	Tipo aplicação	Caudal (l/s)	Cond. c (μS/cm)	T (°C)	TDS (mg/l)	Resist ρ (kΩ)	pH	Redox Eh (mV)
		Lat. (°)	Long. (°)											
M01	Poça da Levada	41,546682	-8,678810	133	Mina	γπ'm	Rega	-	77,23	15,1	71,02	7,007	5,32	65,3
M02	Fonte dos Namorados	41,545157	-8,679685	122	Mina	γπ'm	Cons. doméstico	0,214286	187,1	19,3	163	3,098	5,46	59,1
M03	Debeza	41,541659	-8,683061	104	Mina	γπ'm	Rega	0,115385	148,4	17,1	138,6	3,583	4,97	84,7
M04	Grimas	41,543218	-8,680957	114	Mina	γπ'm	Rega	-	195,1	17,4	179,9	2,89	6,06	23,3
M05	Fonte da Telha	41,540135	-8,672167	84	Mina	a	Rega	0,115385	168	16,9	154,9	3,221	4,88	90,4
M06	Calvelhe	41,535698	-8,667086	100	Mina	γπ'm	Rega	-	74,36	19	68,62	7,259	5,72	43,7
M07	Fonte Boa	41,543760	-8,659316	126	Mina	γπ'm	Rega	-	56,84	17,8	52,7	9,429	5,63	49,4
M08	Vieira	41,545154	-8,664380	101	Mina	γπ'm	Rega	-	73,95	17,6	68,18	7,314	5,24	71
M09	Outeirinho	41,544803	-8,668343	108	Mina	γπ'm	Rega	-	93,14	18,7	86,28	5,794	5,43	60,7
M10	Tresufe	41,534401	-8,675226	74	Mina	γπ'm	Rega	-	207	17,6	191,6	2,603	5,16	74,6
M11	Mina privada	41,543343	-8,679818	111	Mina	γπ'm	Rega	-	398,40	17,3	366,70	1,363	4,86	91,7
M12	Manteiros	41,540374	-8,682580	96	Mina	γπ'm	Cons. doméstico	-	184,5	17,8	168,7	2,934	5,52	51,1
M13	Mendes	41,539494	-8,675564	79	Mina	γπ'm	Rega	-	160	22,7	147,4	3,384	5,78	41,7
M14	Catrina	41,548294	-8,680097	164	Mina	γπ'm	Rega	-	-	-	-	-	-	-
M15	Bouça Velha	41,546243	-8,677866	126	Mina	γπ'm	Rega	-	-	-	-	-	-	-
M16	Adro	41,540184	-8,685635	92	Mina	γπ'm	Rega	-	-	-	-	-	-	-
M17	Calvelhe	41,536851	-8,666597	106	Mina	γπ'm	Rega	-	-	-	-	-	-	-
M18	Olheiro	41,546099	-8,661874	116	Mina	γπ'm	Rega	-	-	-	-	-	-	-
M19	Carvalho	41,540697	-8,680230	93	Mina	γπ'm	Rega	-	-	-	-	-	-	-
M20	Manelo	41,546982	-8,663287	117	Mina	Sa	Rega	-	64,26	16,1	59,29	8,444	5,58	46,4
N1	Baloucos	41,549304	-8,677692	157	Nascen.	γπg	Rega	-	63,31	15,3	58,42	8,526	5,03	80,4
N2	Cidral	41,542614	-8,678218	104	Nascen.	γπ'm	Rega	0,107143	121,1	17,2	112,2	4,409	5,1	78,6

(continuação)														
N3	Cortelho	41,548832	-8,667481	127	Nascen.	γπ'm	Rega	-	65,95	17,8	60,84	8,185	5,87	34,3
N4	Manelo	41,547733	-8,658561	140	Nascen.	γπ'm	Rega	-	61,17	20,5	56,36	8,871	5,91	34,3
N5	Vale Espinhosa	41,549579	-8,669002	143	Nascen.	γπ'm	Rega	-	84,43	14,5	77,82	6,4	5,43	59,4
N6	Nascente privada	41,547863	-8,666448	110	Nascen.	a	Rega	-	68,96	16	63,78	7,817	5,17	73,9
N7	Manelo	41,545489	-8,659152	128	Nascen.	γπ'm	Rega	-	-	-	-	-	-	-
PR2	Calvelhe	41,535823	-8,666984	100	Presa	γπ'm	Rega	-	70,76	20,9	65,34	7,645	6,05	26,4
PR3	Presa privada	41,534352	-8,675791	74	Presa	a	Rega	-	138,9	21,5	127,7	3,916	5,37	64,6
PR4	Presa privada	41,533642	-8,673622	75	Presa	γπ'm	Rega	-	222,5	17,9	204,9	2,438	5,05	81
PR5	Vinha	41,537042	-8,670551	90	Presa	γπ'm	Rega	-	-	-	-	-	-	-
PR6	Outeiro	41,545317	-8,678977	122	Presa	γπ'm	Rega	-	68,7	17,2	63,03	7,906	5,46	52,6
PR7	Poça da aldeia	41,541161	-8,679310	94	Presa	γπ'm	Rega	-	127,2	18,2	116,9	4,286	5,93	29,4
R1	Ribeiro de Vilar	41,548272	-8,666351	113	Ribeiro	a	Rega	-	93,2	18,6	86,09	5,808	5,99	28,7
R2	Rego do ribeiro	41,538026	-8,672205	79	Ribeiro	γπ'm	Rega	-	111,1	23,9	102,3	4,887	6,67	-9,5
R3	Levada	41,541550	-8,670203	99	Ribeiro	a	Rega	-	102,2	19,8	93,95	5,313	5,93	29,1
R4	Fundões	41,533345	-8,676775	74	Ribeiro	a	Rega	-	132,2	19,1	122,1	4,086	5,96	25,4

Onde: γπ'm - granito não porfiróide de grão médio

γπg - granito porfiróide de grão grosseiro ou grosseiro a médio.

Sa - corneanas, xistos andaluzíticos, granatíferos e luzentes

a - aluviões actuais