



**Dina Maria Rodrigues  
Mota**

**Implicações Geoambientais das Obras de  
Engenharia e da Exploração de Recursos na Região  
de Tondela**





**Dina Maria Rodrigues  
Mota**

**Implicações Geoambientais das Obras de  
Engenharia e da Exploração de Recursos na Região  
de Tondela**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Minerais e Rochas Industriais, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor. José Velho, Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e co-orientação científica do Prof. Doutor Mário Ferreira, Professor Associado da Universidade de Coimbra.



## **O júri**

presidente

Prof. Doutor Joaquim Fernandes Tavares Rocha  
Professor catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José António Ganilho Lopes Velho  
Professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Mário de Oliveira Quinta Ferreira  
Professor associado da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Iuliu Bobus Radu  
Professor auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



## **agradecimentos**

A materialização deste estudo, só foi possível, graças ao contributo de um conjunto de pessoas, que o tornaram exequível, às quais gostaria de agradecer e enaltecer todo o seu apoio.

Ao Professor Doutor José Velho orientador deste trabalho e Professor Doutor Mário Ferreira co-orientador do mesmo, pela abertura de novos horizontes, partilha de saberes e acima de tudo a motivação e disponibilidade sempre demonstrados durante toda a realização deste estudo.

A todos os Professores do Curso de Mestrado em Minerais e Rochas Industriais do departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

A todos os colegas de Mestrado, pela boa disposição e amizade que dedicaram ao longo do curso.

À Câmara Municipal de Tondela, Àguas do Planalto e ao Planalto Beirão pela cedência de material.

Aos colegas e amigos Fernando Sousa, Jorge Mendes, Alfredo Cabral, Ana Luísa, Mónica Coimbra e ao Toninho, pai da Aliçe pela sua preciosa ajuda, tanto na obtenção de material como no tratamento das imagens.

Ao colega e amigo José Miguel por todo o apoio dado e pela paciência demonstrada, na correcção dos erros de formatação do texto.

Aos amigos Elisete, Lurdes e Júlio, pela leitura e correcção gramatical do trabalho, bem como o incentivo diário ao longo destes dois anos.

À minha grande amiga Angelina, por tudo aquilo que foi e é para mim, por ter estado sempre ao lado, mesmo naqueles momentos que não pedimos ajuda a ninguém.

Aos meus pais (Carlos e Natércia) e irmã (Graça), pelas preocupações constantes, motivação e força nos momentos menos bons.

Aos meus amigos e sogros (Sr. Rafael e D<sup>a</sup> Fernanda) por todo o incentivo ao longo deste período de tempo.

Ao Pedro, a força, garra e determinação inculcida desde sempre, acima de tudo pelo incentivo e apoio que me transmitiu em todos os momentos.

**palavras chave**

Concelho de Tondela; Implicações Geoambientais; Obras de Engenharia; Geomonumentos Recursos; Riscos Geoambientais; Geoconservação; Geopercurso.

**resumo**

Ao realizarmos o presente estudo, pretendemos que, quem quer que o leia, geólogo ou não, passe a ter uma noção da riqueza geológica do concelho de Tondela, das suas potencialidades e o que foi feito no aspecto geoambiental. Ao mesmo tempo, pretendemos promover a divulgação de alguns aspectos geológicos, como incremento ao seu estudo e sua descoberta.

No primeiro capítulo é feita uma caracterização da região, com o seu enquadramento no território nacional, identificando os aspectos mais relevantes da sua geomorfologia e o seu enquadramento geológico. Neste capítulo faz-se ainda uma caracterização resumida do clima, hidrografia, fauna e flora.

Passando ao capítulo dois, faz-se referência às obras de engenharia, em particular a uma barragem de terra, que tem como principal objectivo o abastecimento de água potável ao concelho e um aterro sanitário, que tem por objectivo o encerramento de lixeiras.

O capítulo três dá-nos uma ideia dos recursos minerais existentes no concelho.

O quarto capítulo indica-nos os recursos hidrotermais existentes, que se resumem na análise das Termas de Sangemil.

Todos os capítulos até agora apresentados constituem um binómio de riqueza e riscos geoambientais. São estes riscos associados à geomorfologia do concelho que se encontram identificados no capítulo cinco, ao urbanismo, à actividade agrícola e industrial, para além do risco natural que surge pela libertação do radão.

Passando ao capítulo seis, faz-se particular referência aos geomonumentos existentes no concelho, localizando-os, caracterizando-os e alertando para os problemas de acessibilidade, conservação e divulgação.

O capítulo sete, apresenta uma análise ao PDM em vigor, identificando-se aspectos com algumas deficiências e apresentando-se propostas de correcção.

Por fim, no capítulo oito, sugerem-se três geopercurso com características distintas, mas com os mesmos objectivos: informar sobre a riqueza, alertar para os problemas e motivar para o conhecimento deste concelho.

Como principais conclusões, podemos referir que: i) as obras de engenharia efectuadas no concelho são relevantes. A construção da barragem permite a fácil acessibilidade à água, e a construção do aterro sanitário cria condições de recolha selectiva e reciclagem dos lixos, beneficiando o ambiente; ii) este concelho apresenta alguns recursos naturais, desde o estanho, volfrâmio, argila, areias, feldspato, e granito, contudo, actualmente apenas os granitos são explorados. As zonas de exploração abandonadas, apresentam algumas lacunas ambientais no processo de recuperação; iii) as águas das termas de Sangemil, são um recurso devendo contudo existir uma maior abertura e divulgação desta zona; iv) os geomonumentos são outra forma de se poder dar a conhecer o concelho e a sua história, no entanto, a precariedade em que a grande maioria se encontra, os difíceis acessos e o facto da sua localização também não estar devidamente assinalada dificulta a sua divulgação; v) existem condições que podem despoletar problemas ambientais, sendo necessário recomendar alguns procedimentos a serem executados que visem a ocupação ordenada do solo: a localização correcta das zonas industriais, com estações de tratamento adequadas; a realização de uma agricultura biológica, aplicando técnicas que não causem a destruição do solo e dos aquíferos; o controlo adequado das pedreiras, para que a parte económica não esteja sempre à frente da parte ambiental; vi) devemos estar alerta para as zonas sujeitas a riscos naturais, desde os fortes declives das encostas da serra, que podem gerar deslizamentos do terreno com forte erosão, às zonas com índices elevados de radão que podem criar problemas de saúde; vii) finalmente há que referir a existência de algumas lacunas na cartografia do PDM em vigor, nomeadamente a nível da geologia.

**keywords**

Showing Tondela's; Geothermal Implication's; Engineering Projects; Geo-monuments; Resources; Geothermal Risks; Geoconservation; Geo-routes.

**abstract**

In this study, whether geologists or non-geologists read it, we aim at showing Tondela's geological richness, its potentialities and what has been done regarding the geological environment. Simultaneously, we seek to divulge the knowledge of some geological aspects to promote their study and exploration.

In the first chapter, we characterize the region within the national territory and identify the most relevant aspects of its geo-morphology and its geological framing. Also, we briefly characterize the climate, hydrography, fauna and flora. On chapter 2, we mention engineering projects, in particular a land dam which supplies potable water to the district (region) and an earth fill whose purpose is the closing of dumps.

Chapter 3 gives us an idea of the mineral resources in the district. The fourth chapter shows us the existing hydrothermal resources, which we resume in the analysis of Termas de Sangemil.

All the above-mentioned chapters describe both the richness and geothermal risks. These risks, associated to the geomorphology of the district (region), are identified in chapter 5 and they are related to urbanism, agricultural and industrial activity and the risk associated to the natural release of radon.

On chapter 6, we make specific reference to the geo-monuments in the region: their location, characterization and the problems of access, conservation and divulgence.

Chapter 7 gives an analysis to the current PDM (Municipal Plan) where we identify some deficiencies and propose corrective measures. On Chapter 8, we suggest three geo-routes with distinct characteristics but the same goals: to inform about their richness, alert people for their problems and motivate people to seek knowledge of this region.

The main conclusions of this study are: the engineering projects made in the region are relevant. The building of the dam allows an easy access to the water and the construction of the land fill allows the selection and recycling of garbage, with benefits for the environment. This region has some natural resources, from tin, wolfram, clay, sands, feldspar and granite; however, at present only the granites are explored. The abandoned areas under exploration present some environmental lacunae in the recovery process. The thermal waters of Sangemil are a resource but we believe there should be a better divulgence and opening of this area. iv) the geo-monuments are another way of knowing the district and its history; however, the precarious situation of the monuments, the difficult access and their badly-signalled location also make divulgence difficult. There are conditions which can trigger environmental problems, so it is necessary to recommend some procedures that assure an orderly occupation of the soil: the rightful location of industrial zones, with adequate treatment stations; biological farming with techniques which do not cause the destruction of the soil and the aquiferous; an adequate control of quarries so that the environment is not affected by economic aspects. We should be alert to areas subject to environmental risks, from the steep mountain slopes which can cause landslides on heavily-eroded land to areas with high rates of radon which can cause health problems; vii) finally, we must make reference to the existence of some lacunae in the cartography of the present PDM

namely, at a geological level.





# ÍNDICE

<b>Índice</b> .....	<b>i</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de Quadros</b> .....	<b>viii</b>
<b>Índice de Gráficos</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1. Apresentação .....	1
1.2. Objectivos .....	3
<b>2. Caracterização da Região</b> .....	<b>5</b>
2.1. Introdução .....	5
2.2. Geomorfologia .....	6
2.3. Clima .....	13
2.4. Solos .....	14
2.5. Hidrografia .....	15
2.6. Flora e Fauna .....	16
2.7. Enquadramento Geológico .....	17
2.8. Conclusões .....	19
<b>3. Obras de Engenharia</b> .....	<b>21</b>
3.1. Introdução .....	21
3.2. Barragem da Ribeira de Paúl .....	21
3.2.1. Introdução .....	21
3.2.2. Localização .....	22
3.2.3. Geologia .....	23
3.2.4. Características Técnicas .....	24
3.3. Aterro Sanitário .....	27
3.3.1. Historial .....	27
3.3.2. Localização .....	28
3.3.3. Geologia .....	29
3.3.4. Características Técnicas .....	30
3.4. Conclusão .....	35
<b>4. Recursos Minerais</b> .....	<b>37</b>
4.1. Introdução .....	37
4.2. Recursos Metálicos .....	37
4.2.1. Estanho e Volframite .....	37
4.2.2. Minérios uraníferos .....	39

---

4.3. Minerais e rochas industriais.....	40
4.3.1. Depósitos de cobertura do terciário - Argilas .....	40
4.3.2. Rocha .....	42
4.3.3. Filão Microgranítico moscovítico.....	46
4.4. Condicionantes ambientais .....	48
4.5. Conclusão .....	48
<b>5. Recursos Hidrotermais .....</b>	<b>49</b>
5.1. Introdução.....	49
5.2. Breve Resenha Histórica do Termalismo.....	49
5.2.1. Localização Geográfica.....	50
5.3. Termas de Sangemil .....	51
5.3.1. Enquadramento Geológico.....	54
5.3.2. Geomorfologia.....	54
5.3.3. Hidrogeologia .....	55
5.3.4. Geotermia.....	56
5.3.5. Modelo Hidrogeológico.....	57
5.3.6. Actividade Económica.....	58
5.4. Conclusão .....	59
<b>6. Riscos Geoambientais .....</b>	<b>61</b>
6.1. Introdução.....	61
6.2. Barragem da Ribeira de Paul.....	63
6.2.1. Introdução .....	63
6.2.2. Identificação e avaliação de impactes .....	63
6.2.3. Medidas de Minimização.....	64
6.2.4. Conclusão.....	66
6.3. Aterro Sanitário do planalto beirão.....	66
6.3.1. Introdução .....	66
6.3.2. Impacto ambiental.....	67
6.3.3. Plano de vigilância e monitorização ambiental.....	73
6.3.4. Conclusão.....	73
6.4. Urbanismo .....	74
6.4.1. Introdução .....	74
6.4.2. Preparação de espaços para construção.....	75
6.4.3. Espaços de circulação.....	75
6.4.4. Problemas dos espaços verdes urbanos .....	76
6.4.5. A Importância da acção Humana.....	77
6.4.6. A problemática dos declives .....	77
6.4.7. Ordenamento urbano e riscos naturais .....	79

6.4.8. Conclusão.....	80
<b>6.5. Indústria e Agricultura.....</b>	<b>81</b>
6.5.1. Introdução .....	81
6.5.2. Riscos associados à Industria .....	81
6.5.3. Riscos agrícolas .....	82
6.5.4. Conclusão.....	83
<b>6.6. Termas de Sangemil .....</b>	<b>83</b>
6.6.1. Introdução .....	83
6.6.2. Vulnerabilidade à poluição .....	84
6.6.3. Conclusão.....	86
<b>6.7. Radão .....</b>	<b>86</b>
6.7.1. Introdução .....	86
6.7.2. Factores que condicionam as concentrações nas habitações .....	88
6.7.3. Conclusão.....	96
<b>7. Geomonumentos .....</b>	<b>97</b>
7.1. Introdução.....	97
7.2. Conceitos.....	98
7.3. Relação dos Geomonumentos .....	100
7.4. Geoconservação .....	113
7.5. Conclusão .....	114
<b>8. Plano Director Municipal (PDM) .....</b>	<b>115</b>
8.1. Introdução.....	115
8.2. PDM de Tondela .....	117
8.3. Propostas de Correção .....	121
8.4. Conclusões.....	125
<b>9. Roteiros / Geopercurso .....</b>	<b>127</b>
9.1. Introdução.....	127
9.2. 1º Geopercurso – “Recursos geológicos do Concelho”.....	127
9.2.1. Objectivos do Roteiro.....	127
9.2.2. Enquadramento Geológico.....	128
9.2.3. Percurso .....	129
9.3. 2º Geopercurso: - Riscos geológicos do concelho .....	135
9.3.1. Introdução .....	135
9.3.2. Enquadramento geológico .....	136
9.3.3. Objectivos .....	137
9.3.4. Percurso .....	138
9.4. 3º Geopercurso: Geomonumentos e Geoconservação.....	146
9.4.1. Introdução .....	146

9.4.2. Objectivos .....	147
<b>10. Conclusões .....</b>	<b>149</b>
<b>11. Bibliografia.....</b>	<b>151</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - O Concelho de Tondela, (Mapa cedido por Câmara Municipal de Tondela ).....	5
Figura 2 - Sopé oriental da Serra do Caramulo (B. Ferreira, 1978). .....	7
Figura 3 - Serra do Caramulo: acidentes tectónicos e níveis de aplanamento (B. Ferreira, 1978).....	9
Figura 4 - Perfis da plataforma do Mondego e posição dos depósitos (B. Ferreira, 1978). .....	10
Figura 5 - Plataforma do Mondego: localização dos depósitos estudados por Barros, 1960. (adaptado da Carta Geotectónica, Região das Beiras, Portugal, J. E. N., 1968 por B. Ferreira, 1978). .....	11
Figura 6 - Esboço geológico de Portugal central, com localização da área estudada. Baseada na Carta Geológica de Portugal, Escala de 1:500 000. ....	17
Figura 7 - Esboço geológico da região de Tondela, com pormenor para a Sra. da Esperança. Carta geológica de Portugal, folha 17-C, Escala de 1:50 000. ....	19
Figura 8 - Localização geográfica da Barragem da Ribeira do Paúl, Açude da Levadinha e do adutor de derivação, (Carta Militar de Portugal, nº 188, Escala de 1:25 000). ....	22
Figura 9 – Perfil longitudinal da Barragem do Paúl. (Hidroprojecto, Junho de 1998). ....	26
Figura 10 - Localização do aterro sanitário.....	28
Figura 11 - Constituição geológica da zona correspondente ao aterro sanitário (extrato da carta geológica de 1992, Escala de 1:500 000).....	29
Figura 12 - Geologia das zonas de Molelos e Molelinhos (extracto da carta geológica número 17-C, Escala de 1:50 000). ....	38
Figura 13 - Localização aproximada de concessões mineiras de W e Sn extintas; adaptado do mapa de exploração mineira no concelho, cedido pela Direcção Geral de Geologia e Energia (DGGE), Escala de 1:150 000. ....	39
Figura 14 - Localização aproximada de jazigos de urânio; adaptado do mapa de exploração mineira no concelho, cedido pela (DGGE), Escala de 1:150 000. ....	40
Figura 15 – Esboço geológico de algumas zonas de exploração de depósitos aluvionares, Molelos (1), Molelinhos (2), Naia (3), Tondela (4); (Carta geológica de Portugal, folha 17-C, Escala de 1: 50 000). ....	41
Figura 16 - Esboço geológico das regiões de Dardavaz (1)e Sra. da Esperança(2); (Carta geológica de Portugal, folha 17-C, Escala de 1: 50 000).....	42
Figura 17 – Fotografias da exploração na pedreira da Sra. da Esperança, podendo analisar-se o actual patamar de exploração, com um filão intrusivo. ....	43
Figura 18 – Fotografias de uma zona de Falha e de uma grande concentração de minerais de turmalina. ....	43
Figura 19 - Enquadramento geográfico da pedreira do Caramelo (Carta Militar de Portugal, folha nº 188, Escala de 1:25 000).....	44
Figura 20 – Fotografias do Filão Microgranítico de Molelinhos. ....	47

Figura 21 – Esboço geológico da zona do filão microgranítico; (Carta Geológica de Portugal, folha 17-C, Escala de 1:50 000).....	47
Figura 22 - Localização geográfica da região de Sangemil (carta militar de Portugal, Folha 199, Escala 1:25000). ....	51
Figura 23 - Enquadramento geológico das termas de Sangemil, (adaptado da Carta Geológica de Portugal; Escala de 1: 500 000). ....	55
Figura 24 - Mapa representativo dos declives do Concelho, adaptado do PDM, recorrendo ao programa Arc Vew. (Escala de 1:120 000).....	78
Figura 25 – Fotografias aéreas do núcleo urbano de Tondela em 1960 (A) e 2000 (B), obtidas através do Instituto Geográfico Português (IGP). ....	80
Figura 26 – Localização de alguns geomonumentos do concelho de Tondela (baseado no roteiro arqueológico do concelho). ....	100
Figura 27 – Igreja Românica de Canas de Santa Maria. ....	101
Figura 28 – Observação interior da Anta da Arquinha da Moira, em Lajeosa do Dão. ....	101
Figura 29 – Observação do exterior da Anta da Arquinha da Moura.....	102
Figura 30 – Castro dos três rios (Parada de Gonta). ....	102
Figura 31 – Lagaretas e sepulturas Antropomórficas (Parada de Gonta). ....	103
Figura 32 – Cruzeiro inclinado. ....	103
Figura 33 – Penedo da Moira (Parada de Gonta).....	104
Figura 34 – A - Penedo da Forca de São Miguel do Outeiro, visto de baixo.....	104
Figura 35 – Arte rupestre do Fial (São Miguel de Outeiro).....	105
Figura 36 – Montículos de pedra que testemunham a possível presença de um Dólmen bem como a estrada Romana, na zona do Fial. ....	106
Figura 37 – Penedo dos Mouros em São Miguel de Outeiro.....	106
Figura 38 – Pilar Justiceiro de Mosteiro de Fráguas.....	107
Figura 39 – Lagaretas em Vilar de Besteiros. ....	107
Figura 40 – Estela - Menir de Caparrosa. ....	108
Figura 41 – Alinhamento de Moinhos de água ao longo da ribeira da Pena, junto a Souto Bom.....	109
Figura 42 – Igreja Paroquial do Guardão.....	109
Figura 43 – Troço da Calçada Romana em Guardão. ....	110
Figura 44 – Figuras rupestres de Molelinhos. (Coordenadas retiradas carta Corográfica, escala 1:50 000, fol. 17-C: 40°30'13" Lat.N; 8°7'47" Long.W).....	111
Figura 45 – Castro de Nandufe. Localização: 29T0578943; UTM - 4488892.....	112
Figura 46 - Testemunho da aplicação de relógios de sol, recolhidos do Castro, em muros. ....	112

---

Figura 47 - Testemunhos da aplicação de material arqueológico retirado do Castro - Coluna trabalhada. ....	113
Figura 48 – Mapa que regista a localização dos aviários do Concelho, adaptado do PDM, recorrendo ao programa Arc Vew. (Escala de 1:120 000). ....	119
Figura 49 – Mapa geográfico simplificado da região objecto da visita de estudo (cedido pela Câmara Municipal de Tondela). ....	128
Figura 50 – Enquadramento estrutural das Caldas de Sangemil. (Dias, 2000). ....	129
Figura 51 – Enquadramento geográfico da região de Tondela (adaptado do mapa cedido pela Câmara Municipal de Tondela). ....	138
Figura 52 – Fotografias aéreas de Tondela em 1961 (A) e de 2001 (B), obtidas através do (IGP). ....	139
Figura 53 – Localização geográfica de geomonumentos da região (adaptado do mapa cedido pela Câmara Municipal de Tondela). ....	147

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Variação do número de aquístas nas termas de Sangemil, (Adaptado de IGM). .....	53
Quadro 2 – Comparação calorífica entre as águas de Sangemil, petróleo e carvão (Morais, 1999). .....	59
Quadro 3 – Teores de urânio e radiação gama (intervalos de variação e valores médios) nas diferentes rochas que ocorrem em Portugal (Neves et al., 1996). .....	89
Quadro 4 – Valores médios e intervalos de variação dos teores de U e Th em rochas da região de Tondela; n- n° de amostras (Salgado et al, 2000). .....	92
Quadro 5 - Valores médios e intervalos de variação dos teores de U e Th em caixas de falhas com elevado fundo radiométrico, e que intersectam algumas das litologias aflorantes na região de Tondela; n – n° de amostras (Salgado et al, 2000). .....	93
Quadro 6 – Distribuição das diferentes unidades geológicas aflorantes na região de Tondela pelas diversas classes de risco. Os teores de urânio referem-se a valores médios. ENC/AU – rochas metassedimentares dos encraves e da auréola; GT: Granito de Tondela; GTB: granito de Tábuá; FG: filão Granítico de Borralhal salgueiral; GV: Granito da várzea; CTX: Complexo Xisto-grauváquico; DEP: Depósitos de cobertura. (Salgado, 2000). .....	95

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação do número de aquisições desde 1996 a 2002 (Adaptado de IGM).....	53
---	----



## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. APRESENTAÇÃO**

A presente dissertação de mestrado foi desenvolvida sobre o concelho de Tondela, que é o segundo maior concelho do distrito de Viseu, pertencente à Beira Interior.

Com este trabalho pretende-se fazer uma abordagem às questões geológicas associadas a estratégias e acções de Conservação da Natureza. Normalmente quando se fala em conservação da natureza incide-se fundamentalmente sobre a preservação dos seres vivos, sendo as questões geológicas raramente tratadas, apesar de ser a geodiversidade a principal responsável para o desenvolvimento e evolução de qualquer forma de vida, incluindo a humana, pelo que consideramos importante abordar a geodiversidade de cada zona, bem como as suas características geoambientais e a sua paisagem.

O aumento demográfico, a pressão urbanística em determinadas áreas, a exploração desregrada dos recursos naturais e o abandono dos geomonumentos entre outros, têm contribuído decisivamente para uma evidente diminuição de áreas onde a Natureza tem sido preservada.

Na região verifica-se a ocupação excessiva de certas zonas urbanas e o abandono de outras essencialmente agrícolas. No passado esta actividade caracterizou a região, devendo ser adoptadas medidas específicas que possibilitem estratégias que viabilizem a ocupação ordenada e a urbanização racional da área, assegurando o seu desenvolvimento sustentável.

A disponibilidade de recursos naturais reflecte directamente as condições geoambientais diversas que constituem a região. Nas áreas de exploração geológica, actuais ou abandonadas, encontram-se vários problemas que podem afectar o ambiente, aos quais devemos estar atentos.

As actividades económicas desenvolvidas giram à volta da produção industrial, uma produção agrícola familiar, desenvolvida em pequenos terrenos, e florestal, colocando muitas vezes em risco a preservação dos valores geológicos da região. Aliado a esta realidade deve-se considerar o facto de que a sociedade actual exige progressivamente uma melhoria na qualidade de vida, o que está intimamente relacionado com a qualidade do meio.

Actualmente tenta-se tirar partido das características naturais da serra do Caramulo e das Termas de Sangemil para fins turísticos, notando-se contudo uma fraca evolução.

Em termos geomorfológicos, grosso modo, o concelho apresenta como principais unidades a Serra do Caramulo, ponto mais alto do concelho, plataforma do Mondego, onde se formaram alguns depósitos aluvionares e plataforma do Dão, que tal como a anterior também leva água para o Mondego e onde estão inseridas as termas de Sangemil.

A ocupação um pouco desordenada de algumas zonas, bem como o abandono de outras, a exploração de recursos geológicos e posterior abandono sem qualquer medida rigorosa de protecção, a implantação de zonas industriais com algumas deficiências, assim como a localização de aviários próximos de cabeceiras de linhas de água, geram vários problemas de carácter ambiental, desde a poluição da água de infiltração, águas subterrâneas e superficiais, como também a poluição do solo e ar, gerando situações de risco para a população.

A pressão antrópica sobre os recursos naturais, já naturalmente frágil sobre o solo, aquíferos e geomonumentos leva à deterioração ambiental, tornando a região cada vez mais vulnerável se não forem tomadas precauções.

De forma complementar foram descritos roteiros/geopercurso com o objectivo de divulgar e motivar a população, mas também alertá-la para os riscos a que esta está sujeita, sendo necessário todos intervirmos para que haja um melhor ambiente.

Pretende-se, com o presente trabalho contribuir para uma melhor compreensão das condições geoambientais e socioambiental de modo a poderem proporcionar a melhoria das condições socioeconómicas das populações da região.

## 1.2. OBJECTIVOS

A poluição do solo e água consiste na deposição, descarga, infiltração, acumulação, injeção ou enterramento no solo de substâncias ou produtos poluentes, em estado sólido, líquido ou gasoso. Tendo em consideração que quer o solo quer a água representam recursos naturais, constituindo os elementos fundamentais dos ecossistemas, da agricultura e um espaço para as actividades humanas, é necessário existir uma correcta utilização destes recursos naturais, e desta forma viabilizarmos a manutenção e mesmo a melhoria da sua capacidade produtiva, única forma de aumentarmos a produção, sem degradação ambiental. Tendo em mente esta preocupação, um dos objectivos gerais deste trabalho consiste em realizar um levantamento das áreas sujeitas a riscos ambientais, promovidas tanto pela acção humana como situações naturais que sejam facilitadoras desse risco.

É igualmente objectivo deste trabalho fazer um levantamento dos recursos geológicos da região, tanto os que estão actualmente a ser explorados, como também os que estão abandonados, tendo sempre uma perspectiva geoambiental.

Com este trabalho pretende-se ainda contribuir para uma melhor perspectiva geoambiental, tanto a nível dos recursos, como a nível industrial, não esquecendo a geoconservação dos monumentos naturais existentes no concelho.





Apresenta uma boa acessibilidade, através do Itinerário Principal 3 (IP3), que faz a ligação entre o litoral, mais especificamente a Figueira da Foz, e a região de Trás-os-Montes, bem como o Itinerário Principal 5 (IP-5), que liga Aveiro a Espanha. Ambos permitem uma fácil ligação à auto-estrada Lisboa - Porto.

O maior desenvolvimento surge ao longo de vias de comunicação, essencialmente nas zonas de planalto no eixo Adiça - Canas de Santa Maria, e na direcção Molelos-Campo de Besteiros. Estes desenvolvimentos surgem a partir de núcleos consolidados que se vão expandindo, aproveitando as infraestruturas existentes, criando aglomerados sem grande critério urbanístico.

Do ponto de vista demográfico, os grupos etários mais elevados estão compreendidos entre os 0-14 anos e 45-54 anos, estimando-se um aumento de cerca de 5500 habitantes até 2010.

A actividade agrícola é a que maior significado tem na população do Concelho, assumindo essencial importância de auto consumo, sendo relativamente diminutas as explorações com grande significado, abundando a parcelização da propriedade. A actividade Florestal assume-se como uma componente importante (22%), sendo a espécie do Pinheiro Bravo a maior contribuição para o subsector.

Este Concelho apresenta uma estrutura industrial com reduzida diversificação em que os ramos da indústria da madeira, das metalomecânicas e material de transporte assumem um papel importante em termos de emprego (59,9%).

Dadas as excepcionais condições paisagísticas da Serra do Caramulo e de alguns locais de interesse assiste-se a um significativo investimento no sector do turismo.

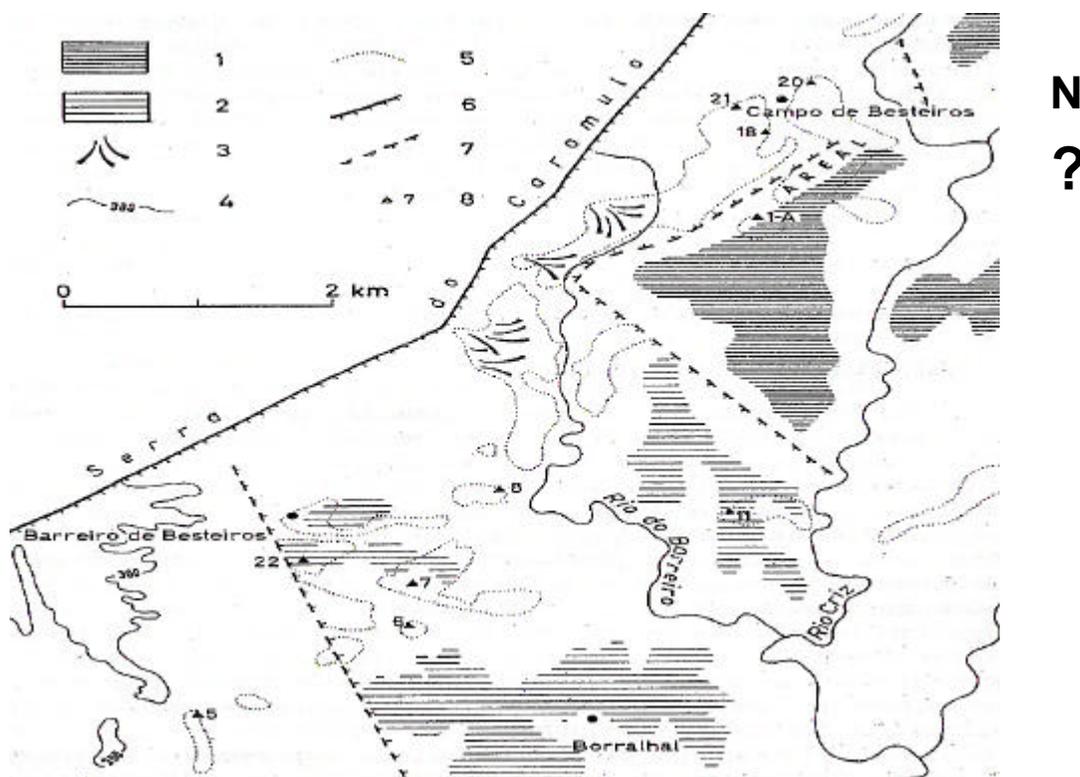
## **2.2. GEOMORFOLOGIA**

Segundo A. Brum Ferreira (1978), o concelho é constituído por duas áreas geomorfológicas distintas: a Serra do Caramulo que limita a noroeste o concelho e uma outra de características aplanadas descendo até ao rio Dão. Esta área foi rasgada profundamente pelos vales do Rio Dinha e do Rio Criz, constituindo estruturas por vezes sinuosas e apertadas.

### a) Sopé oriental da Serra do Caramulo

Esta zona encontra-se deprimida entre a Serra da Estrela e a Serra do Caramulo e entalhada pelo Mondego e seus afluentes, formando uma ampla superfície de aplanamento a que corresponde a plataforma do Mondego. Junto à escarpa oriental do Caramulo a plataforma do Mondego encontra-se deformada, tendo-se originado pequenas depressões tectónicas, nas quais se conservaram depósitos diversos.

No sopé oriental da Serra do Caramulo, entre Campo de Besteiros e a confluência do Rio Criz com o Rio Mau, a sul do Borralhal, encontra-se uma área ligeiramente deprimida em relação à plataforma do Mondego. Embora comunicando uma com a outra, podemos individualizar nessa zona duas depressões, de dimensões bastante diferentes (Figura 2): a de Campo de Besteiros, muito estreita, a Norte e a de Borralhal, relativamente ampla, a sul.



**Figura 2** - Sopé oriental da Serra do Caramulo (B. Ferreira, 1978).

1- Nível de erosão bem conservado a 300m; 2- idem a 230-240m (superfície do Borralhal); 3- cone; 4- curva de nível; 5- limite de depósito; 6- escarpa de falha; 7- escarpa de falha provável; 8- localização de corte estudado.

A primeira, alongada na direcção NNE-SSW, fica compreendida entre a escarpa oriental da Serra do Caramulo e uma vertente de fraca altura (50m), que a separa da plataforma do Mondego, parecendo também de origem tectónica, pelo vigor e traçado rectilíneo. A origem tectónica da depressão de Campo de Besteiros é sugerida ainda pelo seu carácter nitidamente dissimétrico, onde o fundo inclina para sudeste, com um declive médio de 6,7%.

Por sua vez, o fundo da depressão do Borrhal é um retalho bem conservado de superfície de aplanamento, talhado nos xistos, à altitude de 230-240m, limitado por vertentes rectilíneas que lhe conferem uma configuração trapezoidal. Os limites leste e nordeste coincidem com a passagem dos granitos para os xistos, sugerindo uma influência da erosão diferencial. Contudo, a noroeste, o limite coincide com a escarpa do Caramulo e, a oeste, faz-se por uma vertente que parece corresponder também a uma escarpa de falha, com traçado rígido, de direcção NNW-SSE. Esta vertente, que se segue com nitidez desde Barreiro de Besteiros até à confluência do Rio Mau com o rio Criz, separa a superfície do Borrhal de um outro xistento, com cimos planos à volta de 300m, em que assenta a povoação de Tourigo. Sem negar uma possível interferência da erosão diferencial, a depressão do Borrhal parece devida essencialmente à tectónica. Nestas depressões conservaram-se depósitos variados, constituídos por arenitos argilosos finos e arenitos arcósicos grosseiros, que contêm quase sempre calhaus de quartzo, angulosos e subangulosos, com dimensões, em geral, pequenas.

#### **b) A Serra do Caramulo**

A Serra do Caramulo apresenta uma nítida dissimetria no sentido leste-oeste. Enquanto do lado oriental esta montanha é limitada por uma imponente escarpa, com uma altura que chega a atingir cerca de 800m, a vertente ocidental desce progressivamente até dominar a plataforma litoral por um degrau que não ultrapassa 300m de altura, (Figura 3). A primeira explicação que este dispositivo sugere é a de um bloco tectónico dissimétrico, limitado por uma importante falha a leste e balançando para ocidente.

É a vertente oriental da montanha que nos interessa, parecendo não haver dúvida sobre a sua origem tectónica: abrupta e de traçado rígido, separa dois blocos de constituição geológica semelhante e sublinha a passagem do desligamento tardi-



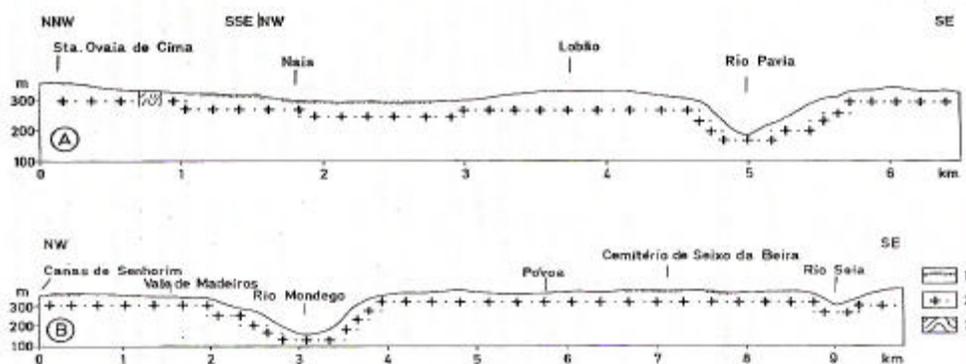
e o seu traçado rectilíneo, agora de direcção geral NNE-SSW, segue-se com nitidez num mapa de grande ou de pequena escala. O cimo da Serra do Caramulo atinge altitudes de 1000-1050m, enquanto a plataforma do Mondego, com uma densa rede de falhas, tem zonas onde não atinge altitudes de 250m (depressão do Borrhal). O resultado é um desnível enorme, que pode atingir os 800m.

A partir de Tojosa, na passagem da área granítica para a área xistenta, a escarpa torna-se menos vigorosa. A vertente é entalhada por uma rede densa de profundos barrancos e as altitudes máximas chegam a atingir 800m, mas é possível individualizar uma vertente de direcção aproximadamente leste-oeste, limitada na base por uma superfície em torno de 400m.

### c) Plataforma do Mondego

A plataforma do Mondego corresponde a uma ampla superfície de aplanamento, deprimida entre a Serra da Estrela e a Serra do Caramulo e entalhada pelo Mondego e seus afluentes. Esta superfície encontra-se nitidamente inclinada para sudoeste, aspecto particularmente evidente no longo e largo interflúvio entre o Mondego e o Dão.

A plataforma do Mondego apresenta um perfil bastante rígido e um bom estado de conservação, a que não devem ser estranhas a fraca altitude e a natureza granítica do substrato (Figura 4). Junto das escarpas da Estrela e do Caramulo a plataforma do Mondego encontra-se deformada, tendo-se originado pequenas depressões tectónicas, nas quais se conservaram depósitos diversos.

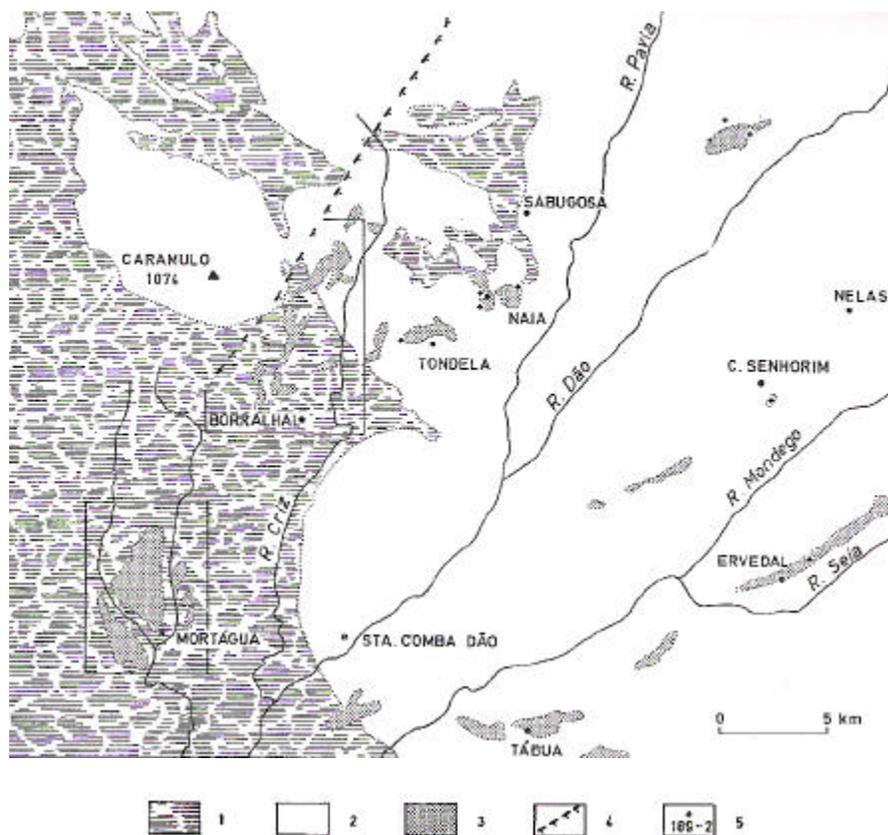


**Figura 4** - Perfis da plataforma do Mondego e posição dos depósitos (B. Ferreira, 1978).

1- Depósitos superficiais; 2- granitos calco-alcálinos, porfíroides, de grão grosseiro; 3- xistos e grauvaques.

Entre os rios Criz e Seia conservaram-se alguns retalhos de depósitos, geralmente de fraca espessura, que fossilizam a topografia ondulada dos interflúvios. Com efeito, estes depósitos ocupam, por vezes, uma posição culminante, como sucede no interflúvio Seia-Mondego (Figura 4-B), outras vezes, revestem formas largas, ligeiramente deprimidas, como é o caso em Tondela e em Naia (Figura 4-A).

Barros (1960), definiu na área entre o rio Seia e o rio Criz, três níveis de depósitos: um nível inferior, constituído por argilas esverdeadas, com disseminação de cassiterite e ilmenite; um nível médio, o mais espesso, constituído por um arenito arcósico; um nível superior, formado por calhaus rolados ou sub-rolados, fundamentalmente de quartzo, mas também de quartzito, envolvidos em material arenoso, ou soltos (Figura 5).



**Figura 5** - Plataforma do Mondego: localização dos depósitos estudados por Barros, 1960. (adaptado da Carta Geotectónica, Região das Beiras, Portugal, J. E. N., 1968 por B. Ferreira, 1978).

1- xistos, grauvaques e complexo xisto-migmatítico; 2- granitos; 3- depósitos; 4- escarpa oriental do Caramulo; 5- localização de corte estudado na área entre os rios Criz e Seia.

A noroeste do rio Dão, na região compreendida entre Tondela e Canas de Sabugosa, os depósitos voltam a adquirir certa importância, levando à sua exploração para cerâmica, na zona de Naia. É de realçar a existência de um arenito fino, esverdeado na base, sendo a maior parte do corte constituída por uma arcose grosseira, de cores claras, com intercalações de calhaus.

A fracção arenosa destes depósitos (Barros, 1960) é fundamentalmente constituída por quartzo e feldspato. De uma maneira geral, há um aumento da percentagem de feldspato das fracções grosseiras para as finas. Os depósitos em referência entram, assim, na categoria das areias e arenitos feldspáticos.

A análise das argilas (Barros, 1960) mostra dois conjuntos de depósitos: um conjunto em que a montmorilonite é largamente dominante, aparecendo associada a pequenas percentagens de caulinite e de ilite; outro, em que a caulinite é dominante ou mesmo exclusiva. Os depósitos montmoriloníticos, menos frequentes que os cauliniticos, correspondem sobretudo às areias e arenitos estaníferos de Sobreda. Além disso, a montmorilonite ocorre em percentagem semelhante à ilite no arenito fino esverdeado explorado pela cerâmica da Naia e aparece associada à caulinite e ilite, em percentagens idênticas.

Os depósitos montmoriloníticos encontrados entre Tondela e Canas de Sabugosa correspondem sempre a materiais finos das bases dos cortes, sobre os quais se vêem materiais grosseiros com caulinite dominante ou exclusiva.

De uma forma mais sintética (Pilar & Rocha, 1960) podemos dizer que as formações sedimentares mais modernas estão representadas por depósitos de cobertura grosseiros e areias finas. Os depósitos grosseiros foram delimitados na região de Tondela, onde formam manchas dispersas e de contornos irregulares, e na região compreendida entre Santa Comba Dão, Carregal do Sal e Nelas, constituindo uma série de pequenos retalhos alinhados paralelamente aos rios Dão e Mondego.

Podemos concluir que, na região de Tondela, se podem distinguir 4 manchas principais de depósitos aluvionares e arcósico-argilosos de idade cenozoica (Ferreira, 1978), de contornos irregulares. Os mais significativos encontram-se localizados na Naia e Campo de Besteiros.

Os depósitos aluvionares podem-se encontrar associados aos cursos dos rios Criz, Dinha e das ribeiras de Molelos e de Molelinhos. A sua litologia resulta da desagregação dos granitos e metassedimentos da região, apresentando espessura observável, em geral, de apenas alguns metros.

### **2.3. CLIMA**

O clima é um factor fundamental para entender a formação, constituição e funcionamento de qualquer território, uma vez que constitui um dos parâmetros mais importantes na definição de unidades territoriais com vista ao ordenamento (Cancela d'Abreu, 1989).

As características climáticas da zona são condicionadas fundamentalmente, pela sua localização e alterações regionais, decorrentes da acção de factores regionais e factores eventuais, das condições meteorológicas.

Esta zona apresenta um clima fortemente influenciado pela sua localização junto à Serra do Caramulo, que forma como que uma barreira à influência Atlântica.

#### **a) Precipitação**

Como acontece em todo o país, existe uma discordância entre o regime térmico e o regime pluviométrico. O período chuvoso decorre de Outubro a Março podendo considerar-se Abril e Maio período de transição. No período chuvoso ocorre cerca de 70% do total de precipitação anual registando-se os restantes 30% no período seco. Pode-se denotar uma distribuição sazonal acentuada desta característica, mais intensa no período de Inverno (adaptado de PDM, 2001).

#### **b) Temperatura**

A grande diferença de altitude do concelho determina a assimetria de valores referentes à temperatura, uma vez que depende da altitude e da exposição solar.

Os valores da temperatura do ar variam com regularidade ao longo do ano, registando-se os valores médios com máximo em Julho e mínimo em Janeiro, a que corresponde grandes amplitudes térmicas (adaptado de PDM, 2001).

### c) Humidade Relativa

Os valores máximos anuais registam-se de Novembro a Fevereiro. No que se refere aos valores diários, os valores máximos registam-se durante a manhã, com decréscimo para a tarde, tornando a aumentar após o anoitecer. A variação da amplitude de variação diurna da humidade relativa é elevada, reflectindo a interioridade no clima da região (adaptado de PDM, 2001).

### d) Vento

Os ventos mais intensos que ocorrem nesta zona são do quadrante oeste (W) e nordeste (NE), com valores da ordem dos 7,7km/h e uma frequência de 17,6% e 15,8% respectivamente. O rumo W predomina, nos meses de Maio a Setembro, seguido do rumo NE, nos meses de Março, Abril, Novembro e Dezembro. Pode-se denotar a influência marítima e continental a que esta zona está sujeita (adaptado de PDM, 2001).

## 2.4. SOLOS

Com base na análise da fotografia aérea e tendo em conta as características topográficas e geológicas, (Hidroprojecto, 1998) identificaram as seguintes unidades fisiográficas:

A - fundo do vale do Rio Dinha e seus afluentes principais, correspondendo a formações aluvionares recentes com declives mais ou menos suaves;

X – superfícies onduladas em formações xisto-grauváquica com declives de moderados a fortes;

G – superfícies onduladas em granitos com declives moderados a fortes.

No que se refere a unidades pedológicas, de acordo com a classificação do ex-Centro Nacional de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, terão o seguinte enquadramento:

- Unidade fisiográfica A – Aluviosolos e Coluviosolos

- Unidades fisiográficas X e G – Litossolos e Solos Litológicos Húmidos

Os solos Litológicos Húmidos são relativamente delgados, por vezes pedregosos e/ou associados a afloramentos rochosos. A textura é grosseira a média e apresenta uma

acentuada acumulação de matéria orgânica. São solos muito ácidos e geralmente com pobreza apreciável de bases. De uma forma geral, tem pouco poder de retenção para a água e boa permeabilidade.

Os Aluviosolos encontram-se nas margens dos rios, em zonas de topografia aplanada e formam-se a partir de depósitos estratificados de aluviões com características muito diversas, recebendo com frequência novos sedimentos.

As suas características são muito variáveis, prevendo-se que no caso em análise sejam monotexturais, de reacção ácida e com fertilidade média a boa. No caso da Ribeira do Paúl deve notar-se que esta designação parece indicar más condições de drenagem externa.

## 2.5. HIDROGRAFIA

A rede hidrográfica do concelho apresenta uma bacia importante, estando a ser abastecida de Sul a Leste pelo rio Dão e todos os seus afluentes.

A orografia da zona é responsável pela variedade e multiplicidade de bacias hidrográficas com cursos de água de regime torrencial e invernosos, existindo uma grande quantidade de linhas de água com descarga directa para o Rio Dão, sendo as do Rio Criz, Rio Dinha e Rio Asnas as de maior expressão.

O Rio Dão constitui o limite Nascente do Concelho, oferecendo o seu vale aspectos de rara beleza.

O concelho pode ser dividido em três secções naturais (Carvalho, 1981):

- Zona do planalto, cortado pelo Rio Dão e seus afluentes Pavia e Dinha;
- Zona deprimida entre o planalto e a Serra do Caramulo, drenada pelo Rio Criz e seus afluentes;
- Zona da vertente oriental da serra do Caramulo e a região ocidental elevada que fazem parte do contorno da bacia de Águeda.

A secção planáltica atinge o Rio Dão: No plano ocidental do seu largo e profundo vale estendem-se as freguesias de Ferreirós e Lageosa. Em ângulo pouco aberto converge para o vale do Dão o vale do Pavia. Parte importante da freguesia de

Lobão da Beira é formada pela vertente oeste do vale inferior do Pavia e, dentro dele, mais a montante, fica Parada de Gonta.

A jusante de Tondela, encaixa-se mais profundamente no planalto o vale do Dinha, para se dilatar depois na freguesia de Tondela. A montante de Tondela, passando por Nandufe e Mosteiro de Fráguas, passa o Dinha, que vem descendo lentamente o planalto.

Na região deprimida entre o planalto e a Serra do Caramulo desenvolve-se grande parte da bacia do Rio Criz, rio a que concorrem pequenos afluentes, cujo trabalho erosivo causou o esgotamento de pequenos lagos quaternários. Testemunhando isso, surgem depósitos de saibro e barros, tão explorados nas indústrias de olaria e de telha, entre Botulho e Molelinhos ou a leste de Santiago de Besteiros e Campo de Besteiros.

À bacia do Criz pertence o Vale de Besteiros, mais especificamente, a zona que ladeia a serra, como Barrô, Vila de Rei, Castelões. Mais para sul ficam as freguesias de Dardavaz e do Barreiro, com relevo talhado por vales profundos, separados por arredondadas formações xistosas precâmbricas.

## 2.6. FLORA E FAUNA

A vegetação da área de estudo apresenta-se fortemente modificada, mostrando poucas semelhanças com o coberto vegetal primitivo, segundo estudos efectuados por Hidroprojecto, 1991, para análise do impacto ambiental associado a obras no concelho.

No que respeita à presença de espécies raras ou ameaçadas, salienta-se apenas a presença de *Ruscus aculeatus* (Gibardeira), espécie do anexo IV da Convenção de Berna. No entanto, esta espécie é muito frequente no nosso país.

A região não está incluída no Sistema Nacional de Áreas Protegidas, não foi integrada na Proposta de Rede Natura 2000 e não consta da lista do programa Biótopos CORINE, nem em qualquer outra figura de ordenamento do território direccionada para a conservação da fauna ou da flora.

Neste contexto, pode afirmar-se que a área de estudo não apresenta um valor botânico excepcional, no âmbito nacional ou regional.

Quanto à fauna verifica-se que a região não apresenta um valor excepcional para a conservação dos vertebrados. A maior parte das espécies endémicas ou com estatuto de ameaça detectadas na área de estudo apresenta hábitos aquáticos, pelo menos durante parte do seu ciclo de vida. Daqui infere-se que as zoocenoses apresentam alguma sensibilidade às alterações dos cursos de água.

## 2.7. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A zona em estudo localiza-se no centro de Portugal, abrangendo a região de Tondela e seu concelho e insere-se no extremo Sudeste da faixa plutonometamórfica Porto-Tondela (Soen, 1970), sob o qual intruiu o batólito granítico das Beiras na fase final da orogenia Hercínica, cujas unidades metamórficas presentes pertencem ao Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) ante-Ordovícico.

Esta região (Figura 6), apresenta um conjunto diversificado de rochas, ígneas, metamórficas e sedimentares, tendo estas sido geradas por um variado conjunto de processos geodinâmicos que actuaram durante um intervalo de tempo muito significativo, desde o Pré-câmbrico até à actualidade, ou seja, durante mais de 500 Milhões de anos (Ma). Parte da informação recolhida baseia-se nos dados de levantamentos geológicos obtidos por Teixeira et al. (1961), Pereira (1991) e Ferreira (1978).



**Figura 6** - Esboço geológico de Portugal central, com localização da área estudada. Baseada na Carta Geológica de Portugal, Escala de 1:500 000.

As rochas graníticas, de idade hercínica, são francamente dominantes, tendo sido cartografados dois tipos distintos:

- O granito de Tondela;
- O granito das Beiras.

O granito das Beiras, é assim designado por ocupar uma porção significativa na região central do território continental português, em geral, de tendência porfiróide, biotítico, com megacristais de feldspato a atingirem, por vezes, vários centímetros de comprimento.

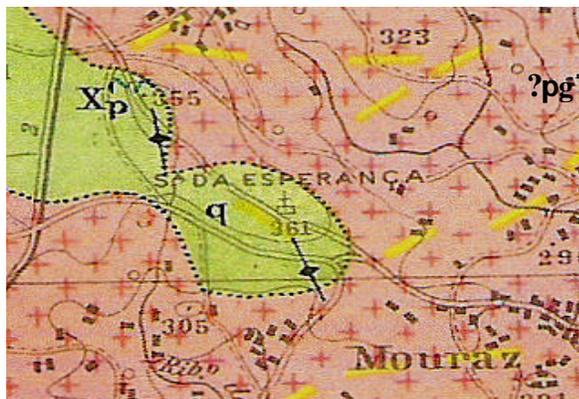
As restantes rochas graníticas são menos abundantes, não porfiróides, de grão mais fino e, geralmente, mais ricas em moscovite.

Dois fácies distintas foram cartografadas: a que se dispõe na bordadura externa do batólito é mais grosseira e mais rica em biotite, a fácies interna é mais fina e a moscovite um pouco mais abundante (Neves, 1991; Pereira, 1992).

As rochas graníticas intruem e metamorfizam rochas metassedimentares de idade ante-ordovícica, ocorrendo algumas destas como encraves, por vezes de dimensão apreciável, nos corpos ígneos, embora, e em geral, a sua espessura seja relativamente reduzida. Estes encraves são mais abundantes no granito de Tondela.

As rochas metassedimentares que se localizam na vizinhança do contacto com os granitos, ou no seu interior, foram por vezes profundamente transformadas pelo metamorfismo de contacto com formação de corneanas maciças.

No lugar da Senhora da Esperança (Figura 7) aflora uma pequena crista quartzítica de idade ordovícica, em bancadas subverticais, também afectada pelo metamorfismo de contacto. Estas rochas são muito duras e por isso mais resistentes à erosão do que a generalidade das rochas, pelo que a área onde afloram fica saliente na paisagem.



**Figura 7** - Esboço geológico da região de Tondela, com pormenor para a Sra. da Esperança. Carta geológica de Portugal, folha 17-C, Escala de 1:50 000.

X'p – Corneanas pelíticas; q – Filões de quartzo; ?pg – Granito porfíróide, predominantemente biotítico de grão muito grosseiro, grosseiro ou grosseiro a médio.

Sobre o substrato ígneo-metassedimentar assenta um depósito sedimentar, de idade Terciária, constituído por um nível superior cascalhento, uma faixa intermédia composta por alternâncias arcósico-argilosas, e uma base de composição predominantemente argilosa (Cunha, 1992).

Dispersos pela região, surgem depósitos aluvionares, em geral de pequena espessura, que apresentam vários sistemas de fracturação, recortando as diversas litologias, sendo mais frequentes as de orientação N30-40°E e N60-70°E.

## 2.8. CONCLUSÕES

O Concelho de Tondela é uma zona interior, predominantemente rural, notando-se uma certa tendência para o seu desenvolvimento, favorecido quer pela geologia (granito, argilas) e hidrologia da região, quer pelas acessibilidades.

Localizado entre as serras da Estrela e do Caramulo sofreu as influências tectónicas a que as duas serras estiveram sujeitas durante as orogenias, reflectindo-se na geologia e geomorfologia local. Identifica-se uma litologia com predomínio de rochas graníticas, sujeitas a diversas acções metamórficas, resultando filões com características favoráveis à sua exploração. Podemos ainda delimitar zonas de depósitos de cobertura resultantes principalmente da acção fluvial.



### **3. OBRAS DE ENGENHARIA**

#### **3.1. INTRODUÇÃO**

Existem no concelho duas obras de engenharia que, pelo seu impacto económico e ambiental, justificam uma análise cuidada, tanto a nível técnico como, sobretudo, a nível do estudo do Impacte Ambiental.

Uma das obras visa uma notável melhoria nas condições de abastecimento de água potável ao concelho, através da construção de uma barragem. A segunda, consta da construção de um Aterro Sanitário, que tenta dar a melhor solução de tratamento aos resíduos domésticos (Resíduos Sólidos Urbanos, RSU) embora também possa receber outros materiais residuais, devidamente autorizados.

#### **3.2. BARRAGEM DA RIBEIRA DE PAÚL**

##### **3.2.1. INTRODUÇÃO**

Esta parte do trabalho é baseada nos documentos cedidos pela empresa Águas do Planalto, que visaram o estudo da zona em causa para a implantação da barragem (Hidroprojecto, Junho de 1998).

O abastecimento de grande parte da região, onde se inclui o concelho de Tondela e as zonas mais altas dos municípios de Carregal do Sal, Mortágua, Santa Comba Dão e Tábua, faz-se a partir de captações de água subterrânea ou sub-superficial (poços e minas) que, frequentemente, não dispõem de volume suficiente para garantir o abastecimento no período seco. Esta insuficiência explica-se pela localização da maior parte da região em zona de aquíferos de baixa produtividade (formações graníticas ou xistosas).

O resto da região é abastecido pela Barragem da Aguieira registando-se grandes problemas de qualidade da água sobretudo no Verão. A má qualidade explica-se pela insuficiente renovação da água armazenada, e pelo grande número de explorações intensivas de suínos e de aves, bem como povoações sem tratamento de águas residuais na área da bacia drenante para a albufeira.

Esta situação, origina uma má qualidade da água, incluindo uma grande formação de algas, reflecte-se em elevados custos de tratamento ou mesmo, em certos períodos mais críticos dos dias quentes de Verão, na própria paragem das estações de tratamento.

A necessidade da construção de uma barragem nesta zona deve-se à situação actual de abastecimento local, que é deficiente, quer por aspectos quantitativos, quer qualitativos.

A barragem da Ribeira do Paúl criará uma albufeira com volume de armazenamento suficiente para assegurar 60% dos consumos de água nos meses de Inverno e 100% de consumos nos meses de Verão até ao ano 2025, para os concelhos envolvidos (Tondela, Santa Comba Dão, Mortágua, Carregal do Sal e Tábua).

### 3.2.2. LOCALIZAÇÃO

Esta obra, que implica a construção de três sectores bem distintos; Barragem da Ribeira do Paúl, Açude da Levadinha e o adutor de derivação de caudais entre o açude e a barragem, localiza-se na zona de cabeceira da bacia hidrográfica do Rio Dinha, afluente do Rio Dão (Figura 8).



**Figura 8** - Localização geográfica da Barragem da Ribeira do Paúl, Açude da Levadinha e do adutor de derivação, (Carta Militar de Portugal, nº 188, Escala de 1:25 000).

○ - Local do Açude da Levadinha  
 ~ - Adutor de derivação

⌒ - Barragem e Albufeira Ribeira Paúl

### 3.2.3. GEOLOGIA

A região onde se localiza o aproveitamento insere-se na grande superfície de aplanação entre as Serras do Caramulo e da Estrela, cortada pelos vales dos rios Mondego e Dão, cujos percursos são praticamente paralelos.

A rede hidrográfica é muito densa, do tipo dendrítica, sendo a Ribeira do Paúl afluente do Rio Dinha, que por sua vez, é afluente do Rio Dão.

Os afloramentos principais ocorrentes na região correspondem a rochas do Complexo Xisto-Grauváquico e a rochas eruptivas. As primeiras são representadas por xistos argilosos, xistos micáceos e grauvaques, pertencendo a fácies metamórficas avançadas, apresentando-se quase sempre muito alteradas.

O segundo tipo de rochas aflorantes na região é representado pelos granitos monzoníticos, de duas micas, predominantemente biotítico, que se apresenta em manchas dispersas por entre o Complexo Xisto-Grauváquico, com texturas e granularidades diferentes, embora a composição seja bastante uniforme, conferindo-lhe por vezes, tendência granodiorítica.

Embora fortemente erodido e aplanado, o granito forma, em muitos pontos, típicos caos de blocos. No geral, a rocha mostra-se alterada e, por vezes, arenizada, atingindo grandes espessuras. No contacto com o granito desenvolvem-se faixas importantes de corneanas.

No que respeita à tectónica, estas formações foram afectadas pela orogenia hercínica, dando origem à intrusão dos granitos que posteriormente foram afectados por forte fracturação.

Relativamente à produtividade estima-se que os aquíferos superficiais possam produzir caudais de 1 a 2 l/s na zona granítica e iguais ou inferiores a 0,5 l/s nas zonas xistentas e grauvacoides. Os aquíferos profundos poderão produzir caudais da ordem de 1 a 2 l/s.

O Rio Dinha afluente da margem direita do Rio Dão, desenvolve-se no sentido Norte-Sul apresentando como principais afluentes ao longo do seu percurso, a Ribeira do Paúl, na margem direita e a Ribeira das Lanças na margem esquerda.

Na secção do açude, a bacia hidrográfica (Rio Dinha) tem cerca de 16,8km<sup>2</sup> e na secção da barragem (Ribeira do Paúl) aproximadamente 5km<sup>2</sup>.

Esta barragem está localizada a cerca de 5km da falha de Penacova-Régua-Verim, considerada como falha activa. Analisando os registos históricos dos sismos que afectam o nosso país e tendo presente a tectónica e neotectónica, eventualmente associada a essa actividade, pode considerar-se, fundamentalmente, como zona potencial de geração sísmica com maior influência sobre o local da barragem, a zona de falha de Penacova-Régua-Verim, acima referida.

O carácter difuso da distribuição dos epicentros, acrescido dos erros na determinação dos sismos e do efeito produzido sobre a localização epicentral pela interacção profundidade focal - inclinação da zona da falha sismogenética, torna frequentemente difícil de correlacionar a sismicidade com acidentes tectónicos activos reconhecidos à superfície.

#### **3.2.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Esta obra implica a construção do Açude da Levadinha, da Barragem da Ribeira do Paúl e o adutor de derivação de caudais entre o açude e a barragem (Hidroprojecto, Águas do Planalto 1998).

Os caudais afluentes da Ribeira do Paúl são insuficientes para cobrir as necessidades de abastecimento, tendo que se fazer um reforço com águas de outra linha de água da mesma bacia, que corresponde ao açude de derivação no rio Dinha.

##### **1. Açude da Levadinha**

O açude da Levadinha é constituído por uma obra de gravidade em betão, implantada no leito do Rio Dinha. Apresenta uma altitude de 4,5m, acima das fundações, e desenvolve-se ao longo de 40m.

A tomada de água encontra-se ligada ao adutor de derivação de caudais para a Barragem do Paúl.

## 2. Derivação de Caudais Dinha – Paúl

A derivação de caudais entre o açude da Levadinha e a barragem do Paúl é assegurada por um adutor de funcionamento gravítico com cerca de 3km de extensão, na sua maior parte implantada ao longo de caminhos carreteiros já existentes.

## 3. Barragem da Ribeira do Paúl

A barragem localiza-se na zona a montante de um trecho terminal de topografia mais encaixada do vale fluvial, atinge 27m de altura acima do terreno natural, intersecta a ribeira do mesmo nome, afluente do rio Dinha, no troço a montante da povoação de Mosteiro de Fráguas, a cerca de 6km da cidade de Tondela.

O local é caracterizado por um vale relativamente aberto e assimétrico, sendo a margem esquerda mais inclinada que a margem direita, e uma baixa aluvionar muito reduzida com cerca de 15m de largura.

É uma barragem de aterro que, quando em funcionamento, irá criar uma albufeira com uma área inundada de 27,3ha e com volume para o NPA de 2,05hm<sup>3</sup>.

A área inundada pela albufeira ao nível de pleno armazenamento é da ordem dos 27,3ha sendo a sua capacidade total de 2,4hm<sup>3</sup> e a sua capacidade útil de 2,2hm<sup>3</sup>.

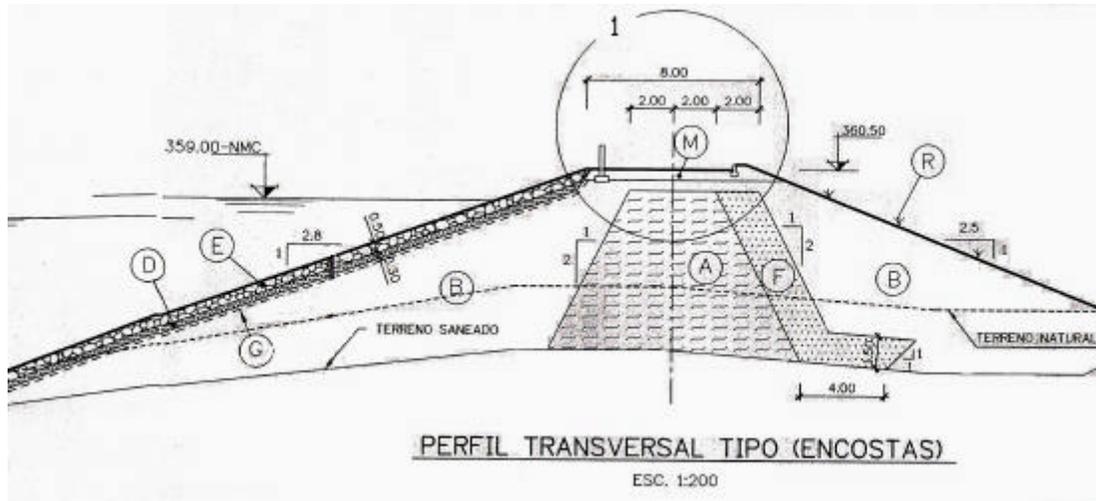
O coroamento tem um desenvolvimento com cerca de 200m de extensão e 8m de largura e situa-se à cota de 360,50m.

Devido à topografia da zona, existem duas portelas de fecho na margem direita.

A barragem e as portelas têm um perfil zonado constituído por um núcleo impermeabilizante e maciços estabilizadores a montante e a jusante.

O núcleo impermeabilizante da barragem tem, à cota 359,5m, uma largura mínima de 4m e nas portelas 2,5m.

Os materiais utilizados foram os materiais de alteração dos xistos existentes na área da albufeira. Os mais finos e argilosos foram aplicados na zona central do aterro, constituindo o núcleo impermeabilizante (zona de material A), enquanto que os mais grosseiros, são aplicados nos maciços estabilizadores a montante e a jusante (zona de material B) (Figura 9).



#### CONVENÇÕES

- (A) - ALUVIÕES SILTO-ARENOSAS FINAS OU MATERIAIS PROVENIENTES DA ALTERAÇÃO DOS XISTOS E GRAUVAQUES (COM PERCENTAGEM DE FINOS SUPERIOR OU IGUAL A 30% E DE BAIXA PERMEABILIDADE), A UTILIZAR NO NÚCLEO IMPERMEABILIZANTE CENTRAL.
- (B) - ALUVIÕES ARENO-SILTOSAS GROSSEIRAS OU MATERIAIS PROVENIENTES DA ALTERAÇÃO DOS XISTOS E GRAUVAQUES, A UTILIZAR NOS MACIÇOS ESTABILIZADORES DE MONTANTE E DE JUSANTE.
- (D) - MATERIAL (BRITA) DO TAPETE DRENANTE E DA PROTECÇÃO DO TALUDE DE MONTANTE.
- (E) - MATERIAL DE ENROCAMENTO DE PROTECÇÃO DO TALUDE DE MONTANTE E DO MACIÇO DE ENROCAMENTO DO PE DE JUSANTE.
- (F) - MATERIAL (AREIA) DO FILTRO SUBVERTICAL E TAPETE DRENANTE.
- (G) - GEOTEXTIL
- (M) - BASE DE MACADAME HIDRÁULICO COM REVESTIMENTO BETUMINOSO SIMPLES.
- (R) - REVESTIMENTO VEGETAL

**Figura 9** – Perfil longitudinal da Barragem do Paúl. (Hidroprojecto, Junho de 1998).

Na parte jusante da obra, ocorre o controlo de percolação, que é assegurado por um filtro subvertical em material arenoso. Na barragem o filtro subvertical tem 2m de largura e nas portelas 1,5m de largura.

O talude a montante da barragem e das portelas, apresenta alguma inclinação devidamente regulamentada, que é protegida por uma camada de enrocamento (material E) que assenta sobre uma camada de material de transição (material D). Entre este e o material do maciço estabilizador foi colocado um geotextil.

O talude a jusante, apresenta-se protegido por um revestimento vegetal.

O coroamento da barragem tem um revestimento betuminoso simples assente sobre uma base de macadame hidráulico. A montante tem um guarda corpos materializado por pilares espaçados de 2m e por duas fiadas de tubos de ferro galvanizados circulares dispostos na horizontal entre estes pilares.

A fundação da barragem foi alvo de tratamento através de argamassa e uma cortina de injeções de calda de cimento.

### **3.3. ATERRO SANITÁRIO**

#### **3.3.1. HISTORIAL**

Os resíduos produzidos pelos Municípios de Tondela, Santa Comba Dão, Mortágua, Nelas e Tábua estavam a ser depositados sem qualquer controlo em lixeiras com graves deficiências, causando poluição atmosférica, dos solos e hídrica. Tornava-se necessário recuperar o ambiente destas lixeiras e dar um tratamento e destino final aos resíduos sólidos. Algumas das soluções propostas eram: a remoção, ou o tratamento e valorização dos resíduos. Em função da quantidade de resíduos, o aterro sanitário afigurou-se como sendo a solução que mais adequadamente pode responder às necessidades de tratamento e destino final para a região.

Este aterro sanitário é utilizado para a deposição dos Resíduos Sólidos Urbanos por um período de 14 anos, dada a área e o modo de ocupação.

Actualmente, e de acordo com o Decreto-Lei nº 152/2002, de 23 de Maio, os aterros têm que obedecer a requisitos mínimos, estabelecendo normas aplicáveis a nível da instalação, exploração, encerramento e manutenção após encerramento dos aterros. A localização, concepção e construção são também aspectos que merecem especial atenção, tendo em vista a protecção, preservação e melhoria da qualidade ambiental e a prevenção dos riscos para a saúde do Homem.

Grande parte das informações obtidas nesta parte do trabalho foram retiradas do estudo efectuado pela empresa Hidroprojecto, datado de Setembro de 1996, cedido pelo Planalto Beirão.

### 3.3.2. LOCALIZAÇÃO

A zona em estudo localiza-se no Concelho de Tondela, na freguesia de Barreiro de Besteiros, faz parte da bacia hidrográfica do rio Mau, afluente do rio Criz, com 11 km de comprimento, tem uma área de 21 km<sup>2</sup> e caracteriza-se por apresentar uma rede de linhas de água ramificadas de regime torrencial (Figura 10).

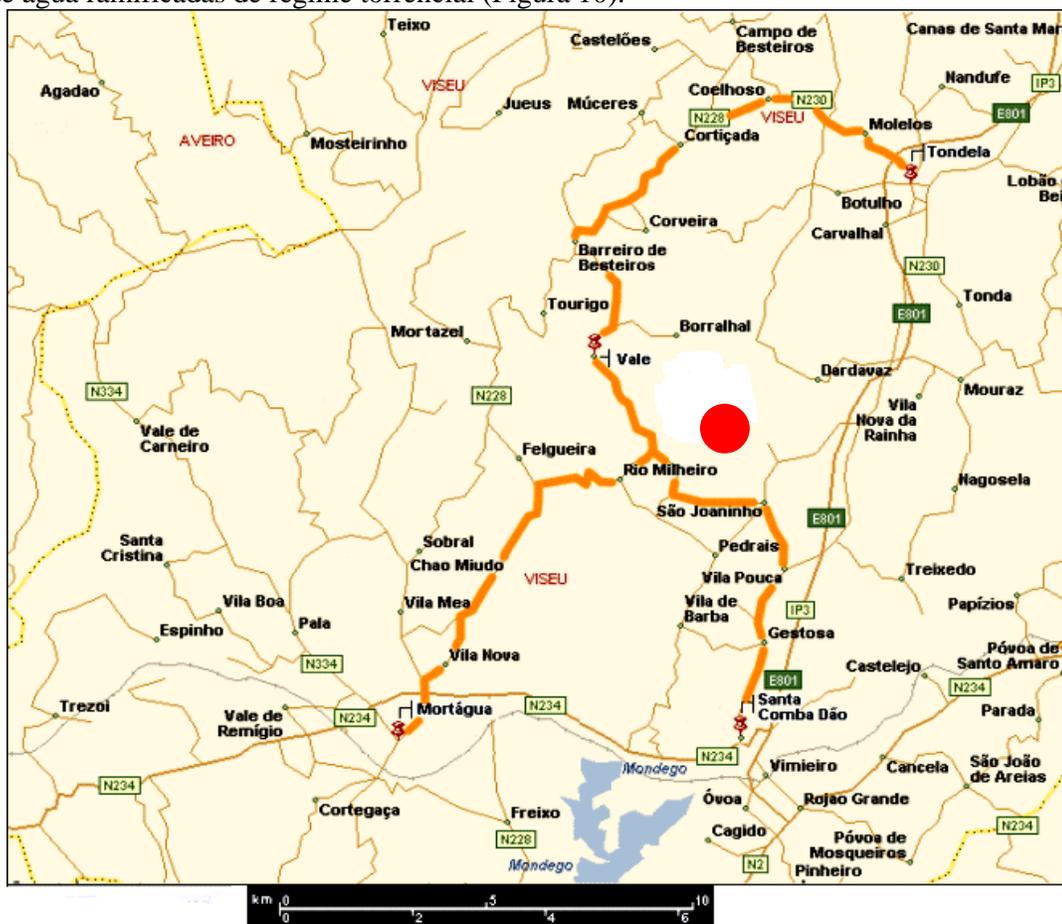


Figura 10 - Localização do aterro sanitário.

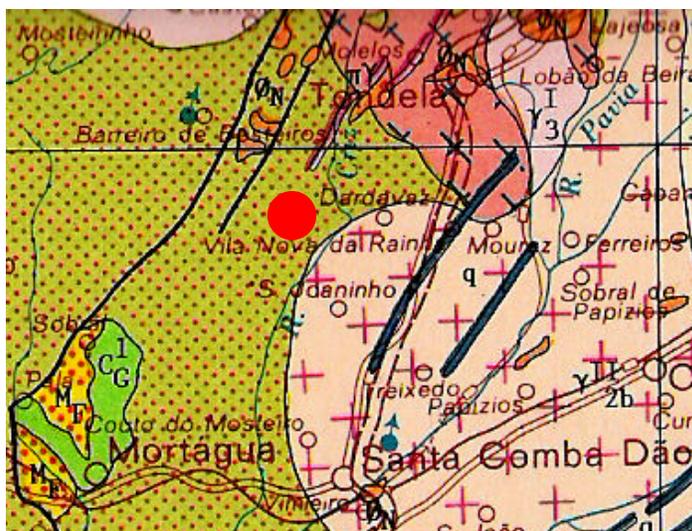


Aterro Sanitário

A ocupação humana distribui-se na paisagem em aglomerados de pequena dimensão, nomeadamente, Borralhal, Vale e Rio Milheiro, distanciados do aterro cerca de 2,5 km.

### 3.3.3. GEOLOGIA

O local da implantação do aterro sanitário caracteriza-se por ser constituído por uma alternância de xistos cinzentos e metagrauvaques gresosos de cor amarelo-acastanhada com espessuras variáveis, desde milimétricas a métricas, pertencentes ao Complexo Xisto-Grauváquico, de idade Câmbrica (Figura 11).



**Figura 11** - Constituição geológica da zona correspondente ao aterro sanitário (extrato da carta geológica de 1992, Escala de 1:500 000).

M<sub>F</sub> - conglomerados de Folques e lutitos de Vidoal; Ø<sub>N</sub> - arcoses de Côja, nave de Haver e Longroiva; ?<sup>II</sup><sub>2b</sub> - Granitos e granitoides porfiroides; ?<sup>II</sup><sub>1</sub> - granodioritos; ?<sup>I</sup><sub>3</sub> - granito de duas micas indiferenciado; ?<sup>II</sup><sub>3b</sub> - granitos monzoníticos porfiroides; q - quartzo e quartzo carbonatado.

 Aterro Sanitário

Não foram encontrados depósitos aluvionares junto às linhas de água que atravessam a área.

O maciço rochoso encontra-se de um modo geral coberto por solos residuais de natureza argilosa, resultantes de alterações dos xistos e grauvaques, com espessuras variando entre 0,2 e 2m.

Foram igualmente detectados diversos afloramentos rochosos que se apresentam medianamente a muito alterados. A foliação característica deste tipo de formações apresenta uma atitude média N60°W, subvertical, coincidente com a atitude da xistosidade.

De um modo geral, o maciço rochoso encontra-se muito fracturado, apresentando as diaclases aberturas de dimensões milimétricas a centimétricas, muitas das quais apresentando-se com preenchimentos de natureza argilosa.

Quanto ao nível freático, este foi detectado num poço existente na área utilizada para rega, a cerca de 6m de profundidade.

### 3.3.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

As infra-estruturas deste aterro, criadas para controlar todo o sistema, são constituídas por:

a) um sistema de impermeabilização da zona de deposição dos resíduos, envolvendo uma barreira artificial impermeável, com cerca de 0,5m de argila, uma geomembrana e a respectiva camada de solo mineral drenante.

b) um sistema de drenagem de lixiviados, constituindo um conjunto de 3 sistemas de drenagem de fundo, convergindo cada um para uma vala de drenagem periférica que conduzirá os lixiviados a poços, de onde serão graviticamente encaminhados para tratamento, de modo a obter, para o efluente, os parâmetros compatíveis com a sua descarga em meio natural.

c) um sistema de drenagem de biogás, contemplando um conjunto de drenos horizontais, cujo desenvolvimento se fará com o enchimento do aterro, e que serão ligados através de um colector à unidade de queima.

O facto do centro de tratamento ser vedado e de apresentar um guarda permanente são medidas altamente positivas do ponto de vista social na medida em que impede o acesso indiscriminado ao aterro e a deposição de resíduos de características inadequadas.

Com o objectivo de otimizar a gestão do aterro, são abertos alvéolos e células em fases encadeadas no tempo, de tal modo que, estando uma delas em fase de exploração, a anterior já está em fase de selagem.

Este método de exploração apresenta vantagens, sendo as mais relevantes as seguintes:

1) Prolongar os investimentos ao longo do tempo, eliminando a necessidade de realizar um grande investimento na fase de selagem final do aterro;

2) Atingir o mais rápido possível as cotas máximas do projecto, tendo em vista proceder à sua selagem;

3) Optimizar a gestão e controlo da formação de lixiviados, já que, encontrando-se em exploração uma só fase e depositando em pequenas frentes, consegue-se minimizar a superfície de resíduos expostos;

Para uma melhor gestão das águas de escorrência, em cada um dos três alvéolos de deposição há uma subdivisão da área em células. No entanto são feitas estruturas de desvio de águas de escorrência para diminuir a área de exposição.

Na base das células existem drenos que recolhem e encaminham a água por gravidade para fora do aterro. Até ao momento das células começarem a receber resíduos o líquido drenado é água da chuva que é conduzida para o meio natural. A partir do momento que a célula recebe resíduos, o líquido que chega aos drenos é lixiviado, pelo que é encaminhado para as lagoas de tempestade que precedem o tratamento de lixiviados.

### **Plano de Exploração**

O plano de exploração pretende optimizar o enchimento do volume disponível para confinar resíduos e minimizar os impactes ambientais negativos que podem estar associados a uma exploração deste tipo.

#### **1. Cobertura dos resíduos**

A cobertura dos resíduos é feita mediante a instalação de coberturas provisórias, intermédias e, por último, quando se atinge as cotas de projecto, a cobertura de selagem, com restabelecimento do coberto vegetal.

Na cobertura diária os resíduos depositados em camadas, compactadas em forma de prisma, são cobertos por uma camada de materiais inertes e pouco permeáveis de textura terrosa, de aproximadamente 15 cm de espessura, após a compactação.

A função desta cobertura é reduzir as infiltrações de água devido às precipitações e assim diminuir a formação de lixiviados. Esta camada elimina, ainda, o problema da proliferação de roedores e insectos, bem como evita que papeis e plásticos se espalhem, bem como a libertação de maus cheiros e facilita o acesso de veículos aos pontos de descarga, visto tratar-se de uma camada de solo compacta.

## **2. Gestão das águas de escorrência**

Existem dois tipos de estruturas para a gestão das águas de escorrência: as que se constroem com carácter permanente e as temporárias.

Os elementos que integram os sistemas permanentes de controlo da erosão e da decantação de sedimentos são os que funcionam durante períodos de tempo prolongados, com uma exigência mínima de manutenção, incluindo os que fazem parte da selagem final. Os elementos permanentes de controlo da erosão e da sedimentação para o aterro são:

- Revestimento de valas para a recolha de águas superficiais;
- Nivelamento das encostas do aterro através da construção de declives suaves e curtos;
- Vegetação nas áreas que não estão submetidas a tráfego.

Nas áreas que não estão em exploração ou nas frentes de actividade existem sistemas temporários de controlo das águas de escorrência. Os sistemas de controlo incluem:

- Barreiras móveis para limitar o movimento de sedimentos;
- Estruturas de desvio nas instalações tais como, valas, bermas e patamares intermédios.

Os sistemas de controlo da erosão e da sedimentação são submetidos a inspecções de rotina, com o fim de determinar se os controlos funcionam de forma adequada ou se requerem algum tipo de serviço ou manutenção.

As estruturas de controlo da erosão e da sedimentação são inspeccionadas, no mínimo, antes e depois das estações húmidas, e depois de precipitações excepcionalmente intensas.

## **3. Plano de gestão de lixiviados**

O sistema de recolha de lixiviados serve para minimizar o impacto do aterro no ambiente, seguindo-se uma série de procedimentos com o fim de minimizar a produção de lixiviados.

As práticas mais importantes são:

- Desvio da escorrência das águas pluviais externas;
- Criação de inclinações superficiais para favorecer o fluxo das águas superficiais e impedir a formação de açudes no recinto;
- Aplicação de telas amovíveis sobre as superfícies com cobertura temporária;
- Subdivisão dos alvéolos em células;
- Minimização da formação de bolsas de lixiviados dentro dos resíduos;
- Camada de drenagem do lixiviado bem projectada.

A extracção dos lixiviados é realizada por gravidade até à estação de tratamento de lixiviados. Na estação de tratamento é feita a depuração com recurso a um tratamento biológico, ultrafiltração e osmose inversa.

#### **4. Manutenção das vias do centro de tratamento de resíduos**

Os caminhos de acesso dentro do aterro são inspeccionados regularmente, implicando trabalhos de manutenção das drenagens e da integridade estrutural dos caminhos, impedindo que os danos aumentem.

As lamas depositadas nas zonas pavimentadas são varridas, os buracos nos troços pavimentados são reparados de imediato; se nos sistemas de drenagem são detectadas marcas de erosão, estes são preenchidos com terra, cascalho ou betão, consoante as circunstâncias e os resíduos que, ocasionalmente, possam cair dos veículos que os transportam, são recolhidos pelo pessoal da unidade.

#### **5. Gestão do biogás**

O chamado gás do aterro é o produto da decomposição anaeróbia da matéria orgânica depositada. A composição típica deste gás é de 50% de metano, 40% de dióxido de Carbono e 10% de outros gases como o oxigénio, ácido sulfídrico e amoníaco.

Dadas as suas características, pode apresentar os seguintes problemas:

- Inflamabilidade e explosividade do biogás caso não seja extraído;
- Pode deteriorar grandemente a cobertura vegetal, devido aos baixos níveis de oxigénio que a presença do biogás produz nas raízes;

- O biogás no interior do aterro, se ficar retido por ausência de ventilação, pode criar pressões suficientemente grandes para perturbar a cobertura final com gretas, fissuras e grandes abatimentos diferenciais;
- O biogás libertado para a atmosfera implica uma diminuição na qualidade do ar.

Por estas razões, a exploração contempla um sistema de poços verticais de captação e um anel periférico de captação ligados a um sistema de tubagens e separadores de condensadores em polietileno de alta densidade (PEAD) que conduz o biogás até às estações de regulação e monitorização, ligados por tubos em PEAD com os equipamentos responsáveis pela aspiração e combustão controlada. Está prevista a utilização posterior deste biogás, contudo actualmente não se faz esse aproveitamento devido à actual reduzida produtividade. Estes poços são construídos gradualmente em função do avanço da exploração.

Cada elemento de captação está ligado ao sistema de válvulas que regula a extracção do biogás, formando a rede de transporte.

Este sistema constitui as estações de regulação e a partir destas serão colocadas tubagens primárias, que conduzem o biogás até ao equipamento de extracção e de combustão controlada. Ao longo de todo o percurso são colocados separadores de condensado que recolhem a humidade presente no biogás e enviam-na para o sistema de recolha dos lixiviados do aterro.

Actualmente o biogás produzido ainda não é utilizado como fonte de energia.

## **6. Gestão em condições climáticas excepcionais**

Condições climáticas excepcionais tais como chuvas fortes, inundações, vendavais, etc, podem afectar a gestão do aterro. Neste sentido, foram criados planos de emergência para o funcionamento do aterro.

No caso de chuvas fortes, o aterro segue as seguintes directrizes:

- Reduz ao máximo o local de descarga;
- Elege um local de descarga de fácil acesso para os camiões;
- Cessa qualquer actividade que implique movimentos de terra que não sejam essenciais.

Em caso de fortes vendavais (superior a 70 km/h) a operação de deposição será suspensa.

### **3.4. CONCLUSÃO**

No Concelho não existem grandes obras de engenharia, realçando-se contudo a construção da Barragem, com o objectivo de fornecer água potável a todo o concelho, assim como outros limítrofes, recorrendo ao uso da água proveniente do rio Dinha e seus ribeiros afluentes, podendo desta forma abastecer a população com água de boa qualidade, mesmo em épocas de seca.

A outra obra a salientar é o Aterro Sanitário, que ao recolher os vários tipos de lixos domésticos, vai beneficiar toda a população, evitando a contaminação dos aquíferos, dos solos e da atmosfera, uma vez que se verificou o fecho das lixeiras municipais.



## 4. RECURSOS MINERAIS

### 4.1. INTRODUÇÃO

O Concelho é pobre em recursos minerais, tendo um historial interessante ao nível dos recursos metálicos, sobretudo durante a 2ª Guerra Mundial, com a exploração de estanho e volfrâmio.

Actualmente, reflectindo um maior interesse pelos minerais e rochas industriais, verifica-se um aumento de exploração destas rochas, principalmente nos afloramentos graníticos.

Na região em estudo afloram vários tipos de filões com quimismo, mineralogia e comportamento tecnológico que os tornam susceptíveis de aproveitamento industrial, em particular no sector da cerâmica.

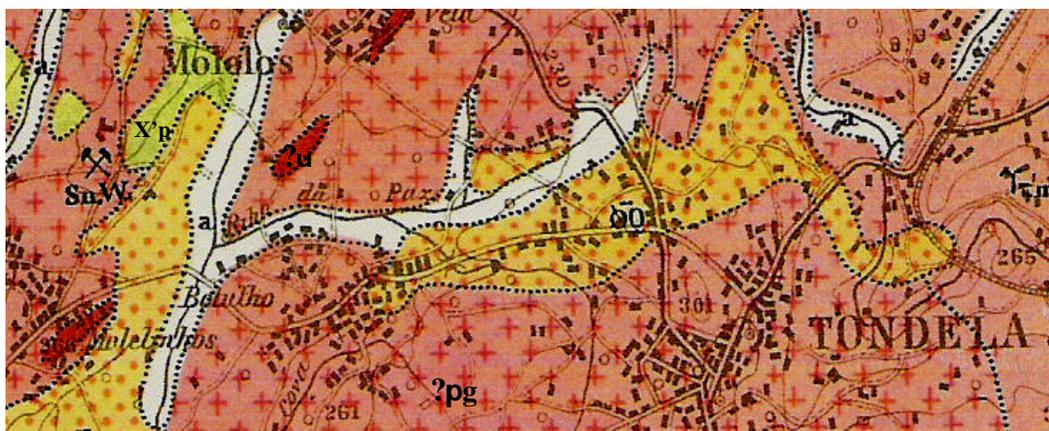
### 4.2. RECURSOS METÁLICOS

#### 4.2.1. ESTANHO E VOLFRAMITE

Desde o início do século XX até ao fim da 2ª Guerra Mundial que o Sr. Joaquim Júlio Monteiro da Silva, solicitador, fez exploração de estanho (**Sn**) e volfrâmio (**W**), na zona de Molelos, recorrendo à abertura de uma mina a céu aberto, com profundidade de cerca de 20m e num raio de escavação de cerca de 200m.

Os minérios encontravam-se no interior de um filão de ganga quartzosa, com 0,5m de espessura (Figura 12), tendo sido exploradas cerca de 45,760 toneladas de estanho e 16,660 toneladas de volfrâmio.

As dificuldades de acesso ao minério, os elevados custos na sua exploração e o fraco rendimento económico que após aquele conflito se fizeram sentir, levaram ao abandono da mina.



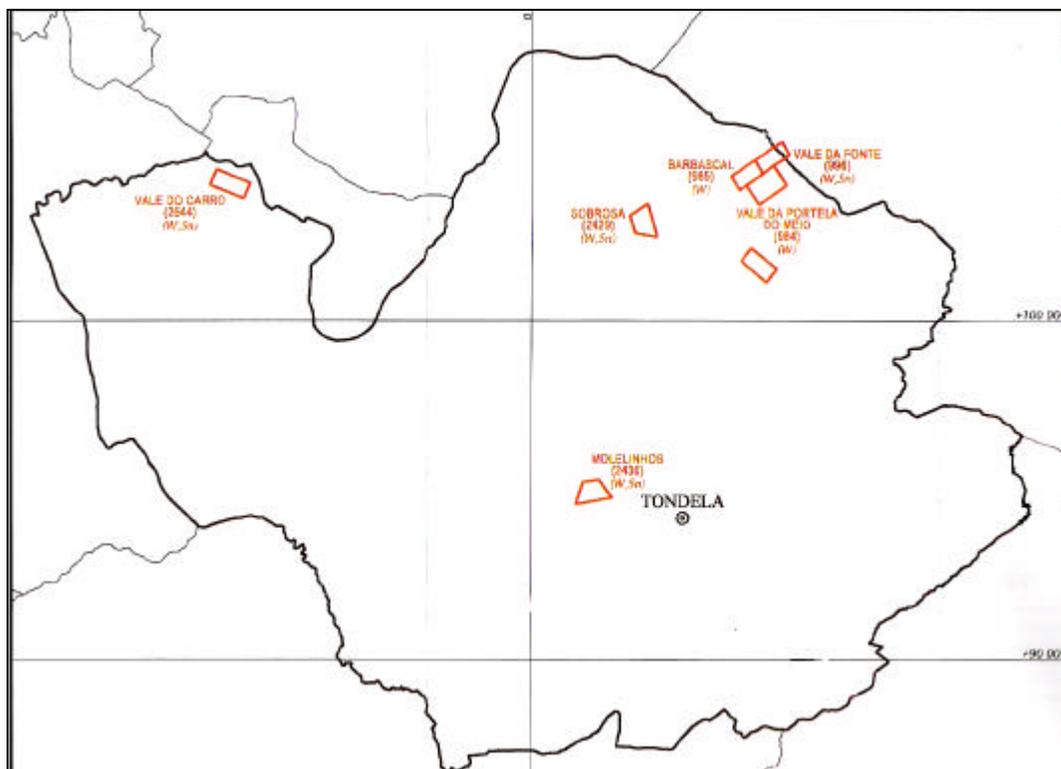
**Figura 12** - Geologia das zonas de Molelos e Molelinhos (extracto da carta geológica número 17-C, Escala de 1:50 000).

Ø-Q – Depósitos arcósico-argilosos; Xp – Corneanas; a – Aluviões actuais; ?pg – Granito porfíroide, predominantemente biotítico de grão muito grosseiro, grosseiro ou grosseiro a médio; ?u – Filões de microgranito moscovítico; ?p'm – Granito de grão médio a fino, de duas micas.

Dadas as reduzidas dimensões da mina não se verificaram grandes perturbações ambientais, embora as águas residuais dos poços abandonados da mina se tenham infiltrado, acabando por afectar e degradar a qualidade dos aquíferos vizinhos.

Após o abandono da exploração mineira nas suas imediações passou a fazer-se exploração de volfrâmio por um processo muito rudimentar, já que se recorria a uma forma semelhante à garimpagem, sem qualquer organização, onde qualquer pessoa lá podia ir fazer a sua recolha de volfrâmio.

Foram ainda exploradas outras zonas do concelho com o mesmo objectivo de explorar Volfrâmio (W) e Estanho (Sn), contudo, também estas acabaram por ser abandonadas, dada a sua pouca produtividade (Figura 13).



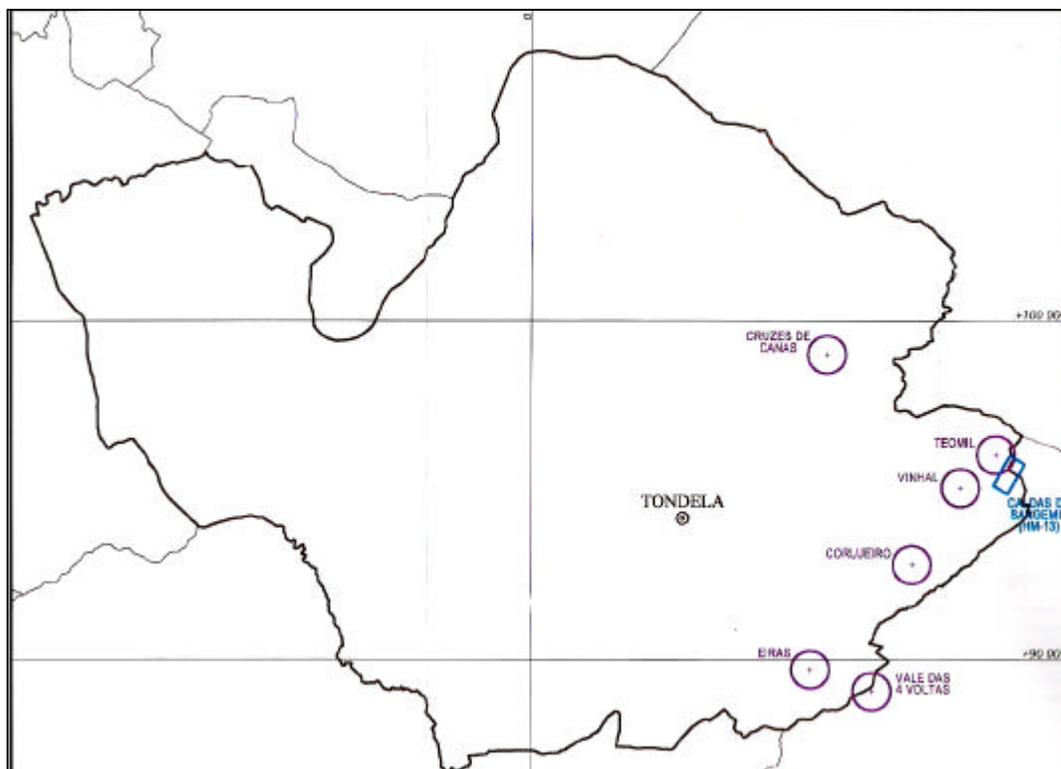
**Figura 13** - Localização aproximada de concessões mineiras de W e Sn extintas; adaptado do mapa de exploração mineira no concelho, cedido pela Direcção Geral de Geologia e Energia (DGGE), Escala de 1:150 000.

#### 4.2.2. MINÉRIOS URANÍFEROS

Associados a filões quase verticais, ocupando uma área de forte fracturação, por cisalhamento e tensão do granito, podemos encontrar zonas do concelho onde se verificou a exploração de minerais uraníferos (Figura 14).

Nos filões predomina uma ganga siliciosa, cujos minerais de urânio dominantes corresponde à pecheblenda (minério negro) microbotrioide, acompanhado por pirite, fluorite, esfalerite, galena, calcopirite e calcite. A origem deste minério é considerada de tipo epitermal com génese Alpina, localizado numa faixa fracturada, nas imediações das Caldas de Sangemil e num prolongamento do jazigo uranífero da Urgeiriça (Notícia explicativa da folha 17-C, 1961).

Contudo, a rentabilidade destes jazigos não foi suficientemente elevada para se manter em exploração, como tal, encontram-se abandonados.



**Figura 14** - Localização aproximada de jazigos de urânio; adaptado do mapa de exploração mineira no concelho, cedido pela (DGGE), Escala de 1:150 000.

### 4.3. MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS

#### 4.3.1. DEPÓSITOS DE COBERTURA DO TERCIÁRIO - ARGILAS

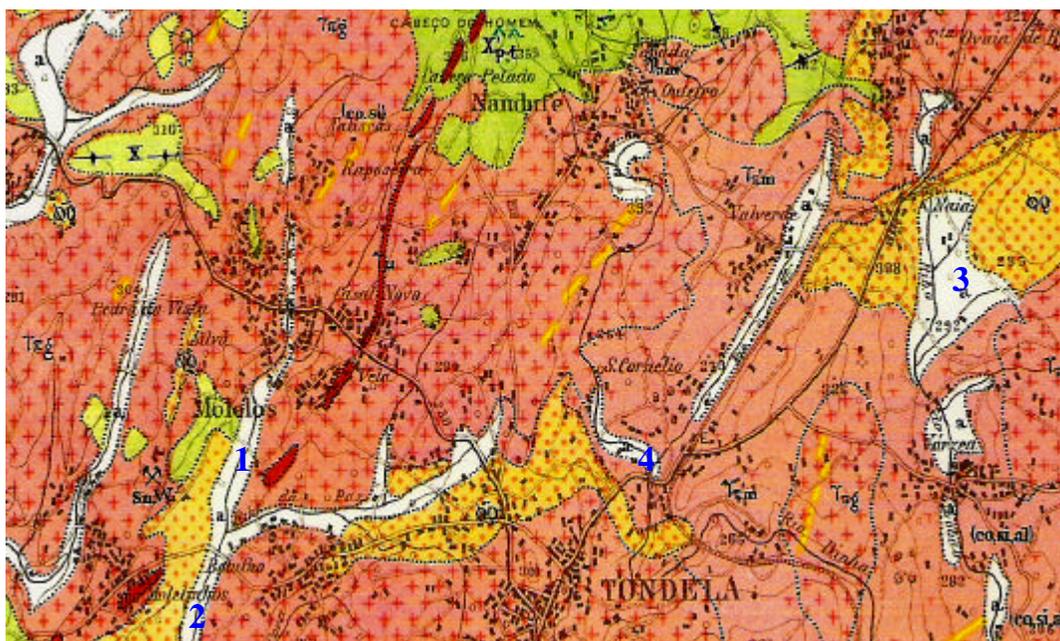
Supõe-se que com a chegada dos Trudelos, no séc. VII, se tenha começado a fazer a utilização do barro negro, uma vez que se encontravam numa zona muito rica em minerais argilosos.

A cerâmica foi transmitida ao longo de gerações até aos nossos tempos, sofrendo adaptações, mas mantendo a sua traça original.

Produziam vários tipos de materiais, desde as loiças à telha portuguesa, que iam vender para todas as zonas de Portugal, como é o caso de Lisboa e Bairrada (para fazer a chanfana nas padelas).

As principais zonas de extracção da argila eram os Barreiros de Molelinhos, onde hoje existe o Sapal, uma vez que estamos perante uma área perfeitamente impermeabilizada e onde as águas se acumulam, permitindo a criação de um lago.

Outras explorações de argila, a céu aberto, com vista à sua utilização no fabrico de produtos cerâmicos, ocorreram no Concelho. Na localidade da Naia, freguesia de Canas de Santa Maria, exploraram-se os barreiros de Valverde N°3 e de Naia, entre Maio de 1969 e Setembro de 1996. Este depósito de cobertura apresenta um enchimento sedimentar máximo que não ultrapassa os 10 metros de espessura (Antunes & Broin, 1977) Nesta área identificaram-se, da base para o topo, 3 conjuntos sedimentares distintos: a) depósitos areno-argiloso cinzentos, carbonosos; b) depósitos essencialmente argilosos, de cor verde clara e ricos em montmorilonite; c) depósito de arcoses grosseiras e cascalhentas (calhaus de dimensão até 10 cm, no eixo maior), de cor verde alaranjada, que podem assentar directamente sobre o soco granítico, atingindo um máximo de 3,5 metros de espessura (Cunha, 1992) (Figura 15).



**Figura 15** – Esboço geológico de algumas zonas de exploração de depósitos aluvionares, Molelos (1), Molelinhos (2), Naia (3), Tondela (4); (Carta geológica de Portugal, folha 17-C, Escala de 1: 50 000).

Ø`Q – Depósitos arcósico-argilosos; X`p-t – Corneanas quartzo-feldspáticas; a – Aluviões actuais; ?pg – Granito porfiróide, predominantemente biotítico de grão muito grosseiro, grosseiro ou grosseiro a médio; ?u – Filões de microgranito moscovítico; ?p`m – Granito de grão médio a fino, de duas micas; q – Filões de quartzo.

Em Barreiro de Besteiros ocorreu a exploração do barreiro, N° 4, entre Maio de 1969 e Setembro de 1996. Podemos ainda encontrar um outro barreiro de argila nesta zona, denominada Moita, N° 4, explorada entre Março de 1975 e Setembro de 1996. Os depósitos sedimentares terciários desta zona atingem maior expressão, com espessura

variável entre 6 e 10 metros, sendo constituídos por conglomerados que alternam com arcoses grosseiras a muito finas, de cor verde esbranquiçadas.

No lugar das Cabecinhas, freguesia de Canas de Santa Maria, verificou-se a exploração do barreiro de Cabecinhas, entre Maio de 1969 e Setembro de 1996.

Nas Colmeiras, freguesia de Tondela, ocorreu a exploração de um barreiro designado por Andavia-Colmeiras, desde Março de 1987 a Agosto de 1997.

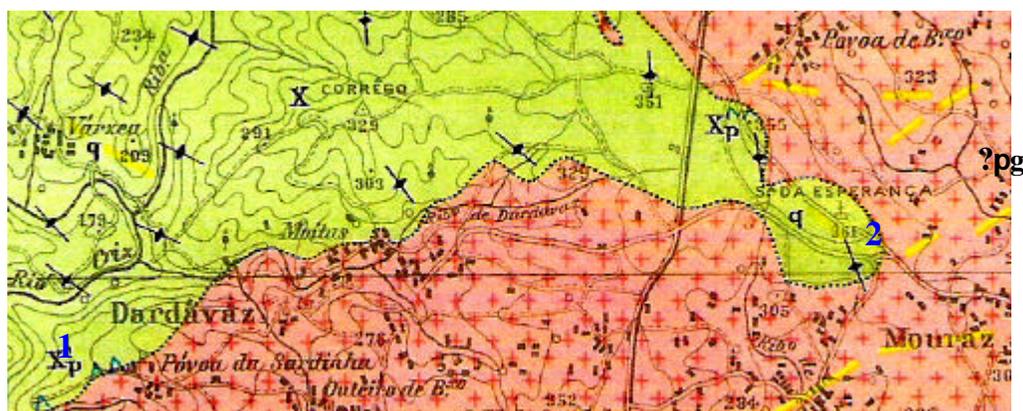
A localização de antigas explorações de argila, podem ser identificadas com base em estudos fotogeológicos, pois verifica-se uma descaracterização da paisagem, com evidentes fenómenos de subsidência em algumas zonas, causada por uma deficiente compactação da zona abandonada, embora também se encontrem situações de regeneração dos ecossistemas.

#### 4.3.2. ROCHA

A única riqueza a nível da rocha explorada é baseada no granito, onde o principal objectivo está ligado à produção de agregados.

Podemos encontrar várias zonas onde ocorre a exploração de rochas industriais, indicadas no mapa (Figura 16).

No lugar de Arieira, freguesia de Dardavaz, verificou-se a exploração a céu aberto, de granito destinado à indústria, entre Fevereiro de 1996 e Agosto de 2002.



**Figura 16** - Esboço geológico das regiões de Dardavaz (1) e Sra. da Esperança (2); (Carta geológica de Portugal, folha 17-C, Escala de 1: 50 000).

X'p – Corneanas pelíticas (aluvionosas); q – Filões de quartzo; ?pg – Granito porfiróide, predominantemente biotítico de grão muito grosseiro, grosseiro ou grosseiro a médio.

No Monte da Senhora da Esperança, freguesia de Mouraz, é explorada a céu aberto, uma vasta mancha de rochas eruptivas pouco diaclasadas, onde afloram corneanas. Calcula-se em cerca de 1000 000 toneladas de pedra total a explorar a um ritmo de 15 000 toneladas por mês.

Apresentam-se de seguida algumas fotografias (Figuras 17 e 18), retiradas no local, onde se podem distinguir filões intrusivos, zonas ricas em apatite e turmalina.



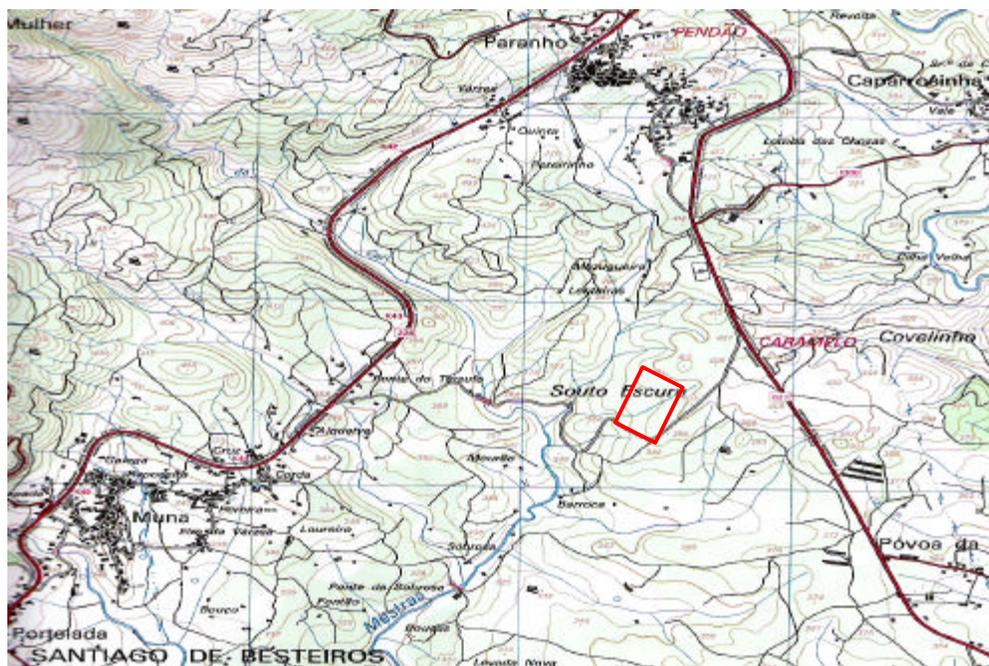
**Figura 17** – Fotografias da exploração na pedreira da Sra. da Esperança, podendo analisar-se o actual patamar de exploração, com um filão intrusivo.



**Figura 18** – Fotografias de uma zona de Falha e de uma grande concentração de minerais de turmalina.

Devido ao projecto de duplicação do Itinerário Principal N°5 (IP5) e vias de comunicação associadas tem-se verificado a tendência para a abertura de centros de exploração de agregados, uma vez que o consumo de inertes vai ser muito elevado. Uma das empresas que pretende abrir um centro de produção é a Mota e Companhia S.A., que

deverá ser localizada junto à povoação de Caparrosinha, (Figura 19) desenvolvendo-se na vizinhança W do vértice geodésico do Caramelo, no lugar de Souto Escuro, entre a margem direita do rio Dinha e a margem esquerda da ribeira das Mestras (afluente do rio Criz), apresentando-se com uma provável extracção de 140000 toneladas por ano de inertes, prevendo-se uma vida útil da pedra em cerca de 16 anos.



**Figura 19** - Enquadramento geográfico da pedra do Caramelo (Carta Militar de Portugal, folha nº 188, Escala de 1:25 000).

 Zona de exploração da pedra

A zona encontra-se integrada no sector da Zona Centro-Ibérica e centrada no concelho de Tondela, dominada pela ocorrência das formações granitóides de implantação Hercínica.

A pedra encontra-se no extremo sudeste da faixa plutonometamórfica Porto-Tondela (Oen, 1970), integrando o flanco sul do Batólito Granítico das Beiras, cuja implantação se terá processado nos estádios terminais da orogenia Hercínica (“Younger granites” na acepção de Oen, 1958).

A zona encontra-se, assim, localizada na grande superfície de aplanção com basculamento para sudoeste, limitada a W pela serra do Caramulo e a E pela serra da

Estrela, rasgada profundamente pelos vales dos rios Mondego e Dão e para onde convergem importantes afluentes (rio Seira, Pavia, Dinha e Criz), no domínio dos granitóides sinorogénicos biotíticos que tiveram implantação durante a terceira fase Hercínica, com os granitóides mais deformados a corresponderem grosseiramente aos “granodioritos precoces” (Capdevila et al., 1973; Bard, 1978) e cuja distribuição espacial é representada por quatro alinhamentos principais.

As rochas granitóides constituem assim os litótipos largamente dominantes na região, merecendo especial relevo os granitos biotíticos porfíroides que cobrem a maior parte da área correspondente aos corpos ígneos aflorantes que, embora apresentem textura e granulometria diferentes, têm uma composição mineralógica bastante uniforme que lhe confere por vezes uma tendência granodiorítica. Os metassedimentos englobados no complexo Xisto-grauváquico ante-ordovícico e os depósitos de cobertura assentes sobre a plataforma granítica, onde se destacam os arenitos arcósicos grosseiros, (Ferreira, 1978) constituem os principais litótipos de natureza não ígnea aflorantes.

As rochas filonianas são bastante frequentes quer nos afloramentos xistentos quer nos afloramentos graníticos, sendo de um modo geral, de reduzida extensão e espessura, apresentando-se em estruturas lenticulares. São constituídas essencialmente por quartzo, microgranito, rochas básicas metamorfizadas e por rochas pegmatíticas ou aplito-pegmatíticas.

Contudo, merece referência o extenso filão de microgranito moscovítico, com espessura que oscila entre 7 e 15 m, e passa a E da pedreira do Caramelo, entre as povoações de Fial e Vilar de Besteiros.

Nos vales dos principais cursos de água que atravessam a região, nomeadamente os mais extensos, que se desenvolvem nas margens dos rios Dinha e Criz, encontramos modernos depósitos de cobertura que, com menor significado, também se podem encontrar nas margens dos seus afluentes. Estes depósitos são constituídos essencialmente por areias e outros materiais de origem detrítica.

Depósitos de cobertura mais antigos, de idade posterior ao grés do Buçaco e provavelmente anteriores ao Pliocénico, dispõem-se por manchas que ladeiam os vales dos principais cursos de água, destacando-se os depósitos arcósico-argilosos e diversos retalhos de arenitos arcósicos grosseiros. Os de maior expressão cartográfica localizam-se no

território entre a pedreira do Caramelo e Tondela, concretamente a S de Santiago de Besteiros e a SW de Canas de Sabugosa.

A rocha da pedreira do Caramelo (Mota e Companhia, 2004) apresenta grão médio a grosseiro, com quartzo, plagioclase (albite a andesina sódica), megacristais abundantes de feldspato potássico, pertitização moderada, biotite claramente dominante sobre a moscovite, e com raros veios de filões de quartzo, aplitos e pegmatitos, não apresentando encraves de natureza xistenta.

Dadas as características do material granítico, são a pouco alterado, permite a sua utilização como britas e gravilhas com aplicações na indústria da construção civil e obras públicas, nomeadamente na construção de infra-estruturas rodoviárias, transformando-se por isso como material a usar na reestruturação do IP5.

#### **4.3.3. FILÃO MICROGRANÍTICO MOSCOVÍTICO**

Em Vale Grande, freguesia de Molelos, aflora um filão de microgranito, denominado filão granítico moscovítico de Várzea-Molelinhos-Salgueiral (Pereira, 1992), com direcção NNE-SSW, de textura porfírica, encaixado nos metassedimentos do Complexo-Xisto-Grauváquico (CXG) e atravessa toda a área estudada, tendo sido reconhecido e cartografado numa extensão superior a 20km (Assunção e Martins, 1958, Neves et al., 1999b). Apresenta características químicas, mineralógicas e comportamento que o tornam susceptível de ter aproveitamento cerâmico como fundente feldspático, em particular nos sectores do grés, pavimento e revestimento porcelânico.

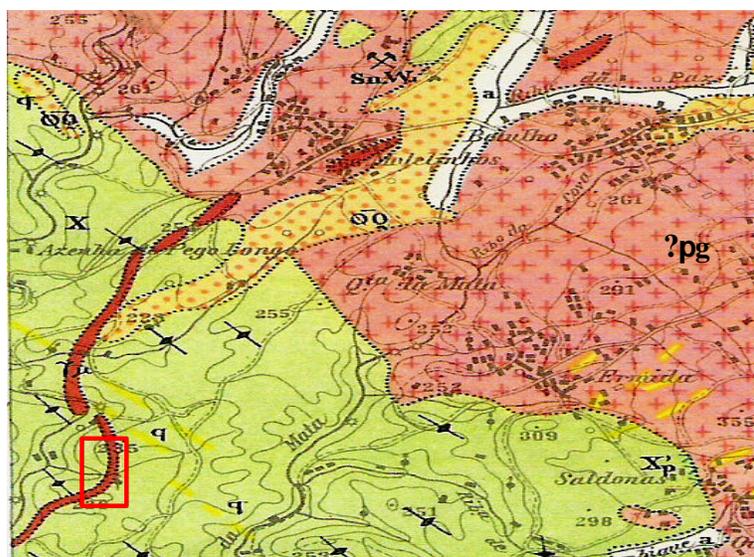
Este corpo apresenta como espessura média 15 a 50m, comprimento várias dezenas de km, conferindo-lhe reservas da ordem das várias centenas de milhares de toneladas, além de apresentar teores elevados em elementos alcalinos, lítio e fósforo, e concentrações baixas em elementos contaminantes como o ferro, titânio e manganês, conferindo-lhe uma boa fusibilidade, vitrificação e cores de cozedura a 1200°C na região do beije claro (Matias & Pacheco, 1996).

Seguem-se fotografias retiradas do filão, onde se pode ver a sua espessura, a acção de falhas que lhe causa desvios e podemos ver ainda a zona de contacto entre o filão e o CXG (Figura 20), enquanto na figura 21 se encontra representado o esboço geológico da região envolvente do filão.



**Figura 20** – Fotografias do Filão Microgranítico de Molelinhos.

A produção anual estimada é de 2 400 toneladas, estando este valor dependente da qualidade da matéria-prima, com vista à melhor adaptação aos processos de fabrico das pastas cerâmicas, que implicam uma maior ou menor produção.



**Figura 21** – Esboço geológico da zona do filão microgranítico; (Carta Geológica de Portugal, folha 17-C, Escala de 1:50 000).

Ø-Q – Depósitos arcóscico-argilosos; X'p – Corneanas pelíticas (aluvionares); a – Aluviões actuais; ?pg – Granito porfiróide, predominantemente biotítico de grão muito grosseiro, grosseiro ou grosseiro a médio; ?u – Filões de microgranito moscovítico; q – Filões de quartzo.

 Localização da exploração do Filão Microgranítico

Dadas as suas características, a empresa José Aldeia Lagoa e Filhos, Limitada, iniciou a exploração em Julho de 1995, permanecendo ainda hoje a funcionar.

#### **4.4. CONDICIONANTES AMBIENTAIS**

Verificamos que estas rochas ígneas e metassedimentares são uma fonte de recursos para esta região, embora também esteja associada à exploração destes recursos a componente do impacto ambiental, tornando necessário ter-se em atenção o modo de exploração como condicionante da eficácia da recuperação do local no final da exploração.

Durante o processo de extracção de materiais verificam-se sempre situações menos benéficas para o ambiente, desde o pó que se liberta para atmosfera, podendo causar poluição, com repercussão na saúde das populações mais próximas, as explosões que por vezes se recorre e geram ondas sísmicas, os buracos que se vão criando à medida que ocorre a exploração do material, podendo trazer situações de acumulação de água que posteriormente podem poluir os lençóis freáticos, ou mesmo o perigo do abandono da pedreira sem que haja qualquer forma de protecção, mas sim uma descaracterização da zona. Estes são apenas alguns dos problemas que podem surgir derivados da má exploração e recuperação dos locais explorados. Deverá, pois, haver uma forte vigilância durante o processo de desmonte, mas também após o abandono, fazendo com que se façam cumprir todas as regras estabelecidas e criadas na fase de prospecção, bem como todas as normas devidamente legisladas.

#### **4.5. CONCLUSÃO**

Podemos concluir que o concelho apesar de apresentar alguns recursos minerais, não é muito rico, apresentando por isso algumas limitações neste âmbito.

A exploração dos recursos minerais pode ser dividida em duas fases, uma primeira fase que culmina com o fim da segunda Guerra Mundial, onde se pode verificar que o concelho contribuiu com alguns recursos metálicos, nomeadamente volfrâmio, estanho e urânio, a segunda fase começa com o pós guerra, em que se deixa a exploração dos recursos minerais metálicos e passa-se à exploração de minerais e rochas industriais, agora com fins não militares, mas voltados para a cerâmica e construção, recorrendo à exploração de argilas e granitos, fundamentalmente.

## **5. RECURSOS HIDROTERMAIS**

### **5.1. INTRODUÇÃO**

A cerca de 16 km para ENE de Tondela, encontram-se as Termas de Sangemil, que apesar de estarem abertas sazonalmente, de Abril a Outubro, representam um importante pólo de desenvolvimento para esta região.

Estas águas apresentam propriedades químicas favoráveis ao seu aproveitamento medicinal, que se manifesta por uma crescente utilização terapêutica e uma tendência à urbanização da região.

Dadas as características desta água existe uma preocupação permanente, que é a de manter a qualidade das águas, evitando a degradação do ambiente de infiltração, bem como a dos locais de captação, favorecendo a segurança da exploração das águas termais.

Para este capítulo as principais fontes de informação foram recolhidas do livro de Morais, M. J. Ferreira (1990) e algum material fornecido numa acção de formação elaborada por Dias, Matos e Pereira, Alcides (2000).

### **5.2. BREVE RESENHA HISTÓRICA DO TERMALISMO**

Embora a civilização grega já utilizasse os efeitos terapêuticos de determinadas águas, foram os Romanos, com a progressão dos seus exércitos e consequente ocupação de outros territórios, os grandes impulsionadores do hábito da utilização das águas termais. Uma subtil mistura de temor sagrado e vaidade mundana ditou a edificação de balneários sumptuosos na Roma Imperial. O mais grandioso foi mandado construir sobre o monte Aventino, no século III, pelo imperador Caracalla.

Em Portugal a utilização das águas minerais em grande escala para fins terapêuticos remonta ao tempo da presença dos Romanos na Península Ibérica, encontrando-se sinais dessa presença em grande número de estações termais. Embora os vestígios sejam raros, antes dos Romanos já os Celtas e Iberos reconheciam a certas fontes o poder de transmitir saúde.

Nas primeiras invasões dos Bárbaros foram destruídas muitas dessas estações termais, algumas das quais, no entanto, voltaram a ser frequentadas durante o domínio Visigótico.

Também os povos árabes cultivaram a hidroterapia, inclusive nos seus ritos religiosos, restando, no entanto, poucos vestígios da sua presença.

Após a fundação de Portugal, D. Afonso Henriques que ficara gravemente ferido numa perna, num combate travado em Badajoz, “fez uso das águas do Banho”, como se chamavam então as termas de S. Pedro do Sul.

O obscurantismo da Idade Média atingiu igualmente o termalismo, acentuando o declínio dos balneários e foi responsável pela perda de alguns conhecimentos científicos herdados dos Romanos e dos Árabes.

A transição do século XIX para o século XX é marcada por um grande renascimento do termalismo, com melhoria das captações (sem sondagens) e com a edificação de hotéis luxuosos. A frequência das termas alargou-se à alta burguesia, tornando-se o seu lugar preferido de veligiatura.

Esta época não foi muito longa. Um novo conceito de beleza, baseado na cor bronzeada, catapultou as praias para o lugar privilegiado que ainda hoje ocupa e a água salgada substituiu parcialmente a água mineral.

### **5.2.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA**

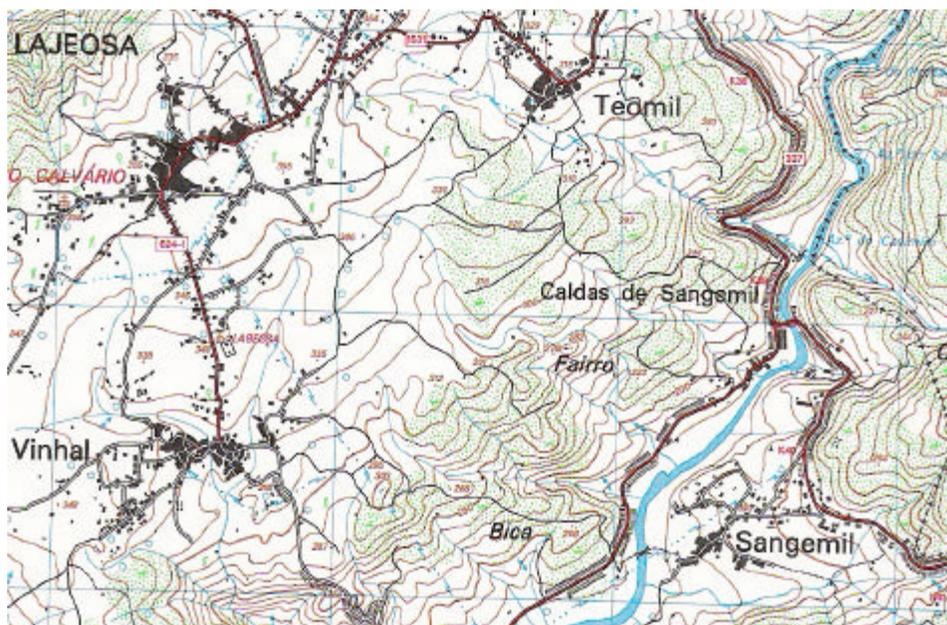
A Beira Alta corresponde a um planalto comprimido entre dois imponentes alinhamentos montanhosos. A sueste a Serra da Estrela, a poente e a norte um conjunto de serranias constituídas pelas Serras do Caramulo, da Gralheira e São Macário, no extremo oriental a Serra de Montemuro. Todo este conjunto está profundamente retalhado pelos vales dos rios Vouga, Mondego e seus afluentes.

Na zona central da Beira Alta, junto ao rio Dão, estão situadas as Caldas de Sangemil (figura 22), que distam 16 km da sede de concelho, Tondela, e 18 km de Viseu, capital do distrito. Localiza-se próximo da Urgeiriça e das Caldas de Alcafache que, tal como Sangemil, se encontra nas imediações do Dão. As Caldas de Felgueira, sobre o rio Mondego, ficam a 11km.

Os vales cuidadosamente cultivados com vinhas, pomares, milho e algum trigo, são envolvidos por uma arborização anteriormente densa de pinheiros, carvalhos e eucaliptos, mas que, actualmente, está em risco por causa dos fogos florestais.

O clima e as características geológicas do solo, tornam a vinha a principal cultura desta zona, dando origem aos famosos vinhos maduros da região demarcada do Dão.

O hidrotermalismo, hoje mais que em qualquer outra altura, funciona como importante meio de divulgação desta região.



**Figura 22** - Localização geográfica da região de Sangemil (carta militar de Portugal, Folha 199, Escala 1:25000).

### 5.3. TERMAS DE SANGEMIL

As Caldas de Sangemil são uma pequena povoação no vale do Rio Dão. Inúmeros vestígios do paleolítico comprovam que a sua história remonta à Idade da Pedra e a sua nomenclatura de origem – Sangemiro – remete a uma origem visigótica.

Inseridas numa natureza granítica, em que os pinhais alternam com as terras de cultivo, com predomínio da oliveira e da vinha, a sua altitude e a presença da linha de água do Dão conferem-lhe um clima suave ao longo de todo o ano.

Estas nascentes termais, que ocorrem associadas a regiões de rochas cristalinas, resultam da ascensão de água aquecida, através das zonas fracturadas, constituindo estas zonas, excelentes aquíferos.

Esta zona apresenta condições razoáveis de recarga dos aquíferos, por um lado porque são numerosas as linhas de água que sulcam a região, criando uma bacia excepcionalmente bem drenada e com alguma tendência para cheias, por outro lado porque a precipitação média anual estende-se por um período de 6 meses/ano.

As Termas de Sangemil encontram-se no alinhamento que coincide com um importante acidente tectónico, a falha do Dão, de direcção NE – SW e que terá originado o encaixe do rio.

Utilizadas com fins terapêuticos desde o século XVIII, é no virar do segundo milénio que as Caldas de Sangemil passam a ser consideradas verdadeiramente Fonte de Vida.

As suas águas quentes brotam do próprio leito do rio Dão, a 49°C -Hipertermiais-, desde 1994, são captadas através de furos que atingem 54m de profundidade.

Estas águas são sulfúreas, alcalinas (pH de 8,4), bicarbonatadas sódicas e fluoretadas, sendo recomendadas para o tratamento de reumatismos, em especial as osteoartrites, bem como a reabilitação das patologias músculo-esqueléticas e das artropatias resultantes de traumatismos (acidentes de viação, de trabalho, pessoais ou outras) e ainda na fase de cuidados pré e pós-operatórios. Como segunda indicação terapêutica, as Caldas de Sangemil destinam-se às patologias das vias respiratórias superiores (ORL).

As suas características são controladas permanentemente através de um sofisticado sistema electrónico que permite apreciar o nível hidro-dinâmico, a temperatura, o pH, o caudal bombeado, o potencial de oxidação-redução e o oxigénio livre dissolvido.

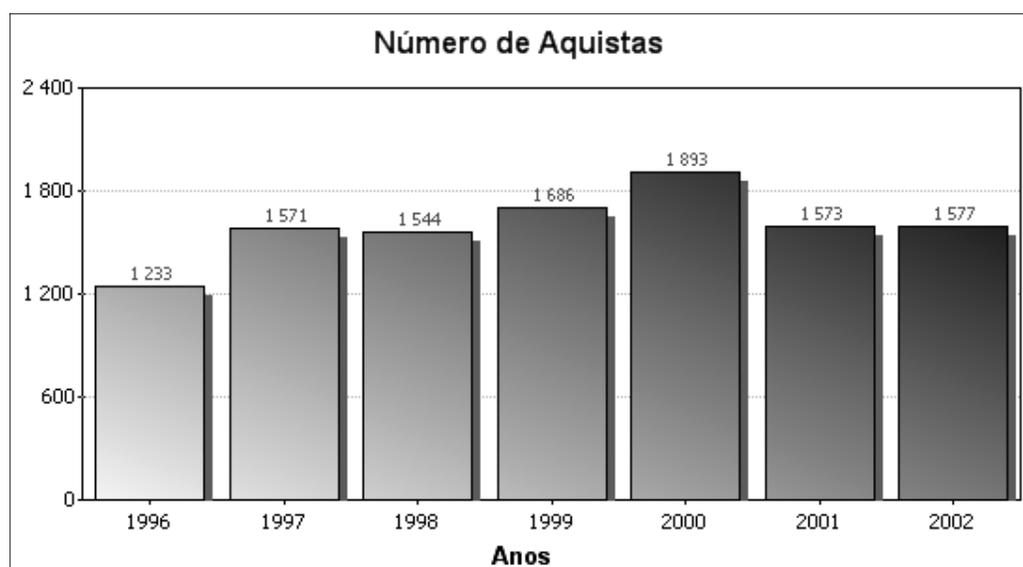
Para além das técnicas termais clássicas, as Caldas estão equipadas com modernos meios nos domínios da mecanoterapia, electroterapia e termoterapia, permitindo uma eficaz abordagem dos problemas reumáticos. Destacam-se ainda uma ampla piscina termal quente, um ginásio adequado, boxes individuais de tratamento e pessoal especializado.

Devido à característica das águas, assim como, devido às infra estruturas das termas tem-se notado um aumento gradual do número de aquístas, embora nem sempre se verifique o aumento desejado, como se pode confirmar no quadro e nos gráficos seguintes.

No quadro 1 e no gráfico 1 encontra-se indicada a evolução do número de aquístas que frequentaram estas termas nos anos compreendidos entre 1996 e 2002, segundo o Instituto Geológico e Mineiro (IGM).

**Quadro 1** - Variação do número de aquístas nas termas de Sangemil, (Adaptado de IGM).

Ano	Número de Aquístas	Variação Ano Anterior	Valor em Euros	Variação Ano Anterior
2002	1 577	0,25 %	414 000	- 3,04 %
2001	1 573	- 16,90 %	427 000	- 2,73 %
2000	1 893	12,28 %	439 000	19,62 %
1999	1 686	9,20 %	367 000	28,32 %
1998	1 544	- 1,72 %	286 000	24,04 %
1997	1 571	27,41 %	230 570	15,56 %
1996	1 233	---	199 520	---



**Gráfico 1** - Variação do número de aquístas desde 1996 a 2002 (Adaptado de IGM).

### 5.3.1. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A rocha aflorante é constituída por granito porfiróide de grão grosseiro a médio, biotítico, que se mostra com frequência bastante alterado à superfície e mesmo arenizado em profundidade.

Esta rocha é leuco e leucomesocrática, de duas micas, em que a biotite predomina. A textura porfiróide é-lhe conferida pela profusão de fenocristais de microclina.

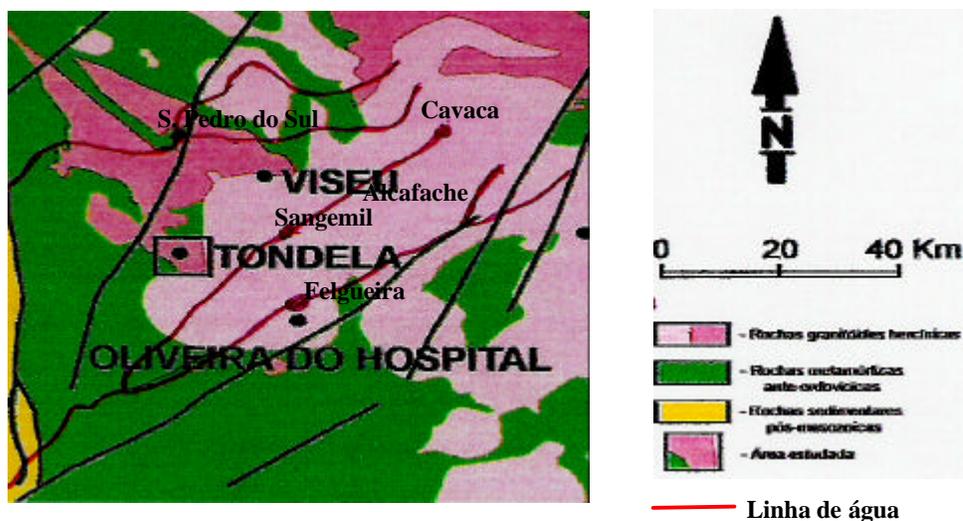
Ao microscópio estas rochas graníticas porfiróides revelam-se constituídas essencialmente por quartzo, microclina, microclina-pertite, plagioclase e biotite. Como minerais acessórios encontram-se moscovite, apatite, zircão e opacos.

A intersecção da falha de Sangemil com as estruturas N5°E; 75°W e N5°E; 75°E favorecem zonas de fracturação que podem ter dois andamentos: um para NNW e com mergulho entre 60° a 70° e o outro, para NNE com mergulho entre 50° e 60°. Estas zonas podem constituir canais de escoamento para as águas minerais.

### 5.3.2. GEOMORFOLOGIA

Estando localizada numa região essencialmente montanhosa, é atravessada no sentido diagonal, NE-SW, pelo rio Dão, que escavou um vale apertado e profundo, de vertentes acentuadas. Para jusante, verifica-se um alargamento transversal do vale, com vertentes de inclinação menos acentuada, embora a vertente esquerda seja mais abrupta que a direita, tornando-se desta forma um vale assimétrico. Esta característica denuncia a sua abertura ao longo de faixas de esmagamento da rocha granítica (Figura 23).

No limite meridional do mapa, a margem esquerda está talhada abruptamente no maciço granítico, sobre o qual se ergue a povoação denominada Penedo, à altitude de 280m.



**Figura 23** - Enquadramento geológico das termas de Sangemil, (adaptado da Carta Geológica de Portugal; Escala de 1: 500 000).

### 5.3.3. HIDROGEOLOGIA

O desenvolvimento da utilização das técnicas isotópicas aplicadas ao estudo das águas termominerais, permitiu mostrar que estas águas são na realidade águas da chuva que, infiltrando-se num determinado lugar, seguem por força de uma convergência de factores geológicos muito variados, um caminho subterrâneo mais ou menos profundo, mais ou menos rápido. Durante este percurso subterrâneo, elas aquecem e, progressivamente, adquirem uma mineralização original, à custa dos minerais que constituem as rochas no seio das quais elas percolam. Seguidamente, desde que uma série de circunstâncias favoráveis (fracturas, topografia, pressão e temperatura) o permitam, elas iniciam a sua subida, até chegarem à superfície sob a forma de emergências. Temperatura, composição química e caudal constantes são pois a consequência da circulação destas águas minerais nos domínios profundos, após a sua emergência à superfície pelo meio de aquíferos com os quais elas não apresentam, em princípio, nenhum ponto em comum. Com base em estudos de minerais considerados geotermómetros ( $\text{SiO}_2$ , catiões de Na, Ca e Mg) verificou-se que o valor médio da temperatura da água nas Caldas de Sangemil é de  $110^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ . A água adquire a temperatura geotermométrica ao circular em profundidade, recebendo desta forma o calor das rochas.

C. Swanberg et al. (1978) encontraram uma relação linear entre a temperatura média fornecida pelo geotermómetro de sílica (Truesdell, 1976), Quartzo – (arrefecimento

condutivo) aplicado a águas não termais ( $t_{SiO_2}$  em °C) e o fluxo térmico ( $q$  em  $mWm^{-2}$ ) para uma dada região, recorrendo à fórmula:

$$t_{SiO_2} = mq + b$$

em que:-  $b$ , a ordenada na origem, tem como significado físico a temperatura média anual do ar (13,2°C);

-  $m$ , o declive, relaciona-se com a profundidade média mínima de circulação da água ( $0,67°Cm^2mW^{-1}$ ).

Para as 14 amostras de águas frias da região de Sangemil (Morais, 1990) de que se dispõem análises químicas, foi encontrado um valor médio do conteúdo em sílica dissolvida de 21,3 ppm, a que corresponde uma temperatura geotermométrica de 65,7°C. Utilizando estes dados na equação proposta por Swanberg et al. (1978), obtém-se um valor médio do fluxo térmico de  $78 mWm^{-2}$  ( $1.86\mu cal/cm^2/s$ ), que é ligeiramente superior ao valor médio das observações efectuadas para a Europa:  $62,1mWm^{-2}$  (Cermák & Hurtig; 1978/79).

Assumindo uma condutibilidade térmica ( $K$ ) para os granitos de  $3,14 W/mk$  ( $7,5 \times 10^{-3} cal/cm°Cs$ ), o gradiente térmico vertical ( $r$ ) para a região seria de  $24,8°C/km$ . Isto significaria que a profundidade a que a água teria de circular, após entrada no circuito hidrotermal (temperatura média anual do ar de  $13°C$ ) para obter a temperatura que se prevê no reservatório, seria da ordem dos 4000m. A esta profundidade, a maior parte das fracturas já estará fechada por efeito da pressão litostática e assim a circulação da água estaria limitada às fracturas reactivadas relacionadas com movimentos tectónicos mais importantes e recentes. A dimensão da falha do Dão suporta tais profundidades.

#### 5.3.4. GEOTERMIA

O decaimento radioactivo na crosta é uma fonte importante do fluxo de calor observado à superfície. Os elementos radioactivos mais relevantes são o Urânio, o Tório e o Potássio, cujas produções de energia segundo estimativas de Birch (1954; in Tilling & Gottfried, 1969) são:  $1ppmU = 0,73 \mu cal/gr$  ano;

$$1ppmTh = 0,20 \mu cal/gr$$
 ano;

$$1\% K = 0,27 \mu cal/ gr$$
 ano.

Estima-se o calor total produzido pelos elementos radioactivos em  $4,31 \mu\text{wm}^{-3}$  ( $12\mu\text{ca/gr ano}$ ). Assim, o fluxo térmico calculado poderia ser atribuído ao calor radiogénico produzido por uma coluna de rocha com aproximadamente 18 km de espessura, na condição da distribuição vertical dos elementos radioactivos permanecer constante.

A profundidade do batólito granítico não está averiguada nem há qualquer investigação geofísica levada a efeito, nem a uma escala regional. Os dados geofísicos existentes, que de maneira indirecta poderão interessar, limitam-se a perfis de sísmica de refacção – reflexão de grande ângulo realizados na zona Centro-Ibérica e localizados na sua parte norte (Galiza) e mais meridional (Banda; 1978). Daí se conclui que a estrutura da crosta naqueles locais apresenta coincidências apreciáveis como seja a estratificação em camadas, com velocidades crescentes de propagação das ondas sísmicas em profundidade. Regista-se a excepção, na parte meridional, para a ocorrência, entre os 7 e os 12 km, de uma camada de baixa velocidade, interpretada como tratando-se de intrusões graníticas. Estas intrusões ígneas, se recentes a pequena profundidade, de carácter local mas ubíquo, em zonas de movimentos tectónicos intensos e extensos, têm sido relacionadas com inúmeros sistemas hidrotermais.

Embora o aquecimento possa ficar a dever-se ao gradiente geotérmico, não deverá excluir-se a possibilidade da água durante a sua circulação descendente contactar com rochas anormalmente quentes, que lhes transmitam o seu calor. De momento não há evidências a favor de qualquer das hipóteses, pelo que, esta matéria continua aberta a discussão.

### 5.3.5. MODELO HIDROGEOOLÓGICO

Segundo Dias, M., e Pereira, A., (2000), as Caldas de Sangemil integram-se na Província Hidromineral que se correlaciona com a zona Geotectónica Galaico - Castelhana ou para usar uma formulação mais correcta, que se correlaciona com os terrenos alóctones da Zona Centro - Ibérica, do lado norte da Cordilheira Central (Ferreira, M. Portugal, 1984).

As emergências ocorrem dentro do Plutão de Nelas -Tondela, que é constituído por granitos monzoníticos porfiróides, com fábrica isotópica, cuja implantação foi pós

orogénica. Nestes granitos é possível reconhecer os estádios de meteorização W1-W2 (este último evidente na zona do balneário). Esta correlação espacial estende-se para a coincidência entre o distrito uranífero da Urgeiriça e o distrito hidrotermal que compreende as Caldas da Felgueira, Urgeiriça, Alcafache, Sangemil, Lagares (Ervedal) e Abrunhosa.

Neste domínio existe uma importante faixa estrutural que se expressa sob três formas:

a) no andamento NE-SW do relevo e dos cursos de água – Rio Dão, Ribeira de Pisão, Ribeira de Beijos, Rio Mondego;

b) no feixe de extensos e possantes filões de quartzo, alguns deles com as paragénese da tipologia do jazigo uranífero da Urgeiriça;

c) no alinhamento de subordinação das Caldas de Alcafache, Sangemil e Granjal à falha do Dão e na localização das Caldas da Felgueira à falha do Mondego; estas estruturas ajustam-se à tectónica que condiciona a vertente NW da Serra da Estrela.

A tipologia hidroquímica das Caldas de Sangemil pode enquadrar-se na classe silicatada, sulfidatada, fluoretada, bicarbonatada sódica, em cuja génese estão a hidrólise dos silicatos constituintes dos granitos e as posteriores reacções de ajustamento com as associações mineralógicas já com fases argilo-micáceas.

Quanto às estruturas das emergências, enquadram-se no grupo das emergências pontuais. Este tipo de emergência corresponde a situações em que a estrutura condutiva hidrotermal tem canais de melhor circulação induzidos pela inserção com falhas cruzadas, ou pela torção da superfície de falha capaz de criar maior volume de espaços.

### **5.3.6. ACTIVIDADE ECONÓMICA**

Para que o hidrotermalismo em Sangemil seja considerado na sua verdadeira expressão, muito há ainda a fazer no plano das infra-estruturas básicas, nomeadamente em instalações balneárias e estruturas de apoio para turismo e lazer.

É necessário que o plano director municipal defenda as nascentes, garanta áreas de crescimento e preserve os espaços envolventes numa harmonia ambiental, visando um completo aproveitamento de múltiplas actividades correlativas, das quais se destacam a recreação desportiva e o turismo.

O uso para fins de cura constitui apenas um dos domínios de aproveitamento das águas termais. É restrito no tempo, funcionando apenas durante alguns meses. Outro aproveitamento relaciona-se com o conteúdo em calor destes recursos naturais. É variado o leque de aplicações, mesmo com exclusão das utilizações mais correntes em baixa entalpia e que requerem a existência de consumidores instalados, que permitam viabilidade económica do projecto (por exemplo: aquecimento de edifícios, piscinas, etc.) Pequenos esquemas de utilização para fins industriais ou agrícolas, serão mais adequados à realidade económico-social do pólo geotermal de Sangemil, como a utilização da energia para aquecimento de estufas.

O quadro 2, apresentado a seguir, apresenta o equivalente em barris de petróleo e em toneladas de carvão, da energia calorífica emanada anualmente pelas águas das nascentes de Sangemil.

**Quadro 2** – Comparação calorífica entre as águas de Sangemil, petróleo e carvão (Morais, 1999).

	Conteúdo Calorífico		
	Água Sangemil (cal/m <sup>3</sup> ) 49,5x10 <sup>7</sup>	Petróleo (cal/barril) 1.45x10 <sup>9</sup>	Carvão (cal/ gr) 7,2x10 <sup>3</sup>
Equivalente energético para um caudal de 6,3x10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /ano	3,12x10 <sup>12</sup> cal	2150 Barris	434 Toneladas

Nota: 1 barril = 42 Galões = 174 l

Os valores encontrados para as actuais condições de emergência (caudal e temperatura), não deixam de ser significativos para um país cuja dependência energética em relação ao exterior é grande. Com condições melhoradas de captação, assumiriam certamente valores potenciais ainda mais expressivos.

#### 5.4. CONCLUSÃO

Em conclusão, poderemos afirmar que a estância termal em Sangemil possui condições para constituir motivo de progresso e desenvolvimento para a região, criando impacto nas actividades económicas, com o seu abastecimento, conservação e funcionamento. Noutra vertente, urge criar condições para o aproveitamento durante todo o ano das potencialidades em geocalor deste pólo termal, conservando no entanto a qualidade e a perenidade do recurso sanitário.



## 6. RISCOS GEOAMBIENTAIS

### 6.1. INTRODUÇÃO

Considerando o risco como a possibilidade de um determinado factor ocorrer, trazendo danos a pessoas ou bens, toda a “teoria do risco” se organiza em torno da sequência de três conceitos (Rebelo, 2003):

- 1º risco;
- 2º perigo;
- 3º crise.

Os riscos podem ser divididos em torno de duas grandes categorias; riscos naturais e riscos tecnológicos (L. Faugères, 1990, p. 38).

Os riscos naturais podem ser do tipo:

- Climático-hidrológico;
- Incêndios florestais, sendo importantes os factores clima e vegetação;
- Geomorfológicos, podendo ocorrer o ravinamento, desabamentos, deslizamentos, solifluxão, entre outros;
- Geológicos.

No respeitante aos riscos tecnológicos, podemos considerar:

- Transportes, tanto colectivos como individuais, que podem gerar autênticas catástrofes;
- Produção industrial, tendo neste sector a considerar os acidentes industriais, emissão de gases, libertação de resíduos sólidos e líquidos;
- Lixeiras, tanto as que foram criadas propositadamente para o efeito, como as que surgem um pouco por todo o lado clandestinamente;
- Riscos biológicos, resultado de uma saúde pública deficiente podendo verificar-se epidemias, cancros causados por ingestão de certos alimentos, doenças resultantes de águas poluídas e da emissão exagerada de fumos.

Os riscos tecnológicos apresentam um leque muito grande de incidência, afectando fortemente o ambiente que posteriormente se vai reflectir no Homem.

Quase todos os que se dedicam ao estudo do risco consideram-no como o somatório de algo que nada tem a ver com a vontade do Homem, mas que resulta da presença directa ou indirecta do Homem e nos expõe a sua vulnerabilidade.

Dadas as muitas vertentes do risco e sendo sempre um factor que afecta o Homem, parece-me que no P.D.M. deveria constar também um capítulo voltado para esta vertente, criando um mapa de riscos do concelho de Tondela, onde se poderiam evidenciar algumas zonas mais susceptíveis aos diferentes tipos de riscos, tais como:

- Risco de incêndios florestais, associados à zona arborizada;
- Risco geomorfológico, fundamentalmente na encosta da serra do Caramulo, taludes de algumas vias de comunicação, leitos de rios, zonas de erosão intensiva;
- Risco a nível do transporte, principalmente o IP3 e IP5;
- Risco na produção industrial, identificando as zonas industriais, pedreiras, indústrias fabris, suiniculturas, e aviculturas, devendo ser analisado todo o percurso dos seus diversos resíduos, tanto sólidos como líquidos e gasosos;
- Risco resultante das lixeiras (são proibidas por Lei), devendo ser feito um levantamento periódico de todas as zonas onde se verifica o despejar de material indesejado;
- Localização de cemitérios, uma vez que podem resultar graves problemas a nível dos aquíferos, resultantes da decomposição dos corpos;
- Risco envolvendo gasolinhas e oficinas de reparação de automóveis.

Os mapas de risco, com diferentes gradações (a maior ou menor probabilidade de ocorrência) deveriam conter todos estes e outros aspectos, não só para os localizar, mas sobretudo para servir de meio de informação à população dos riscos que correm, uma vez que podem afectar o Homem e desta forma se responsabilizarem pelos problemas que possam surgir e a que estão sujeitos, além de se poderem estabelecer normas de carácter preventivo, determinar prioridades quanto às medidas correctivas dos danos, estabelecer planos de protecção civil e implementar sistemas de vigilância.

Passamos a apresentar alguns casos, no concelho, em que o risco pode estar presente, desde o risco tecnológico, com a construção da barragem, aterro sanitário, pedreiras, entre outros, aos riscos naturais, associados à geomorfologia e desenvolvimento do concelho.

## **6.2. BARRAGEM DA RIBEIRA DE PAUL**

### **6.2.1. INTRODUÇÃO**

Faz-se a análise dos impactes criados pela construção da Barragem da Ribeira do Paúl, o açude da Levadinha e do adutor de ligação, sendo a análise realizada sobre diferentes aspectos, sobretudo qualitativos, com base no estudo efectuado por Hidroprojecto, 1998.

### **6.2.2. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE IMPACTES**

#### **1. Solos**

Com efeito, a albufeira resultante da construção da barragem vai inundar uma área de cerca de 27,3 ha, que inclui terrenos com boa aptidão agrícola no fundo do vale da Ribeira do Paúl, ao passo que o açude vai afectar uma área de solos reduzida, cerca de 0,5 ha.

O impacte resultante da albufeira da barragem pode considerar-se certo, negativo, significativo a pouco significativo.

No que diz respeito ao açude o impacte considera-se, certo, negativo mas pouco significativo.

#### **2. Hidrologia**

A Bacia do Rio Dinha tem uma área de 107,7 km<sup>2</sup>, representando a bacia delimitada pelo açude apenas 16,8km<sup>2</sup> e a secção da barragem aproximadamente 5km<sup>2</sup>. No entanto, imediatamente a jusante do açude existem explorações agrícolas de alguma importância e será necessário assegurar água para a sua manutenção bem como assegurar a sobrevivência dos ecossistemas existentes a jusante do açude. Por outro lado, verifica-se que a jusante do açude existem várias linhas de água afluentes do Rio Dinha, embora a linha de água com mais importância seja a Ribeira das Lanças.

### 3. Fase de exploração

Durante a fase de funcionamento, a presença dos planos de água das albufeiras do açude e da barragem, gerará impactes positivos a dois níveis:

1. Presumivelmente ocorrerá uma ligeira subida do lençol freático, facto que poderá afectar favoravelmente as comunidades vegetais adjacentes, que não venham a ser submergidas, devido a um aumento da disponibilidade hídrica. Estes impactes são considerados positivos, prováveis e pouco significativos.

2. Assistir-se-á à colonização, ou à proliferação, das albufeiras por espécies adaptadas a planos de água, como algumas aves aquáticas ou peixes. Estes impactes são considerados positivos, prováveis mas pouco significativos.

#### 6.2.3. MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO

Identificados, no sub capítulo anterior e avaliados os principais impactes decorrentes da implementação do Projecto, apresentam-se agora medidas minimizadoras ou compensatórias desses impactes e potenciadoras dos impactes positivos.

##### 1.Solos

No que respeita à área de pedreira e zona de terrenos de empréstimo não são previstas acções de minimização, uma vez que a principal medida é imposta pelo Projecto de Execução, obrigando o empreiteiro a utilizar a zona de influência da Albufeira da Barragem e/ou do Açude como fonte de terras de empréstimo e/ou de pedra.

##### 2.Hidrologia

Tendo em conta a área agrícola considerada (cerca de 5ha) e uma dotação de  $12000\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$  verifica-se que será necessário manter um escoamento que permita dispôr de  $60000\text{m}^3/\text{ano}$ .

Relativamente ao caudal ecológico, os vários métodos desenvolvidos para a sua determinação podem ser enquadrados em duas grandes linhas de estudo:

- Na primeira, a fixação do caudal mínimo é feita em função de relações percentuais e da sua distribuição ao longo da ano;

- Na segunda, é feita em função das características do leito.

Segundo a primeira linha de estudo, as soluções adoptadas podem ir desde garantir o caudal do mês de menor afluência, a garantir uma percentagem do caudal médio anual ou ainda o caudal médio dos meses de menor afluência.

Seguiu-se uma linha de análise que visou garantir um caudal mínimo no Rio Dinha que fosse cerca de 10% do seu caudal médio.

Tendo presente os valores de escoamento médio, em regime natural, adoptou-se o valor de 20l/s, que corresponde ao caudal mínimo que o rio terá de transportar e nele se inclui o caudal ecológico e o caudal necessário para a rega.

### **3. Ecossistemas terrestres e aquáticos**

Ainda que não tenham sido identificados impactes graves decorrentes da implementação do projecto, julga-se necessário implementar algumas medidas de minimização de impactes negativos. Assim, segundo a Hidroprojecto, (1998) deve-se propor:

- Planeamento adequado dos caminhos de acesso tendo em conta a ecologia do local;
- Desmatação da zona a inundar, prevenindo os fenómenos de eutrofização, subsequentes ao enchimento da barragem;
- Não colocação de terras sobrantes, junto a linhas de água, dado que este biótopo foi identificado como sendo aquele que apresenta maior valor biológico;
- Instalação de estaleiros de obra por forma a não afectar a vegetação marginal situada a jusante do açude e da barragem;
- Manutenção do caudal ecológico definido;
- Reflorestação recorrendo a espécies autóctones;
- Instalação de um dispositivo de transposição para peixes.

### **4. Sócio-económico**

Relativamente a este assunto são propostas várias medidas, das quais se salientam as seguintes:

- Medidas para a redução da emissão de poeiras e ruído;
- Reposição das vias existentes;
- Exploração da barragem e açude de modo a cumprir o objectivo de abastecimento de água às populações, mas mantendo os usos actuais da água (agricultura, pecuária, etc), evitando conflitos de uso;
- O aproveitamento turístico dos locais não pode promover a degradação acelerada da qualidade da água, estabelecendo-se normas de uso/utilização quer da água da barragem quer das suas margens.

#### **6.2.4. CONCLUSÃO**

A disponibilidade de água de boa qualidade para o abastecimento dos Municípios abrangidos será o grande impacte positivo resultante da obra.

Como impacte positivo, refere-se ainda a previsível dinamização e desenvolvimento das actividades económicas da região, dadas as potencialidades em termos turísticos criadas pela albufeira, embora sob controlo e obedecendo a regras rígidas, podendo também produzir impactes positivos sócio-económicos.

O principal impacte negativo que esta obra pode representar é de ordem agrícola, desaparecendo algumas áreas com grandes capacidades agrícolas. Pode ainda haver alguma alteração climática, mas devido às dimensões desta barragem não serão de grande significado.

### **6.3. ATERRO SANITÁRIO DO PLANALTO BEIRÃO**

#### **6.3.1. INTRODUÇÃO**

Baseando-nos nos dados fornecidos pelo estudo de impacto ambiental efectuado por Hidroprojecto (1996), apresentamos as informações que se seguem.

Os riscos de acidente associados à fase de exploração do aterro sanitário têm a ver essencialmente com a fuga de gases, de lixiviado e com a existência do reservatório de combustível para utilização no aterro.

Se a colocação dos poços drenantes, na fase de construção, e/ou a sua manutenção na fase de exploração forem incorrectas pode ocorrer uma libertação localizada de gases que pode provocar incêndios, e em casos extremos, pequenas explosões. Também uma deficiente implantação e/ou manutenção do sistema de impermeabilização e de drenagem e tratamento dos lixiviados pode resultar na fuga destes, podendo provocar a contaminação das águas, superficiais e subterrâneas, e dos solos, com as inerentes consequências sobre as cadeias tróficas e sobre o Homem.

Tendo em conta os riscos potenciais e as situações decorrentes, devem prever-se:

- Medidas de extinção de incêndios;
- Procedimentos de emergência e de descontaminação em caso de ruptura das protecções impermeáveis, recorrendo a um bom plano de monitorização ambiental, a nível das águas, solo e ar.

### **6.3.2. IMPACTO AMBIENTAL**

O estudo do Impacto ambiental obedece ao Decreto-Lei nº 186/90, de 6 de Junho e o Decreto Regulamentar nº 38/90, de 27 de Novembro.

Este estudo tem várias finalidades, tais como:

- 1ª identificar os impactes que podem ser criados pelo empreendimento;
- 2ª analisar os possíveis impactes resultantes;
- 3ª definir medidas adequadas de modo a reduzir os impactes negativos;
- 4ª monitorizar as medidas implementadas, de modo a verificar a evolução dos parâmetros estudados de modo a actuar atempadamente.

#### **Uso dos solos**

A caracterização do estado de referência relativamente ao uso do solo abrange os seguintes aspectos principais:

- a) coberto vegetal

A ocupação do solo é de natureza silvícola, estando estritamente associada à topografia do terreno da zona.

Verificou-se ainda, a existência de uma pequena área agrícola coincidente com as manchas de solos incluídas na Reserva Agrícola Nacional (RAN).

**b)** Os solos da área em estudo e das zonas limítrofes correspondem a solos com uma capacidade de uso baixa, limitações severas a muito severas, com riscos de erosão elevados a muito elevados, não susceptíveis de uso agrícola, limitações severas a muito severas para pastagens, exploração de matas e exploração florestal, não sendo, em muitos casos, susceptíveis de qualquer utilização económica, podendo destinar-se a vegetação natural ou floresta à protecção ou recuperação.

Não estão incluídos neste grupo os solos pertencentes à RAN, correspondentes a solos com uma capacidade de uso elevado, com poucas ou nenhuma limitações, com riscos de erosão ligeiros a moderados, susceptíveis de utilização agrícola intensiva e de outras utilizações.

Da instalação do Centro de Tratamento de Resíduos Sólidos, resultou a inutilização dos solos numa área aproximada de 40ha. A ocupação de solos pertencentes à RAN e REN constitui um impacto negativo, mas dada a pequena área afectada, considera-se como pouco significativo. A qualidade dos solos das zonas limítrofes não foi afectada.

No que diz respeito ao coberto vegetal das áreas envolventes, as zonas onde existem plantações de eucaliptos e pinhais, perto do referido local, não foram afectadas.

Será necessário ter em atenção que o revestimento vegetal após a instalação do aterro é de grande importância para atenuar os impactes relativamente, quer aos riscos de erosão, quer às descontinuidades no coberto vegetal.

Quando terminar a vida útil do centro de tratamento, toda a zona ficará integrada na área envolvente, não apenas do ponto de vista de ocupação de solo, como de modelação do terreno pelo que se considera que o impacto na ocupação e uso do solo será negativo, directo, pouco significativo e temporário.

De forma a reduzir a magnitude e importância dos impactes na ocupação e uso dos solos associados à construção do aterro sanitário, embora não se prevejam impactes graves, deverá assegurar-se, tanto quanto possível, a reutilização das espécies vegetais retiradas da zona do aterro.

### **Meio Hídrico**

A bacia hidrográfica que mais directamente influencia o aterro não apresenta furos para abastecimento público e identificou-se apenas um poço para rega. Esta captação é feita sobre um aquífero superficial, de reduzidas dimensões, captando uma água com características que indicam uma circulação pouco profunda e um tempo de permanência no aquífero relativamente curto. A exploração do aterro implica a selagem e abandono desta captação.

A área em estudo encontra-se na bacia hidrográfica do Rio Mondego, sendo drenada pelo Rio Mau que é um afluente do Rio Criz.

A escorrência superficial está limitada aos períodos em que a pluviosidade é mais intensa, sendo a inundabilidade do terreno nula.

Relativamente ao meio hídrico directamente influenciado pela área do centro de tratamento, não se prevêem alterações ao nível da qualidade das águas superficiais e subterrâneas provocadas pela sua construção e exploração, uma vez que ocorreu a impermeabilização do aterro, a protecção das cabeceiras de água directamente afectadas, a drenagem e o tratamento dos lixiviados. Deste modo evita-se que ocorra a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, mantendo-se os actuais níveis de qualidade, pelo que os impactes sobre a qualidade do meio hídrico são considerados não significativos.

Como meio de minimizar o impacte negativo do meio hídrico resultante da implantação do aterro, deverá ocorrer a impermeabilização do terreno onde este se desenvolve, bem como a drenagem e recolha das águas lixiviantes em reservatórios, de onde serão retiradas e tratadas.

Existirá ainda uma vala de cintura das águas superficiais não contaminadas, que impedirá que estas escurram para as zonas de deposição dos resíduos, impedindo o aumento do caudal de lixiviados.

### **Qualidade do ar e ruído**

A zona onde se desenvolveu o aterro não apresentava povoações nem indústrias implantadas nas proximidades, sendo a zona envolvente ocupada por floresta de eucaliptos e pinheiros. As localidades mais próximas distam alguns quilómetros.

Estando o local situado na confluência de três concelhos (Tondela, Mortágua e Santa Comba Dão), admite acessibilidades directas a partir de qualquer um deles e ainda às grandes vias de circulação regionais.

A maioria dos troços dos caminhos municipais que passavam pelo local do aterro eram estreitos e em terra batida, provocando o levantamento de uma nuvem de pó sempre que um veículo passava. No entanto, como eram estradas com pouco tráfego era um problema que se fazia sentir com pouca intensidade.

O melhoramento da via de acesso ao centro de tratamento de resíduos sólidos, teve como consequência um aumento do tráfego automóvel no local, devido ao encurtamento de distâncias entre determinados pontos.

Em síntese, na zona em análise não existiam factores de perturbação que pudessem ocasionar problemas ao nível da qualidade do ar e do ambiente sonoro. Trata-se de uma zona essencialmente rural. Com a melhoria destes caminhos registar-se-á um aumento de trânsito, facto este que terá como consequência um aumento do ruído e poluição do ar nos locais atravessados.

No entanto considera-se que as alterações daí resultantes serão pouco significativas, uma vez que não se prevê uma utilização massiva destes caminhos.

No que diz respeito ao aterro sanitário, durante a fase de construção, o ruído e a qualidade do ar foram afectados devido às máquinas e poeiras libertadas. No entanto, o impacte resultante é pouco significativo, localizado e temporário.

Na fase de exploração do aterro, haverá alterações do ambiente sonoro provocado pelos veículos de transporte de resíduos e pelo funcionamento do equipamento de espalhamento, compactação e cobertura dos resíduos.

As alterações da qualidade do ar resultarão, sobretudo, da libertação de poeiras produzidas pelo espalhamento dos resíduos e sua cobertura com material apropriado e dos gases produzidos pelos camiões de transporte e pelas máquinas afectas à exploração do terreno. No entanto, a exploração do aterro é realizada de modo a minimizar os previsíveis impactes sobre a qualidade do ar e o ambiente sonoro.

Em síntese, considera-se que durante a fase de exploração do aterro o impacte é pouco significativo, localizado e temporário sobre a qualidade do ar e ambiente sonoro.

Algumas medidas a tomar de forma a reduzir os efeitos negativos são:

Regas nas zonas expostas durante os períodos secos;

Cobertura dos resíduos sólidos com uma camada de terra adequada, reduzindo a libertação de cheiros;

Correcta afinação de motores e equipamentos, de modo a reduzir a emissão de gases e ruídos;

Adequada drenagem e queima de gases do aterro, reduzindo a contaminação atmosférica;

Implantação de cortinas arbóreas, permitindo um maior isolamento do aterro, minimizando o transporte de poeiras, cheiros e ruídos;

Horários adequados para a recolha e transporte dos resíduos ao aterro, ou seja, horários que não causem grande transtorno às populações envolvidas.

### **Sistemas ecológicos**

A área estudada situa-se no piso bioclimático Mesomediterrânico, na zona fitoclimática Mediterrâneo-Atlântica, com influência de clima mediterrânico, exibindo temperaturas altas e tendo a pluviosidade concentrada no Inverno, correspondendo à área do Centro Norte montanhoso segundo Franco (1984).

Esta região insere-se no território potencial da floresta de domínio do carvalho-negral (*Quercus pyrenaica*), incluindo a silva climática elementos autófitos como o carvalho alvarinho (*Q. robur*), zambujeiro (*Olea europaea* var. *sylvestris*), o pinheiro bravo (*Pinus pinaster*), o pinheiro manso (*Pinus pinea*) e o sobreiro (*Q. suber*). Porém estas formações foram substituídas na sua maior parte, devido a causas antropogénicas, por áreas agrícolas, prados, pastagens e florestações de pinheiros e, em épocas mais recentes, numa tendência cada vez mais acentuada, de eucaliptos.

O local de implantação do aterro sanitário não se situa nem se aproxima de áreas classificadas na rede de Áreas Protegidas, NATURA 2000 ou Biótopos do Programa CORINE, ou ainda de figuras de ordenamento que denotem valor ecológico especial.

Na área também não foram encontradas espécies RELAPE (raras, endémicas, localizadas, ameaçadas ou em perigo de extinção), embora constitua habitat potencial de

alguns taxa com interesse florístico. Salienta-se apenas a presença de *Ruscus aculeatus* (Gibardeira), espécie do anexo I da Convenção de Berna. No entanto, esta espécie é muito frequente no nosso país, estando mesmo sujeita a exploração comercial, não apresentando problemas de conservação.

A região envolvente da área encontra-se modificada pela acção humana, com campos cultivados e áreas florestais com pinheiros e eucaliptos. Contudo, existem espécies naturais potenciais que permitem indiciar a possibilidade de recuperação natural na fase de encerramento deste projecto, e de abandono das explorações de eucaliptos.

Globalmente, nota-se uma diminuição dos impactes negativos resultantes pelas lixeiras anteriormente utilizadas, incorrectamente planeadas, sobre os sistemas ecológicos, através da diminuição da contaminação dos corpos de água e das cadeias alimentares.

Em síntese, de acordo com as várias análises e uma vez que a paisagem global não possui atributos que a caracterizem como zona de especial conteúdo, considerou-se relativamente baixo o valor paisagístico da zona de implantação do aterro sanitário.

Algumas regras para reduzir o impacte negativo:

- Instalação de estaleiros e acessos à obra em locais que não afectem as manchas de pinhais e, se necessário, apenas em áreas previstas ou preparadas para eucaliptos;
- Reflorestação incluindo a plantação de folhosas autóctones como os carvalhos, medronheiros e choupos, particularmente nas zonas em que ocorreu destruição do coberto vegetal, durante a fase de construção.
- Tratamento de efluentes antes da sua restituição às linhas de água da zona, bem como a drenagem das águas pluviais de modo a impedir a contaminação do biótopo aquático.

### **Património construído e arqueologia**

No local do aterro e toda a área envolvente não existia qualquer restrição em relação quer à arqueologia, quer ao património construído, classificado ou em vias de classificação.

Todos os pontos notáveis existentes no concelho relativos à arqueologia e ao património classificado ou em vias de classificação encontram-se muito afastados do local em estudo, não sendo afectados de modo algum pela existência do aterro.

### **6.3.3. PLANO DE VIGILÂNCIA E MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL**

O Plano de Vigilância e Monitorização Ambiental controlará o impacto que o aterro possa causar nas águas, no solo e no ar, com o fim de proteger o meio ambiente. Um sistema eficaz de supervisão ajudará a identificar os problemas de funcionamento e a efectuar com rapidez as necessárias acções correctivas.

O Plano de Vigilância e Monitorização Ambiental é subdividido em cinco áreas, a saber:

- Plano de Controlo de Assentamentos e Enchimento;
- Plano de Controlo das Águas Subterrâneas;
- Plano de Controlo das Águas Superficiais;
- Plano de Controlo dos Lixiviados;
- Plano de Controlo do Biogás e do ar;
- Dados meteorológicos.

O controlo de assentamentos e enchimento permitirá acompanhar a evolução da zona de deposição e controlar as características dos resíduos aí depositos. Por outro lado, o controlo da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, assim como do ar, pode fornecer uma informação valiosa ao aterro, caso seja detectado qualquer impacto ambiental fora do recinto.

### **6.3.4. CONCLUSÃO**

Da análise de impactes associados a esta obra, pode concluir-se que a construção deste centro de tratamento tem grandes impactes positivos, na medida em que permite um destino final adequado dos resíduos sólidos dos concelhos associados.

Para além disso, o isolamento do local, a inexistência na proximidade de captações para abastecimento público e a ocupação de um terreno pobre e de fraca aptidão agrícola é favorável para o fim em vista.

Os problemas resultantes do aumento do ruído e do tráfego, de eventuais maus cheiros e da afectação da paisagem, são minimizados se implementarem as medidas propostas.

Deve salientar-se que, dentro das medidas propostas, as mais importantes são a impermeabilização tendente a minimizar a possibilidade de poluição do meio hídrico e a integração paisagística.

Como impactes residuais negativos permanecem ainda o ruído e a poluição atmosférica resultantes do funcionamento das máquinas no aterro e do tráfego de camiões de transporte de resíduos, embora sejam impactes localizados, de pequeno significado e que estão limitados à fase de exploração, sendo por isso temporários. De igual modo permanecem como impactes residuais negativos de pouco significado e temporários os impactes sobre a fauna e flora, durante a fase de exploração.

## **6.4. URBANISMO**

### **6.4.1. INTRODUÇÃO**

As zonas urbanizadas, principalmente as cidades, são hoje um grande objecto de estudo no respeitante aos riscos naturais. O problema deve começar por se colocar ao nível da preparação de espaços para construção e circulação, passando posteriormente para os espaços já construídos, os espaços de circulação, os espaços verdes e os espaços aquáticos existentes, tornando-se necessário um correcto estudo do ordenamento do território. Para se fazer o estudo do ordenamento do território é necessário o conhecimento do relevo, das características climáticas e das características geológicas da região, para compreender os processos morfogenéticos e tomar consciência dos riscos que a evolução normal das formas de relevo pode acarretar a certas obras humanas.

Grande parte do estudo efectuado nesta área, apoia-se em Rebelo, F. (2003).

#### **6.4.2. PREPARAÇÃO DE ESPAÇOS PARA CONSTRUÇÃO**

A preparação de espaços para construção no interior das cidades ou nos seus arredores põe problemas semelhantes aos da fase inicial da reflorestação que se segue aos incêndios florestais. Na maior parte das vezes, inicia-se por uma devastação do tipo arrasamento total da vegetação existente. Os solos ficam despídos e são frequentemente abandonados durante algum tempo, com marcas de actuação de máquinas. A vegetação que entretanto se instala, sem intervenção humana, não é decerto a mais indicada para a defesa dos solos.

A destruição do coberto vegetal, em vertentes de declives médios, sobre materiais de fraca coesão, é feita muito antes do início das obras de construção das habitações planeadas. Assim se dá tempo suficiente para que ocorram chuvadas intensas e se formem, em poucas horas, pequenas ravinas que, ao longo de um ou dois anos, vão evoluir para ravinas de dimensões razoáveis, capazes de originar o transporte de grandes quantidades de areias e argilas sempre que se verifica nova chuvada.

#### **6.4.3. ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO**

Nos espaços de circulação podem verificar-se, geralmente com mais frequência, problemas de outra ordem que também criam dificuldades e originam despesas, por vezes, consideráveis. E isso acontece não só nas cidades como também nas ligações entre elas. Ao traçar-se uma nova rua ou avenida em espaço urbano torna-se necessário, muitas vezes, modificar o escoamento natural da área da sua implantação. Entre os vários estudos prévios é fundamental equacionar as quantidades máximas de chuva por unidade de tempo com o diâmetro das manilhas a utilizar no escoamento das águas pluviais. E aqui surgem alguns problemas:

a) Será fácil conhecer a variação da pluviosidade sendo tão escassas as estações que dispõem de instrumentos de registo da intensidade da precipitação e tão recentes os dados conhecidos?

b) Nas mesmas condições de tempo, chove o mesmo em todas as áreas da cidade?

Por outro lado, quando se procede ao corte de barreiras para o traçado de vias sobre vertentes podem acontecer, em função de certas características do material rochoso, desabamentos, deslizamentos ou solifluxões.

Os casos de deslizamentos em barreiras de estradas adquirem, frequentemente, dimensões consideráveis no contexto das vertentes em que se inserem.

O homem apresenta-se como importante factor de risco de deslizamento sempre que actua sobre vertentes com declives médios, constituídos por materiais argilo-arenosos e afectados por certas características climáticas, quase sempre devido à forte precipitação.

Por outro lado, a impermeabilização dos espaços de circulação vem agravar uma eventual inundação, provocada pela falta de resposta dos meios artificiais de escoamento.

A existência de muros ou de outras barreiras no percurso das águas de escorrência criará problemas de elevada gravidade, como as inundações locais.

Também os aterros mal construídos podem originar abatimentos ou abaulamentos das estradas sobre eles construídos. Estas deformações das estradas, muitas vezes nada têm a ver com as técnicas utilizadas, mas sim com as características geológicas (litológicas e tectónicas) ou geomorfológicas do solo, podendo desencadear-se situações de risco geomorfológico. Construir casas ou logradouros, total ou parcialmente sobre aterros mal construídos, pode vir a ter consequências dramáticas.

#### **6.4.4. PROBLEMAS DOS ESPAÇOS VERDES URBANOS**

Também os espaços verdes devem ser considerados passíveis de estudo relacionado com a escolha do local, a selecção de espécies ornamentais, a impermeabilização parcial feita através dos arruamentos, o excesso de ocupação humana, entre outros aspectos a ter em consideração. Em muitos jardins ou matas urbanas desenvolvem-se ravinamentos, tal como se perdem solos por erosão selectiva em casos de escorrência difusa que levam, naturalmente, ao enfraquecimento de árvores depois facilmente arrancadas por ventos mais fortes que os habituais.

#### **6.4.5. A IMPORTÂNCIA DA ACÇÃO HUMANA**

Desabamentos e deslizamentos podem ser desencadeados por acção humana, por exemplo, aquando da abertura de uma estrada em que ocorre um corte de uma vertente, criando taludes ou barreiras, fazendo um trabalho com consequências desastrosas se forem abandonados às acções erosivas e se não forem tomados os devidos cuidados. Estas rupturas de declive poderão originar movimentações em massa ou movimentações individuais, por vezes importantes, inicialmente na própria barreira, posteriormente no conjunto da vertente.

O Homem cria a ruptura; as características da rocha e da cobertura de vertente, as condições climáticas e os declives determinam um primeiro tipo de movimentação. Alterando-se parte destas variáveis, a movimentação poderá evoluir para outro ou outros tipos, desde desabamentos de blocos rochosos, simples deslocações de pequenos calhaus, deslizamentos muito restritos, solifluxões ou outros tipos de comportamentos com maior ou menor impacto no meio.

#### **6.4.6. A PROBLEMÁTICA DOS DECLIVES**

As ravinas apresentam-se com uma ligação muito nítida aos declives. Pode dizer-se que a capacidade de escorrência é proporcional ao ângulo da vertente, embora, apenas até certo ponto, pois que o seu efeito erosivo será menor à medida que o seu ângulo se aproxime da vertical. O processo de ravinamento ocorre pela conjugação de vários factores, desde o tipo de material, os agentes erosivos, a cobertura vegetal, o declive e a acção humana, que pode afectar qualquer um dos anteriores aspectos referidos.

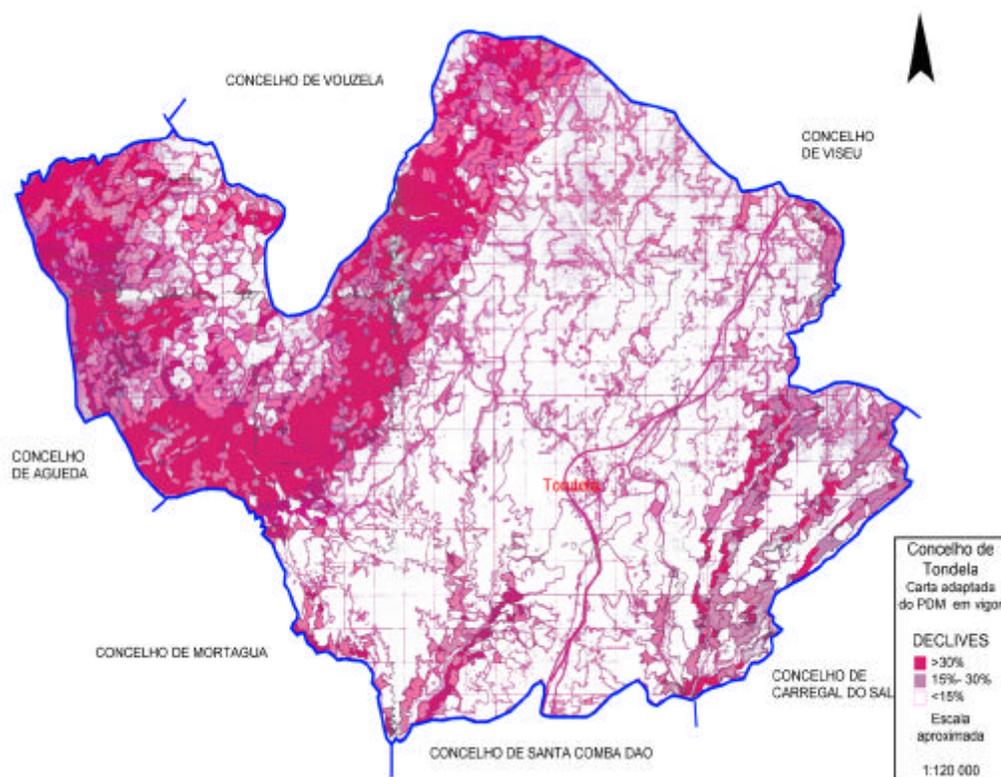
Localizar em mapas de curvas de nível as ravinas cartografáveis é fundamental para se avaliar a sua relação com os vários graus de declive. Verifica-se uma certa relação entre a abundância de ravinamentos com os declives fortes, enquanto que nos declives fracos quase não têm significado os fenómenos de ravinamento.

Uma vez que os declives estão associados a fenómenos de mobilidade do terreno, criando alguma, ou mesmo muita fragilidade a nível urbano, torna-se necessário o levantamento cartográfico das diversas categorias de declive, visto condicionar a escolha dos locais de construção, ao encarecer os custos de edifícios e infraestruturas.

Com base na análise da carta de declive presente no PDM do Concelho podemos perceber que existem três zonas bem definidas:

- Zonas com inclinações muito acentuadas e com severas limitações (declive > 30%);
- Zonas com inclinações acentuadas e com fortes limitações (declive de 15% a 30%);
- Zonas com inclinação fraca e com fracas limitações (declive < 15%).

Das três áreas identificadas nota-se um predomínio dos terrenos com declive inferior a 15% localizadas na bacia hidrográfica do rio Dinha e a nordeste e norte do concelho encontramos os maiores declives (> 30%), associados à Serra do Caramulo. Já o declive intermédio, de 15 a 30%, fica confinado às zonas limítrofes da bacia hidrográfica do rio Dão, como se pode verificar na figura 24.



**Figura 24** - Mapa representativo dos declives do Concelho, adaptado do PDM, recorrendo ao programa Arc View. (Escala de 1:120 000).

Após a identificação das zonas de maior declive e perante os riscos associados a esta característica geomorfológica, é fundamental criar zonas de risco urbano, de modo a evitar situações problemáticas geradas por qualquer movimento de terrenos.

Fazendo uma análise entre o mapa de declive e o mapa de núcleos urbanos, podemos constatar uma maior ocupação urbana nas zonas do vale de Besteiros e na área de implantação do IP3, que corresponde a zonas de declive fraco, ou seja, encontram-se na denominada plataforma do Mondego, onde o risco é menor. Podemos ainda perceber que o crescimento populacional nas zonas de Guardão, Caramulo, Barreiro de Besteiros e Caparrosa é mais cauteloso, tendo em consideração a forte inclinação dos terrenos, implicando infraestruturas mais cuidadas e mais caras.

#### **6.4.7. ORDENAMENTO URBANO E RISCOS NATURAIS**

A área urbana e suburbana de Tondela constitui um aglomerado que, do ponto de vista demográfico, é considerado de média dimensão. Tal como acontece em geral no território nacional de alguns anos a esta parte, tem-se assistido a um rápido crescimento dos núcleos urbanos, principalmente os localizados no litoral, mas também os que integram as sedes dos concelhos do interior do país. Este crescimento é feito à custa das pequenas comunidades dispersas pelo concelho e que, abandonadas pelos seus habitantes, entram num processo irreversível de desertificação. A pressão demográfica exercida nos centros urbanos principais conduz inevitavelmente a uma expansão urbana acelerada e que, na maioria das vezes, não respeita as condicionantes naturais impostas pelo sistema natural onde a área urbana se implanta. Assim, a acção dos riscos naturais poderá ser incrementada nestas áreas. A zona de Tondela insere-se neste campo de expansão urbana, notando-se processos de disrupções no sistema geológico, de origem natural ou induzidas por acções antrópicas.

Analisando as fotografias aéreas (Figura 25) e fazendo a comparação entre o aglomerado populacional existente na área de Tondela em 1960 e em 2000, pode-se notar uma expansão demográfica bastante acentuada.



**Figura 25** – Fotografias aéreas do núcleo urbano de Tondela em 1960 (A) e 2000 (B), obtidas através do Instituto Geográfico Português (IGP).

O núcleo urbano em 1960 encontrava-se concentrado num pequeno planalto à volta do Rio Dinha, de um modo organizado, enquanto que actualmente o crescimento é feito de um modo completamente aleatório, de uma forma acelerada, não tendo em consideração os riscos associados à implantação para construção, de circulação e de incremento dos espaços verdes.

#### 6.4.8. CONCLUSÃO

Não basta identificar os relevos, fazer mapas geológicos, mapas de declives ou outros; o ordenamento do território exige um conhecimento profundo da origem e desenvolvimento do relevo da Terra, incluindo uma previsão da evolução futura, com ou sem a intervenção do Homem, de modo a prever e evitar os possíveis riscos que são muito variados, desde os riscos tectónicos (sismos) até aos risco meteorológicos, sendo que os riscos naturais maiores no nosso país são de origem climática ou climático-hidrológica.

Mas os factores de risco podem ser muito variados, embora o mais frequente e mais importante seja o próprio Homem, não se podendo contudo negligenciar factores naturais como o declive, as formas das bacias hidrográficas, a circulação subterrânea, as características do material rochoso, a ausência de cobertura vegetal, etc.

O Homem actua com frequência no ambiente em que está inserido criando grande vulnerabilidade e desequilíbrios no meio envolvente, tornando-se indispensável a acção correcta de um bom ordenamento do território associado a um correcto PDM.

No concelho de Tondela, como em todos os outros, deve ser implementada uma política de ordenamento do território que abarque tanto os espaços agrícolas, como os espaços urbanos, não podendo ignorar os riscos ditos naturais, os riscos associados à acção Humana, assim como a sua interacção.

## **6.5. INDÚSTRIA E AGRICULTURA**

### **6.5.1. INTRODUÇÃO**

Considerando os espaços industriais como o conjunto de espaços existentes ou previstos na Planta de Ordenamento (PO) onde estão instaladas ou poderão vir a ser instaladas unidades industriais/comerciais incompatíveis com a função urbana, contendo ainda instalações para actividades de apoio à indústria, reunidas em zonas industriais, podemos encontrar no concelho algumas zonas de exploração industrial identificadas no PDM.

Podemos ainda distinguir zonas relacionadas com o espaço agrícola, que englobam as áreas com capacidade para a exploração agrícola e agropecuária, as áreas pertencentes à Reserva Agrícola Nacional (RAN) e as áreas que têm sido usadas tradicionalmente para tal fim delimitadas na Planta de Ordenamento, cada uma delas com características próprias que as permitem distinguir.

Estes dois tipos de situações apresentam riscos distintos: por um lado a industria está sujeita, principalmente, aos riscos tecnológicos, enquanto que a componente agrícola pode sofrer riscos de ordem natural.

Também no assunto que se vai tratar nesta secção, são fundamentais os dados fornecidos por Rebelo (2003) que constitui a principal fonte de apoio.

### **6.5.2. RISCOS ASSOCIADOS À INDÚSTRIA**

O PDM do concelho faz referência à criação de várias zonas industriais, contudo verifica-se que essas mesmas zonas se encontram bastante dispersas, podendo esse

ordenamento ser favorável a nível da distribuição dos postos de emprego pelas várias zonas do concelho, mas levando à criação de algumas limitações ou necessitar de atenção redobrada sob o ponto de vista de impacte ambiental e possíveis riscos associados, visto que sempre que se instala uma empresa, seja de que ramo for, surgem resíduos que terão que ser devidamente tratados ou recolhidos. O facto de existir uma grande dispersão de zonas industriais obriga a que se criem várias zonas de triagem ou que se faça o transporte desses resíduos.

As zonas de triagem de resíduos têm que apresentar características litológicas de forte impermeabilização, para evitar que ocorra a fuga de possíveis materiais contaminantes, mas deve ser igualmente uma zona que não permita a contaminação por escorrência de rios ou ribeiros, devendo ainda apresentar um certo afastamento urbano.

As características litológicas ideais para se criarem as zonas de recolha e tratamento dos resíduos industriais não se encontram com facilidade, por isso tem muitas vezes que se recorrer ao transporte desses resíduos, o que também implica uma certa cautela, porque muitas vezes o transporte desses materiais causa a proliferação ao longo do percurso.

O ideal seria concentrar o máximo de zonas industriais e implantá-las em áreas devidamente impermeáveis, ou áreas de fácil tratamento geológico.

### **6.5.3. RISCOS AGRÍCOLAS**

Este concelho apresenta igualmente uma grande área agrícola e muitas explorações agropecuárias disseminadas um pouco por todo o lado. A presença de um número muito elevado de explorações agropecuárias pode criar um grande impacte negativo, se não forem tomadas as devidas precauções. Se as explorações agropecuárias não forem vistoriadas, os detritos resultantes dos animais podem muitas vezes funcionar como grandes focos de contaminação bacteriológica dos lençóis freáticos e dos solos, acabando por se reflectir na saúde da população.

As áreas agrícolas apresentam-se muito dispersas, criando desta forma uma agricultura de patamares, sobretudo nas vertentes da Serra do Caramulo, onde a produtividade não poderá ser muito elevada e os riscos de formação de ravinas com deslizamentos, poderão de igual modo ser mais acentuados. A agricultura do concelho é do tipo familiar e com poucos recursos.

#### **6.5.4. CONCLUSÃO**

Quer do ponto de vista industrial quer do ponto de vista agrícola o concelho apresenta poucos recursos, mas alguns riscos, que podem pôr em causa a qualidade química e bacteriológica dos aquíferos e solos, mas também a qualidade do ar.

A fraca agricultura praticada por um lado é devida à geomorfologia do concelho, que é parcialmente acidentada, visto se encontrar inserido na Serra do Caramulo, com vertentes acentuadas, dificultando o trabalho agrícola e pondo em risco as próprias culturas nos períodos mais chuvosos, por outro lado a litologia xistenta abundante na vertente sudeste da serra, também não favorece a prática agrícola, encontrando-se uma grande área com terrenos incultos. A área mais explorada agricolamente encontra-se localizada no planalto dos rios Dinha e Criz, mas sobretudo ao longo do IP3, sendo também nessa zona que os aglomerados populacionais são maiores.

A parte industrial do concelho, tal como a produção agrícola também se desenvolve primordialmente ao longo do IP3, bem como no acesso ao IP5, justificando-se este facto devido à maior facilidade de escoamento dos produtos.

Os riscos podem ser minorados se a prática agrícola e agropecuária, for controlada, se apresentar práticas agrícolas correctas e devidamente adaptadas ao solo. Os problemas relacionados com a indústria serão parcialmente reduzidos ou minimizados se estas ficarem circunscritas a zonas melhor delimitadas e devidamente implantadas, sob o aspecto geológico.

### **6.6. TERMAS DE SANGEMIL**

#### **6.6.1. INTRODUÇÃO**

Esta zona apresenta um potencial de riscos do tipo tecnológico, em que as águas das termas podem ficar contaminadas química, física e bacteriologicamente, dependendo da interacção entre o Homem o meio envolvente (Morais, 1990).

## **6.6.2. VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO**

### **Definição de zonas de Protecção**

Pelas condições geológico-estruturais prevalecentes, pode considerar-se a estrutura hidrotermal de Sangemil como compreendendo:

- a área de alimentação, que permitirá a recarga por infiltração de água meteórica;
- uma área de transição – acumulação;
- a área de descarga, pela qual se processa a drenagem natural do sistema.

Trata-se segundo Franko et al. (1987), de uma estrutura aberta onde é possível distinguir duas zonas a proteger do impacto ambiental:

- zona de protecção primária, que protegerá a área de descarga.
- zona de protecção secundária, abrangendo as áreas de alimentação/transição – acumulação, que em maciços cristalinos estão em sobreposição.

### **Focos de Poluição**

As actividades antropogénicas representam os focos potenciais de poluição, que por adição de substâncias diversas são capazes de alterar a qualidade química / biológica da água.

As fontes de poluição existentes na região podem ser sistematizadas em função da sua origem em:

1º Poluição de origem urbana, que resulta dos efluentes de uso doméstico.

2º Focos de poluição de origem agrícola, originados pela utilização de adubos químicos e pesticidas, em áreas de cultivo mais ou menos extensas, nas encostas do vale do rio Dão e em linhas de água afluentes.

3º Constituem exemplos de focos de contaminação pontuais algumas unidades de exploração agro-pecuária, e estações de abastecimento de combustíveis.

### **Zonas de Protecção**

Devido à circulação profunda e ao tempo de residência elevado, possibilitando assim, uma maior eficácia aos mecanismos hidroquímicos e hidrobiológicos de

autodepuração, as águas de alimentação termal, não estão imediatamente expostas à contaminação.

Uma atenção maior requer a defesa da área de descarga, passando obrigatoriamente pela aplicação de medidas adequadas. O enquadramento geomorfológico e as condições tectónicas na área de emergência, atestam bem da vulnerabilidade da água termal à poluição.

As famílias de fracturas abertas, comunicantes entre si, (Morais, 1990) que ocorrem na área de descarga, propiciando uma propagação rápida de eventuais poluições, estendem-se para montante, até uma distância mínima de aproximadamente 300m. É desta ordem de grandeza a distância mínima de protecção proposta para a zona de protecção primária, devendo estender-se segundo as direcções das estruturas dominantes (NNW-SSE e NE – SW).

É necessário que o despejo de efluentes domésticos seja eliminado em definitivo e a área a montante das nascentes do rio Dão seja vedada ao desenvolvimento urbano, não devendo ser permitido qualquer tipo de construção. Assegurar-se-à assim a protecção bacteriológica e química da água.

As zonas de cultivo dentro do perímetro de protecção, ou imediatamente adjacentes, deverão ser reconvertidas ou proceder-se à elaboração de um programa de desenvolvimento agrícola, extensível a uma área mais vasta, que permita a redução dos riscos de contaminação induzida pelo uso de fertilizantes e pesticidas a um nível mínimo. Embora se trate de uma área de grandes dimensões, de difícil delimitação, é necessário colocar em prática uma política de defesa para a zona, mesmo correndo o risco de não ser totalmente protegida.

Um outro risco de poluição resulta da intensa circulação de águas frias superficiais na proximidade das nascentes quentes. A sua localização em fundo de vale e no leito do rio, traduz bem a necessidade da realização de uma captação profunda, que permita um eficaz isolamento da água termal, com provável aumento de mineralização e temperatura.

Trabalhos de pesquisa na área envolvente das nascentes permitirão um conhecimento pormenorizado dos mecanismos de emergência. Só então será possível decidir pelos dispositivos de captação e protecção mais apropriados a um regime de exploração óptimo, que permita um caudal que supra as necessidades da afluência de maior

número de aquistas, uma vez em funcionamento o estabelecimento hidroterápico, sem impactos quantitativos com carácter negativo sobre as reservas dinâmicas.

Deve-se ainda proceder a um controlo regular das características da água, cujas normas de qualidade deverão ser estabelecidas com referência às exigências duma procura de utilização medicinal.

### **6.6.3. CONCLUSÃO**

Pode-se concluir que os riscos a que esta zona está sujeita são predominantemente de duas categorias: agrícolas e antropogénicas.

Como a fonte das águas hidrotermais tem origem na água da chuva, que por infiltração através das falhas existentes no material rochoso se vai deslocando até grandes profundidades, se a agricultura efectuada na zona não for cuidada, tendo em consideração os aditivos, os herbicidas, pesticidas e todos os possíveis elementos químicos que se possam usar, podem prejudicar a qualidade química e física da água, mesmo que seja ao fim de alguns milhares de anos. Por outro lado, embora esta seja uma zona com pouca urbanização, se não existir uma protecção a nível dos resíduos domésticos, mais especificamente a nível dos esgotos, pode surgir a contaminação bacteriológica das águas.

Os problemas podem ser minimizados através da aplicação de práticas de boas condutas agrícolas e uma boa rede de saneamentos, além de um processo de depuração eficaz.

## **6.7. RADÃO**

### **6.7.1. INTRODUÇÃO**

O radão ( $^{222}\text{Rn}$ ) é um gás radioactivo produzido na cadeia de decaimento do urânio, elemento químico que integra as rochas que compõem a crosta continental. Sendo um gás inerte, o radão pode escapar-se facilmente das rochas e dos solos onde é produzido, emigrar para o interior de espaços confinados, como por exemplo, as habitações, onde pode por vezes acumular-se em elevadas concentrações. Nestes casos, a inalação do radão e dos seus descendentes pode afectar a saúde humana, designadamente potenciando o aparecimento do cancro do pulmão. O radão, é pois, um factor natural de risco ambiental.

A hipótese de o radão poder potenciar a indução de alguns problemas de saúde no Homem foi colocada durante a década de cinquenta, quando alguns estudos efectuados em minas de urânio mostraram existir nesses locais uma elevada taxa de mortalidade entre os mineiros, devendo-se nalguns casos 50% das mortes a cancro do pulmão. Como as concentrações de radão medidas nestes locais eram muito elevadas, com valores médios por vezes superiores a  $200 \text{ kBq.m}^{-3}$  (1Bq corresponde à desintegração de um átomo por segundo), sugeriu-se que esse gás poderia estar ligado à elevada incidência observada de neoplasias pulmonares (Donaldson, 1969). Mais tarde, e tendo por base também estudos efectuados em mineiros expostos a elevadas concentrações de Radão, concluiu-se que cerca de 40% dos cancros do pulmão teriam sido provocados pela exposição ao Radão (Kusiak et al., 1993; Lubin et al., 1995). Estudos citológicos realizados em animais demonstraram o potencial das partículas alfa emitidas pelo Radão e seus descendentes na indução de alterações genéticas a nível celular, passíveis de provocar o aparecimento de células cancerosas.

Para concentrações elevadas de radão, como as observadas nas minas, é aceite, de forma relativamente pacífica, que o gás tem efeitos nocivos na saúde. No entanto, as concentrações a que o Homem está exposto nas habitações são em geral consideravelmente inferiores às prevalentes no interior das minas.

Lubin et al. (1995), estimaram que, entre a generalidade da população dos Estados Unidos da América (EUA), cerca de 10% das mortes de cancro do pulmão são provocadas pela exposição ao radão no interior das habitações. Metters (1992) estimou que, para uma concentração média de  $20 \text{ Bq.m}^{-3}$ , o risco de contrair cancro do pulmão durante a vida é de 3 em 1000; se a média for de  $200 \text{ Bq.m}^{-3}$  aumenta para 30 por 1000. A Academia de Ciências dos EUA admite, no seu último relatório sobre o assunto que as mortes por cancro do pulmão atribuídas ao radão neste país se situam entre 15400 a 21800 por ano. Os dados obtidos mostram ainda que, se exposto a concentrações de radão de  $400 \text{ Bq.m}^{-3}$  no interior da habitação, um indivíduo fumador terá um risco de contrair cancro do pulmão cerca de 5 a 7 vezes maior do que se estivesse exposto apenas a este gás.

Dos estudos efectuados sobre esta temática, conclui-se que o risco de contrair cancro do pulmão por exposição ao radão é menor que o risco de exposição ao tabaco, o qual é directamente responsável por aproximadamente 85% dos cancros do pulmão.

Pode concluir-se que o radão poderá trazer consequências para a saúde do Homem, pelo que houve necessidade de serem estabelecidos valores limites de concentração, abaixo dos quais se considerou o risco do radão mínimo. Surgiram assim, na legislação de diversos países, os denominados níveis de actuação e para concentrações de radão superiores aos valores recomendados aconselha-se a intervir no sentido de os reduzir no interior das habitações. Os valores estabelecidos variam de país para país, sendo nalguns casos obrigatoriamente cumpridos, enquanto noutros são entendidos apenas como recomendações.

As principais fontes de apoio a este assunto foram: de Salgado, (2000), Pereira, (1991) e Neves et al., (1996).

## **6.7.2. FACTORES QUE CONDICIONAM AS CONCENTRAÇÕES NAS HABITAÇÕES**

### **1 – Factores geológicos**

Sendo o urânio a origem do radão e sabendo que este gás se introduz nas habitações principalmente a partir do subsolo, a geologia adquire um papel importante para identificar as áreas potencialmente perigosas. O quadro 3 indica os intervalos de variação para os teores de urânio em diferentes tipos de rochas aflorantes em Portugal continental, sendo o urânio a principal fonte de radioactividade natural.

Em geral, as rochas sedimentares apresentam os mais baixos teores de urânio, podendo em alguns casos esses valores ser bastante elevados. Em horizontes ricos em matéria orgânica intercalados com carbonatos foram observados teores de 20 ppm. Em sedimentos de composição argilo-gresosa foram medidos teores de algumas dezenas, ou mesmo centenas de ppm, especialmente quando apresentam abundantes níveis cinzentos ou negros, fragmentos de matéria carbonosa e/ou pirite.

**Quadro 3** – Teores de urânio e radiação gama (intervalos de variação e valores médios) nas diferentes rochas que ocorrem em Portugal (Neves et al., 1996).

Tipo de Rochas	Teores de urânio (ppm)	Radiação gama (cps)*
<b>Rochas sedimentares</b>		
Carbonatos	0 - 5	30 - 50
Grés e Arcoses	1 - 6	50 - 200
Sedimentares argilosos e argilosos gresosos	6 - 200	120 - 600
<b>Rochas Metamórficas</b>		
Xistos e metagrauvaques	3 - 11	70 - 120
Quartzitos	(a)	30 - 50
<b>Rochas Ígneas</b>		
Granitóides biotíticos	6,7**	150 - 300
Granitóides de duas micas	8,9**	150 - 300
Granitóides moscovíticos	8,2**	- 300

(a) os teores obtidos são muito baixos, em geral inferiores a 1 ppm.

\* a abreviatura (cps) designa choques por segundo.

\*\* médias obtidas com base em mais de 200 amostras de granitos do território continental português.

Quando surgem quantidades significativas de minerais pesados, como monazite e zircão incorporados no grés ou na arcose, podem também estes apresentar valores elevados de radiação gama, devido especialmente à presença de tório nos minerais pesados.

Nos metassedimentos os valores de urânio mais elevados surgem associados aos xistos negros (grafitosos). Os quartzitos só localmente e quando enriquecidos em minerais pesados podem conduzir a um acréscimo do risco de radão (Figueiredo, 1998).

Os granitos, de um modo geral, apresentam teores médios de urânio duplos a triplos da média crustal, pelo que estas rochas apresentam um potencial de risco de radão mais elevado do que as restantes litologias. As rochas ígneas félsicas, como os sienitos e os vulcanitos tenderam a apresentar teores médios de urânio próximos dos observados nos granitos, bem como fundo radiométrico equivalente. Por outro lado, as rochas ígneas básicas apresentam em geral baixos teores de urânio.

O urânio pode ser removido por acção de fluidos hidrotermais ou meteóricos e precipitado sob a forma de urânio secundário, em certos locais como nas caixas das falhas (Pereira et al., 1999b).

A permeabilidade das rochas e solos é um factor importante a ter em conta para se avaliar o potencial de risco do radão, uma vez que a mobilidade deste gás depende principalmente do tamanho e intercomunicação dos poros e das fracturas presentes, podendo tal movimentação ser efectuada por difusão e/ou por convecção (Costa, 1997 e Figueiredo, 1998). A distância média percorrida pelo radão estima-se em 5 cm a 2m, em meio líquido e sólido respectivamente, quando dominam mecanismos de difusão, podendo atingir algumas dezenas de metros quando carregado por fluidos (Akerblom, 1994; Schumann et al., 1994).

## **2 - Factores Meteorológicos**

A humidade do solo influencia grandemente a percolação do radão. Até valores de 15 a 17% de humidade no solo, as taxas de emissão de radão aumentam (Schumann et al., 1994). Este aumento deverá estar relacionado com o facto de a película da água que envolve os grãos minerais do solo naquelas situações poder amortecer a velocidade do átomo de radão gerado, fazendo com que este se infiltre e fique retido em grãos adjacentes (Lao, 1990). Com valores mais elevados de humidade os poros ficam preenchidos com água, gerando uma menor emissão, devido à dissolução do radão na água.

A precipitação tende a saturar a camada superficial do solo levando a que esta possa funcionar como uma camada impermeável. Numa primeira fase é de esperar um aumento de concentração do radão nos níveis imediatamente abaixo da camada superficial do solo e, à medida que a água se infiltra, o radão pode ser arrastado para níveis mais profundos do solo, originando-se assim, posteriormente, uma diminuição da concentração de radão nas camadas superficiais (Gan et al., 1986).

A pressão barométrica pode também levar a variações da concentração de radão na superfície do solo. Casos de pressão superior ao normal impulsionam a penetração do ar atmosférico no solo, implicando uma diminuição do radão. Se as pressões forem baixas acontece o processo inverso. Estas variações geradas pelas modificações da pressão barométrica, pode fazer-se sentir até profundidades que rondam os dois metros (Asher-Bolinder et al., 1991).

As movimentações verticais do ar atmosférico geradas pelas variações de temperatura podem também potenciar as transferências gasosas entre o solo e a atmosfera.

O vento, ao deslocar-se sobre os solos permeáveis, também pode contribuir para uma diluição das concentrações de radão nas camadas mais superficiais.

### **3 – Tipologia das habitações e condições de ocupação humana**

As diferenças de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, a acção do vento no edifício e no solo, bem como a climatização dos edifícios, geram pressões diferenciais importantes entre estes e o solo onde se apoiam. Como resultado, poderão ocorrer significativas deslocações do ar do solo para o interior da construção (Lao, 1990).

A água pode igualmente ser uma forma de o gás se introduzir no edifício, especialmente se captada em poços ou furos próprios. Nestes casos a água pode apresentar elevadas concentrações de radão e o seu uso em lavagens, banhos e em todas as situações em que há consumo de água, facilita a libertação do gás nela dissolvida, uma vez que o coeficiente de partilha é favorável à difusão para o ar.

As características do edifício podem ou não facilitar a entrada do radão para o seu interior. Edifícios construídos sobre uma caixa de ar ventilada são os que apresentam mais baixas concentrações de radão (Sutherland, 1996).

A frequência de abertura de portas e janelas, bem como a utilização da habitação pode apresentar variações importantes nas quantidades de gás no seu interior.

### **4 – Avaliação do risco de radão na região de Tondela**

#### **4.1 – Enquadramento regional**

Com base na observação da carta geológica de escala 1:500000, observamos que as rochas granitóides constituem os litótipos dominantes, com predomínio dos granitos porfiróides biotíticos. Individualizaram-se duas fácies: o granito de Tondela (GT), de grão médio, de duas micas com predomínio da biotite; e o granito de Tábua (GTB), de grão grosseiro a muito grosseiro, com biotite abundante e moscovite escassa. O granito de Tábua é pós-tectónico e posterior ao de Tondela (idades K/Ar  $282 \pm 6\text{Ma}$  e  $299 \pm 6\text{Ma}$ , respectivamente; Pereira e Hurfor, 1994). Englobado pelas fácies porfiroides ocorre um granito não porfiroide de grão fino a médio, moscovítico/biotítico, com mais intensa deformação que os dois anteriores: é o granito de Várzea (GV). Uma rocha granítica filoniana (FG), de grão fino a médio, moscovítica e com espessura que, nesta região, varia de 1 a 15m, estende-se para Norte desde as proximidades da povoação de Molelinhos

(Neves e Godimho, 1992; Pereira e Ponte 1992), intersectando de forma descontínua o granito de Tondela. GV e FG são os granitóides geoquimicamente mais diferenciados. As rochas graníticas intruem metassedimentos do complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico, ocupando cerca de 20% da área aflorante, nas quais impõem uma auréola de metamorfismo de contacto com largura de 1 a 2 Km, onde se produziram corneanas e xistos mosqueados. Podemos ainda encontrar rochas quartzíticas, de idade ordovícica provável (Pereira e Ponte, 1992) que se dispõem numa área de apenas algumas centenas de metros quadrados. Observam-se também alguns depósitos sedimentares de cobertura de idade cenozóica (Teixeira et al., 1961; Antunes e Broin, 1977; Cunha, 1992), para além dos depósitos aluvionares associados às principais linhas de água que interceptam a superfície topográfica da região.

No quadro 4, encontram-se indicados os valores médios e intervalos de variação dos teores de U e de Th em rochas da região de Tondela.

**Quadro 4** – Valores médios e intervalos de variação dos teores de U e Th em rochas da região de Tondela; n- nº de amostras (Salgado et al, 2000).

Litologia	n	U (ppm)	Th (ppm)
GT	10	8	17
GTB	7	10	20
GV	2	9	6
FG	3	13	1
CXG	12	5	9
DEP <sup>(1)</sup>	5	10	25

(1) Em 6 amostras correspondentes a níveis argilosos decimétricos observaram-se teores variáveis entre 11 e 24 ppm de U e entre 15 e 53 ppm de Th.

Todo o conjunto lítico é recortado por um complexo sistema de fracturação. As caixas destas falhas podem exceder a dezena de metros de largura, apresentando milonitização variável e, frequentemente, brechas quartzosas. Óxidos e hidróxidos de ferro ocorrem normalmente nos materiais que preenchem as caixas de falha e ocasionalmente podemos encontrar ainda minerais secundários de urânio, designadamente torbernite.

A intensa rede de fracturas condiciona, por sua vez, o grau de alteração das rochas, de tal forma que os corpos líticos mostram-se, no geral, medianamente alterados a muito

alterados. A fracturação, independentemente da litologia, implica um acréscimo na radiação gama emitida pelos solos (Quadro 5).

**Quadro 5** - Valores médios e intervalos de variação dos teores de U e Th em caixas de falhas com elevado fundo radiométrico, e que intersectam algumas das litologias aflorantes na região de Tondela; n – nº de amostras (Salgado et al, 2000).

Litologia	n	U (ppm)	Th (ppm)
GT <sup>(1)</sup>	5	41	25
GTB <sup>(2)</sup>	2	171	23
CXG <sup>(3)</sup>	12	42	11

(1) Em 3 amostras correspondentes a sectores ricos em compostos de Ferro decimétricos a métricos, por vezes de cor negra, observam-se teores variáveis entre 92 e 267 ppm de U e entre 11 e 29 ppm de Th; (2) Em 3 amostras correspondentes a sectores com características semelhantes, e onde se detectou a presença de torbernite, observaram-se teores variáveis entre 376 e 2280 ppm de U e entre 20 e 33 ppm de Th. (3) Em 10 amostras provenientes de sectores com características idênticas às descritas em (1) observaram-se teores variáveis entre 66 e 361 ppm de U e entre 2 e 14 ppm de Th.

## 5 – Avaliação do potencial de radão

Com base em estudos radiométricos relativamente à radiação gama, a fim de caracterizar cada unidade litológica aflorante e de detectar possíveis anomalias que reflectam a heterogeneidade na concentração dos elementos radiogénicos de U e Th pode-se avaliar o potencial de radão de cada unidade geológica. A variação de Th nas diversas litologias correlaciona-se positivamente com a variação de U, o que parece indicar que os dois elementos partilham, pelo menos em parte, suportes mineralógicos comuns. Os suportes serão para o Th essencialmente minerais alojados em terras raras, indicando a correlação positiva entre Th e lantânio.

Do conjunto lítico aflorante na região, os depósitos arcósicos-argilosos apresentam o fundo radiométrico mais baixo (118 cps em média), não ultrapassando os teores de urânio, em média, os 8,5 ppm. Embora os teores deste elemento não sejam muitos baixos, as concentrações de radão produzidas nestas rochas não são muito significativas, variando entre 4 e 38 kBq.m<sup>-3</sup>. Para este efeito contribui a composição e a distribuição vertical dos diversos níveis estratigráficos, em que a presença de zonas ricas em argila em diferentes posições estratigráficas dificultará a migração vertical do radão. Assim, é de esperar que a permeabilidade seja variável, em função da distribuição horizontal e vertical dos níveis argilosos. A permeabilidade será mais baixa quando os níveis argilosos que integram a

unidade sejam dominantes, e mais elevada quando a componente cascalhenta, posicionada sobre os níveis mais ricos em argila, seja o nível aflorante.

Ao contrário dos depósitos sedimentares, que mostram alguma homogeneidade no que se refere aos parâmetros radiométricos, em todas as outras unidades geológicas foi observada uma significativa variabilidade desses parâmetros (Salgado, 2000).

Nas rochas e solos integradas no complexo xisto-grauváquico, verificou-se que a radiação gama, bem como as concentrações de radão dos solos, apresentam valores bem mais elevados nas rochas metassedimentares situadas na zona mais interna das auréolas de metamorfismo de contacto, principalmente na vizinhança da interface granito-metassedimentos, bem como nos encaves metassedimentares integrados nas unidades graníticas dominantes. As concentrações médias de radão obtidas em solos sobrejacentes a estas rochas situam-se em  $20 \text{ kBq.m}^{-3}$  (Salgado, 2000) representando mais do dobro das concentrações médias obtidas em rochas metassedimentares, localizadas em regiões mais externas da auréola de metamorfismo de contacto ou no exterior destas. As rochas metassedimentares apresentam foliação vertical, e em especial nas zonas mais internas das auréolas de metamorfismo de contacto e nos encaves, encontram-se bastante alteradas e fracturadas, sugerindo que a permeabilidade nestas rochas seja um pouco mais elevada, podendo o radão migrar com mais facilidade nas zonas de maior alteração da fracturação. As concentrações médias de U e Th nos materiais de caixas de falha com fundo radiométrico elevado são, no geral, maiores que as obtidas nas litologias intersectadas pelas falhas (quadro 4). No caso dos encaves, sendo estes de reduzida espessura, é de prever que o substrato granítico possa ter alguma contribuição para as concentrações de radão medidas à superfície.

Podemos concluir que os litótipos que integram a zona interna das auréolas do metamorfismo de contacto, bem como os encaves, poderão incluir-se na classe de risco moderado, enquanto que nas restantes rochas metassedimentares o risco será baixo.

As unidades graníticas apresentam alguma variabilidade nos parâmetros radiométricos, bem como nos teores de urânio. Os teores mais elevados deste elemento químico são encontrados nos granitos porfiróides que, na área em estudo, estão representados pelo granito de Tondela e pelo granito de Tábua.

Tendo em especial atenção as concentrações médias de radão nos solos, podem-se incluir as rochas não porfiróides (granito da Várzea e Filão granítico) na classe de risco baixo a moderado, o granito de Tondela na de risco moderado, enquanto o granito de Tábua se insere numa classe de risco mais elevado.

Podem-se encontrar zonas, em geral da extensão reduzida, com fundo radiométrico muito elevado, em média cerca de 60% superiores ao fundo detectado nas imediações destas zonas e que correspondem a fracturas, que interceptam todas as unidade líticas, à excepção dos depósitos sedimentares.

No quadro 6 apresentam-se as diferentes classes de risco e a distribuição das diversas unidades geológicas aflorantes na região de Tondela (Salgado, 2000).

**Quadro 6** – Distribuição das diferentes unidades geológicas aflorantes na região de Tondela pelas diversas classes de risco. Os teores de urânio referem-se a valores médios. ENC/AU – rochas metassedimentares dos encraves e da auréola; GT: Granito de Tondela; GTB: granito de Tábua; FG: filão Granítico de Borralhal salgueiral; GV: Granito da várzea; CTX: Complexo Xisto-grauvácico; DEP: Depósitos de cobertura. (Salgado, 2000).

Classes de potencial de risco	Geologia	Permeabilidade (Avaliação qualitativa)	Radão (kBq.m <sup>-3</sup> )		Urânio (ppm)
			Média	Intervalo	
Baixo	DEP, CXG	Baixa a moderada	DEP - 8	4 - 38	8,5
			CXG - 9	1 - 80	4,9
Baixo a moderado	GV e FG	Baixa a moderada	GV/FG - 17	2 - 52	9
Moderado	GT e CXG (encraves e auréola)	Baixa a moderada	GT - 29	5 - 80	10,6
			ENC/AU - 20	3 - 70	6,2
Moderado a elevado	GTB	Baixa a moderada	39	21 - 70	13,7
Elevado a muito elevado	Fracturas* (N30-35°E e N60-65°E)	Moderada	228	35 - 2919	65

\* com fundo radiométrico elevado e orientações preferenciais como indicado.

Dos dados apresentados infere-se que o potencial de emanção do radão na região de Tondela poderá ser elevado, especialmente em algumas fracturas.

### 6.7.3. CONCLUSÃO

Sendo o radão ( $^{222}\text{Rn}$ ) um gás radioactivo que ocorre nas rochas, no solo, no ar e na água, resultado do decaimento do urânio ( $^{238}\text{U}$ ) presente em quantidades variáveis nas rochas, sendo incolor e inodoro torna-se difícil avaliar o risco a ele associado, em particular nas casas de habitação.

Podemos concluir que o concelho apresenta uma grande variedade de material litológico, reconhecendo-se, dentro de cada unidade geológica, áreas particularmente enriquecidas em radão, verificando-se uma certa relação com sistemas específicos de fracturação bem como de alguns tipos de sedimentos.

Pode-se ainda inferir que dentro das habitações também se pode manifestar essa anomalia, havendo necessidade de criar meios para evitar a propagação do radão. A concentração anormal deste gás pode gerar impactes negativos nos ecossistemas devendo por isso ser feita uma avaliação da radioactividade natural por forma a que o radão deixe de ser mais um dos factores de risco ambiental, podendo haver um conjunto de procedimentos que reduzam os factores de risco, desde o arejamento das habitações, caixas de ar nas paredes das casas a medições periódicas do índice de radioactividade.

## 7. GEOMONUMENTOS

### 7.1. INTRODUÇÃO

Onde quer que se viva dificilmente damos conta da natureza do chão que pisamos, onde assentam as fundações da nossa casa ou prédio, ou onde se abrem e instalam as complexas redes de equipamentos subterrâneos. Toda a gente vê as pedras das calçadas, as cantarias e algumas estatuárias, mas só raros têm acesso aos afloramentos rochosos de onde se retiram esses materiais. Apenas durante a execução de certas obras é possível ter acesso a esses terrenos e é nestas ocasiões que o geólogo tem oportunidade de fazer aí as suas observações, sempre pontuais e incompletas. As rochas são a memória da Terra e da vida a que deu berço e suporta, memória que pode ser lida e contada. Basta que se aprenda a conhecer os caracteres dessa escrita, como faz o geólogo ao identificar, por exemplo, os minerais ou os fósseis que as integram. A curto prazo muitas dessas janelas para o substrato geológico poderão estar tapadas pelo betão e pelo asfalto, ocultando-se assim um aspecto importante à cultura geral do cidadão, na medida em que as rochas e os solos a elas associadas constituem o suporte físico da realidade social e cultural onde vive e onde, muitas vezes, nasceu e cresceu (Galopim de Carvalho, 1989)

As rochas, na sua imensa diversidade e modos de ocorrência, podem e devem ser entendidas como documentos de uma história bem antiga, que se desenrolou ao longo de milhões e milhões de anos, isto é, a história da Terra e, em muitos casos, também a história da Vida. Face ao acelerado crescimento da sociedade de consumo, a paisagem quotidiana é cada vez mais pobre em elementos naturais, entre os quais estes documentos da sua história mais remota.

A metodologia utilizada para dar a conhecer os geomonumentos existentes no concelho passa pela apresentação de várias fotografias tiradas no local, após alguma pesquisa no concelho e com grandes dificuldades, principalmente na sua localização, tendo sido necessária a colaboração de pessoas interessadas neste tipo de monumentos. Anotaram-se as coordenadas UTM e tentou-se fazer uma breve localização.

## 7.2. CONCEITOS

À semelhança de qualquer património construído que, por características de significado, grandiosidade, ou outras, é considerado monumento e, portanto, um recurso a preservar, também certas ocorrências geológicas têm características de monumentalidade. São o que se designa por geomonumentos, ou seja, georrecurso culturais.

Como resposta ao crescimento vertiginoso da urbanização e, de um modo geral, à crescente ocupação do espaço natural, importa divulgar e impor a ideia de georrecurso cultural como um património natural não renovável que, uma vez destruído, fica perdido para sempre.

Em 1993, foi publicado o Decreto-Lei 19/93, de 23 de Janeiro, surgindo a categoria de Monumento natural, dentro das áreas protegidas de interesse nacional, permitindo incluir nessa categoria algumas ocorrências geológicas. Segundo o Artigo 8º, entende-se por monumento natural uma ocorrência natural contendo um ou mais aspectos que, pela sua singularidade, raridade ou representatividade em termos ecológicos, estéticos científicos e culturais, exigem a sua conservação e a manutenção da sua integridade.

O nosso país é muito rico em geomonumentos, dada a sua localização geográfica e ao clima a que esteve sujeito ao longo dos tempos, tornando-se por isso necessário fazer um estudo aprofundado destes monumentos naturais.

Segundo Galopim de Carvalho (1989), uma primeira classificação do património geológico que se tem vindo a afirmar na prática das múltiplas acções já empreendidas com vista à sua musealização aponta para o estabelecimento de três tipos de geomonumentos, cujo critério de classificação assenta na diversidade dos níveis de intervenção necessária a cada um, na perspectiva da sua mais eficaz protecção, manutenção e fruição por parte do público.

Os três tipos de geomonumentos propostos são:

**1º A nível do Afloramento** – à escala decamétrica, são pequenas ocorrências muito localizadas, tais como uma discordância, uma dobra, uma falha, um penedo isolado, etc.

É o caso de:

- Miocénico com briozoários, em Lisboa;

- Terraço fluvial, em Lisboa;
- Pedreira do Avelino com pegadas de saurópodes, em Torres Vedras;
- Tronco fossilizado, em Cadriceira;

**2º A nível do Sítio** – à escala hectométrica, refere-se a áreas susceptíveis de limitação física, onde o visitante pode circular no seu interior, observando de perto os seus vários elementos e pormenores.

Temos a considerar:

- Jazidas com pegadas de dinossauros de Pego Longo, (Carenque);
- Pedreira do Galinha, (Serra d'Aire);
- Pedra da Mua e Lagosteiros, (Sesimbra);
- Campo de Lapiás da Pedra Furada, (Pêro Pinheiro);
- Monte de Santa Luzia e Museu do Quartzito, (Viseu).

**3º A nível da Paisagem** – à escala quilométrica, este tipo inclui grandes áreas com interesse geológico passíveis de se vislumbrarem, no seu todo, a partir de um ou mais pontos privilegiados de observação. A sua protecção e manutenção pressupõe estratégias complexas semelhantes às definidas para as Áreas Protegidas. A sua musealização reduz-se à criação de miradouros equipados com os competentes meios de observação à distância (óculos) e painéis explicativos adequados (leitores de paisagem).

São exemplo:

- As grandes caldeiras vulcânicas da Ilha de S. Miguel;
- Os Poljes de Mira – Minde e Nave do Barão (Algarve);
- A concha de S. Martinho do Porto;
- O Vale Glaciário do Zêzere, (Serra da Estrela);
- O Pulo do Lobo, (Guadiana).

Contudo parece-nos que há muito mais monumentos geológicos a ter em conta e que não se enquadram na classificação anterior. Propunha uma classificação onde acrescentaria uma nova categoria, do tipo:

**1º Geomonumentos**, a que correspondem todos os geomonumentos que surgiram naturalmente, sem intervenção do Homem, e dentro desta categoria temos:

1.1. A nível do Afloramento

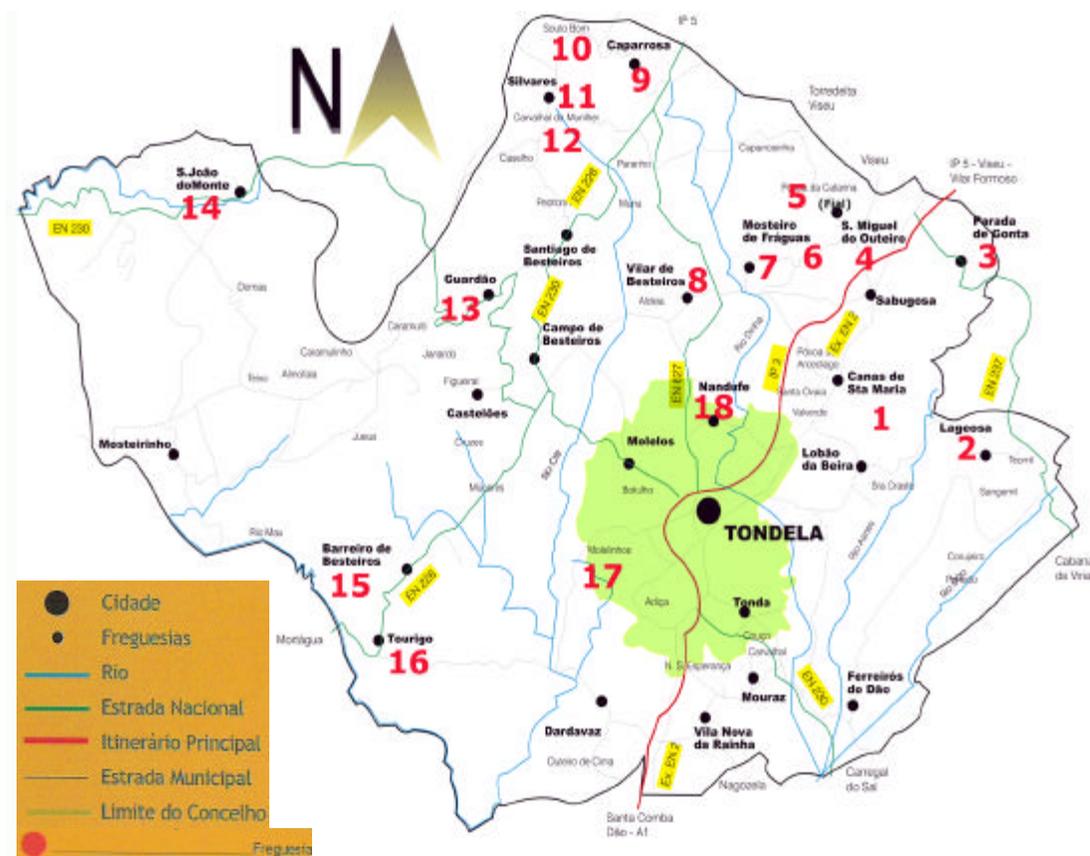
1.2. A nível do Sítio

1.3. A nível da Paisagem

**2º Geomonumentos Trabalhados**, onde podemos enquadrar tudo o que, embora criado pelo Homem, tem como base principal os elementos geológicos.

### 7.3. RELAÇÃO DOS GEOMONUMENTOS

Baseados na classificação apresentada antes, na região a que se refere este trabalho, podemos encontrar alguns geomonumentos que localizamos na figura 26 e que a seguir iremos desenvolver.



**Figura 26** – Localização de alguns geomonumentos do concelho de Tondela (baseado no roteiro arqueológico do concelho).

Com o objectivo de os enquadrar e melhor os identificar segue-se uma breve descrição com fotografia e localização obtida no local, sempre que possível.

A primitiva igreja de Canas de Santa Maria (Local 1), Igreja Românica, que é Monumento Nacional, apresenta um aspecto medieval, nas suas imediações surge um núcleo de sepulturas escavadas na rocha, testemunhando a passagem de um povo pré-romano.



**Figura 27** – Igreja Românica de Canas de Santa Maria.

Em Lageosa do Dão (Local 2) podemos encontrar uma Anta, conhecida por Anta da Arquinha da Moira, um monumento megalítico que apresenta uma câmara poligonal formada por 7 esteios, alternando os de granito de grão grosseiro com os de grão médio, e ainda um corredor médio.



**Figura 28** – Observação interior da Anta da Arquinha da Moira, em Lageosa do Dão.



**Figura 29** – Observação do exterior da Anta da Arquinha da Moura.

A anta, bastante bem conservada, tem cerca de 23m de diâmetro e atinge uma altura aproximada de 2,5m. A altura total do monumento é de cerca de 3m.

Uma característica muito importante deste monumento é a existência de pinturas rupestres de cor vermelha, laranja e negro nos esteios da câmara. Durante as escavações foram encontrados vários objectos líticos, cerâmicos, de adorno e ossadas.

A construção deste monumento deve ter sido durante a primeira metade do III milénio a.C.

A cerca de 12km, localiza-se a aldeia de Parada de Gonta (Local 3), com vestígios arqueológicos. Surge o Castro dos três rios, assente num esporão no sopé do qual afluem três cursos de água: o rio Asnes, o rio Pavia e a ribeira de Sasse. As inscrições gravadas em dois rochedos são a prova da presença romana neste lugar. Podem ainda ver-se vestígios das muralhas da aldeia fortificada.



**Figura 30** – Castro dos três rios (Parada de Gonta).

Além de vestígios de habitações circulares, quadrangulares, pias e lagaretas escavadas na rocha, encontraram-se fragmentos de cerâmica e uma inscrição latina gravada na rocha.

Nesta mesma aldeia podem ainda encontrar-se mais vestígios da passagem dos Romanos. Atrás da Igreja Paroquial há uma lagareta conhecida por Pio de Mouros, com cerca de 2.6m de comprimento, apresentando um pio rectangular e um pio circular, ligados entre si por um pequeno orifício. A uva seria pisada na parte exterior dos pios onde é possível observar uma pequena depressão circular na rocha. Várias outras lagaretas encontram-se espalhadas pelas imediações da aldeia.



**Figura 31** – Lagaretas e sepulturas Antropomórficas (Parada de Gonta).

Encontra-se também um cruzeiro (Figura 32) talhado em granito, colocado sobre um grande bloco rochoso do mesmo tipo litológico, mas que curiosamente se apresenta inclinado, sem uma aparente justificação.

**Figura 32** – Cruzeiro inclinado.

Podemos ainda deparar-nos com um granito de grandes dimensões, com um aspecto de cogumelo, mais largo no topo que na base, aparentemente representando um outro testemunho dos Romanos, nomeadamente pelo nome que é conhecido - Penedo da Moira (Figura 33),



**Figura 33** – Penedo da Moira (Parada de Gonta).



Na zona mais elevada de uma das extremidades da povoação de São Miguel (Local 4), podemos encontrar um grande bloco granítico de difícil acesso. No topo desse rochedo podemos encontrar uma cavidade rectangular, que era a zona de implantação de uma estrutura granítica, paralelipipédica, que ainda se encontra no local, como se pode ver na figura 34 - B.

Este bloco é identificado como o Penedo da Forca, para onde eram levados os insurrectos e aí cumpriam a pena, à vista de toda a população, uma vez que corresponde à zona mais elevada da povoação.



**Figura 34 – A** - Penedo da Forca de São Miguel do Outeiro, visto de baixo.

**B** – Vista de cima do penedo da forca, com orifício onde deveria estar uma cruz em granito, vemos um dos blocos da cruz caído.

Localização: 29T0582733; UTM - 4493746

Deslocando-nos de S. Miguel para o Fial (Local 5), podemos encontrar uma vasta zona planáltica denominada Ferraduras, onde se pode encontrar uma zona de interesse

arqueológico, embora neste momento já seja difícil de a localizar bem como os próprios testemunhos da passagem de outros povos, contudo ainda se encontra um montículo de pedras dispersas de uma forma mais ao menos aleatória onde se conseguem distinguir algumas figuras, cujos motivos são cruciformes, círculos, ferraduras, ziguezagues, quadrados e reticulados. Este testemunho data da idade do Bronze.



**Figura 35** – Arte rupestre do Fial (São Miguel de Outeiro).  
Localização: 29T0580977; UTM - 4494818

Há testemunhos escritos da presença de um Dólmen na Carvalha do Fial, situado no limite da povoação, constituído por um aglomerado de pedras, formando um dólmen de galeria com câmara quadrangular. Os esteios apresentavam na sua face interna sinais gravados. As lajes graníticas que o formavam eram de dimensões não muito grandes, toscas e irregulares. Contudo este Dólmen desapareceu, provavelmente, tal como em outros locais, porque alguém retirou as pedras que o constituía. As figuras rupestres encontradas nesta zona poderão estar associadas a este monumento rupestre.

Podemos ainda encontrar possíveis testemunhos da Estrada Romana que ligava São Miguel a Sabugosa, na figura 36.



**Figura 36** – Montículos de pedra que testemunham a possível presença de um Dólmen bem como a estrada Romana, na zona do Fial.

Na povoação de São Miguel de Outeiro (Local 6) também se pode encontrar um monumento simbólico da passagem de outros povos. Identificado como Penedo dos Mouros, é um monólito granítico com dimensões consideráveis de forma arredondada e trabalhado superiormente. No topo podemos encontrar uma minúscula construção semelhante a um templo, igualmente granítica, com acesso através de escadas esculpidas no próprio granito. A idade deste geomonumento data da idade do ferro.



**Figura 37** – Penedo dos Mouros em São Miguel de Outeiro.

Ainda na povoação de Mosteiro de Fráguas (Local 7), podemos encontrar, mesmo no centro da aldeia, um bloco granítico arredondado ligado a um cadeado de ferro bastante grosso, conhecido por Pilar Justiceiro, tendo como objectivo o castigo dos malfeitores, que ficavam amarrados ao cadeado de ferro à frente de toda a povoação e em frente da então casa da justiça. Este monumento permaneceu como símbolo da rectidão e da punição.



**Figura 38** – Pilar Justiceiro de Mosteiro de Fráguas.

Localização: 20T0579996; UTM - 4492047

Deslocando-nos um pouco mais, em direcção a Vilar de Besteiros (Local 8), podemos encontrar algumas lagaretas, sendo a mais conhecida o Lagar dos Mouros, escavado em afloramentos graníticos com algum declive, formado por duas zonas bem distintas escavadas na rocha, uma circular, na parte mais baixa, ligada à segunda zona que corresponde a um reservatório de forma rectangular.



**Figura 39** – Lagaretas em Vilar de Besteiros.

Localização da lagareta da esquerda: 29T0577627; UTM – 4490095. Localização da lagareta da direita: 29T0578319; UTM - 4491522

Em Caparrosa (Local 9), no local de Tapada da Anta surge um menir, conhecido por Estela – menir ou Marco da Anta. As suas coordenadas geodésicas são, aproximadamente; 40°37'52``Lat.N e 8°5'2``Long.W, na carta corográfica de 1:50000, fl.17-A. É um Monólito em granito de grão médio, acinzentado, talhado de modo

a obter-se uma forma paralelepípedica. Mede 2,5m de altura acima do solo, 1m de largura e 0,5m de espessura e o seu topo é arredondado. As faces na direcção norte-sul estão decoradas com gravuras obtidas a picotado, com diferentes níveis de erosão, o que parece demonstrar a sua gravação em etapas diferentes. Próximo, entre a Estela-Menir e uma casa construída recentemente, surge um alinhamento de pequenos monólitos de granito que não excedem em altura os 80cm, que parecem pertencer a uma antiga estrutura que estaria ligada à Estela-Menir.



**Figura 40** – Estela - Menir de Caparrosa.

Na encosta Sul da Serra do Caramulo, junto à ribeira da Pena, que corre a Este de Souto Bom (Local 10), existe um alinhamento de 14 moinhos que descem em cascata, e que integram o projecto “Ambientes do Ar”, desenvolvido pelo Fórum Unesco do Instituto Piaget e pela Câmara Municipal, fazendo parte de um património pré-industrial.

Moinhos construídos com o material que existia na região, que é o granito e as lousas no telhado, embora se possa notar em alguns deles a adaptação à telha.

Alguns destes moinhos de cariz comunitário, ainda se encontram em funcionamento, mas grande parte estão abandonados.

**Figura 41** – Alinhamento de Moinhos de água ao longo da ribeira da Pena, junto a Souto Bom.



A Laje das Côcas, em Silvares (Local 11), localizada na vertente oriental do Caramulo, corresponde a um extenso rochedo granítico, com cerca de 6m de comprimento, onde se encontram esculpidas cerca de uma centena de gravuras, quase todas formadas por duas covinhas de cujo espaço intermédio parte um sulco rectilíneo. Estas gravuras parecem representar o rosto humano esquematizado nos olhos e nariz. Esta estação data da Idade do Ferro.

Na aldeia de Carvalhal da Mulher (Local 12), podemos encontrar o Penedo Sobreposto, correspondendo a vários blocos graníticos que servem de base a um maior, que parece estar em desequilíbrio, prestes a cair, de origem natural.

Na aldeia de Guardão (Local 13) encontra-se uma Igreja (Figura 42) com origem nos Mouros, contendo uma pedra com inscrições e que então servia de mesa do Altar. Actualmente, após obras de reconstrução da igreja, podemos encontrar essa pedra numa das paredes próxima do Altar, já bastante desgastada, não permitindo a sua leitura integral.



**Figura 42** – Igreja Paroquial do Guardão.  
Localização: 29T0571337; UTM - 4491848

Nesta mesma aldeia aparece um Troço da Calçada Romana, que fazia a ligação do litoral ao interior do país (Figura 43), com largura diferenciada, por sobreposição de algumas habitações, apresentando um traçado longilíneo, que percorre a encosta em percurso sinuoso e terminando abruptamente em ambos os lados, pelo actual empedramento da via pública.



**Figura 43** – Troço da Calçada Romana em Guardão.

Tal como no Guardão também se pode encontrar um troço romano com cerca de 500m de extensão em Paranho de Besteiros, que era um prolongamento da anterior estrada romana.

Na freguesia de São João do Monte (Local 14), junto à margem esquerda do rio Águeda, no lugar de Açor, foi encontrada num rochedo, uma representação zoomórfica com face arredondada, representando um quadrúpede com a cabeça em direcção à terra e a cauda formando uma ligeira espiral. Mede cerca de 70cm da cabeça até à ponta da cauda.

Próximo, na base de um pequeno outeiro, encontra-se uma necrópole constituída por quatro sepulturas antropomórficas com cabeceiras de volta perfeita. Neste mesmo outeiro podemos ainda encontrar um pio quadrangular escavado na rocha.

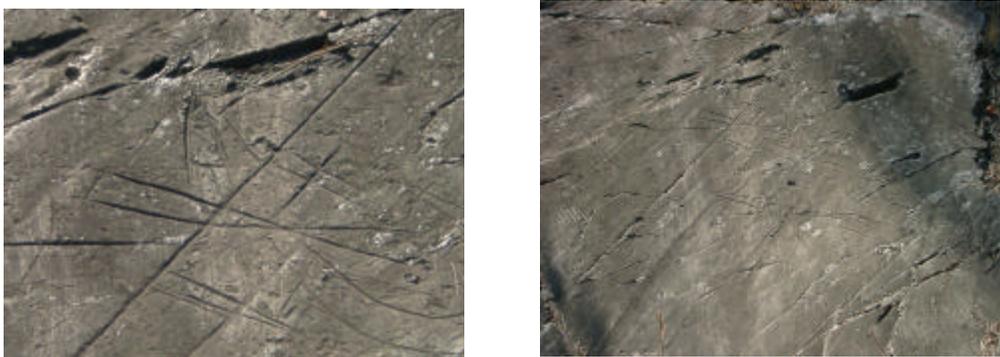
Em Barreiro de Besteiros (Local 15) deparamos com mais uma estação de Arte Rupestre da Alagoa, composta por rochas de xisto profusamente gravadas, com motivos representando figuras humanas calçadas e descalças de adultos e crianças, ferraduras, covas e círculos. As gravuras foram resultado da técnica de picotagem recorrendo a utensílios líticos, possivelmente seixos de quartzo e correspondem à data da Idade do Bronze.

Próximo de Tourigo (Local 16), encontramos a Estação de Arte Rupestre da Valeira da Ferradura, constituída por vários painéis, representados no xisto rugoso, segundo a técnica de abrasão. Os motivos representados são cruciformes, ferraduras, covinhas e um podomorfo. Esta estação data da Idade do Bronze inicial.

Nas proximidades de Molelinhos (Local 17) foi encontrada uma estação de arte rupestre situada na margem direita do ribeiro do Carvalhal, freguesia de Molelos, a cerca de 300m do ponto onde as águas deste ribeiro se juntam às águas do rio Criz.

A estação compõe-se por seis rochas de xisto acinzentado, com aproximadamente 500m<sup>2</sup>. Na superfície destas rochas foram executadas, pelo emprego de três técnicas distintas (picotagem, abrasão com um instrumento em movimento de vai-e-vem e incisão filiforme), representações de armas e utensílios de vários períodos da nossa Pré-história, de antropomorfos, de pegadas humanas, círculos, reticulados, zigzagues e escalariformes.

A época de construção data do final da idade do Bronze e início da do Ferro.



**Figura 44 – Figuras rupestres de Molelinhos.** (Coordenadas retiradas carta Corográfica, escala 1:50 000, fol. 17-C: 40°30'13'' Lat.N; 8°7'47'' Long.W).

Na zona de Tojal Mau, freguesia de Molelos, está referida a presença de vestígios de uma mamoa de grandes dimensões, de 6 a 7 metros de altura, da qual foram retirados grandes blocos de pedra para construção de habitações, deixando de ser possível a observação desse geomonumento.

Escavações arqueológicas realizadas na povoação de Nandufe (Local 18) revelaram pedras aparelhadas, telhas e ímbrices, pesos de tear, mós e moedas. Esta zona terá sido uma povoação de Mouros, conhecida por Castro de Nandufe, cujo povoado era murado, pois vêm-se ainda restos de cintura de muralhas que o rodeavam (Figura 45).



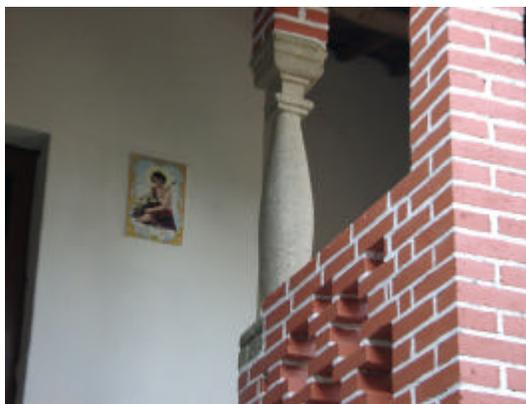
**Figura 45** – Castro de Nandufe. Localização: 29T0578943; UTM - 4488892

Muitas das pedras usadas pelos Mouros foram actualmente aproveitadas para a construção, que podemos confirmar através de uma observação mais pormenorizada (Figuras 46 e 47).



**Figura 46** - Testemunho da aplicação de relógios de sol, recolhidos do Castro, em muros.

**Figura 47** - Testemunhos da aplicação de material arqueológico retirado do Castro - Coluna trabalhada.



Trata-se evidentemente de um castro luso romano, embora também se tenham encontrado evidências de povos pré-históricos.

#### 7.4. GEOCONSERVAÇÃO

As questões relacionadas com a Geoconservação apresentam uma importância crescente na sociedade actual.

A Conservação da Natureza incide fundamentalmente nos temas relacionados com a preservação da fauna e da flora, sendo as questões geológicas raramente tratadas. Constituindo a Geodiversidade um suporte fundamental para o desenvolvimento e evolução de qualquer forma de vida, incluindo a humana, é do maior interesse que as questões relacionadas com a conservação da Geodiversidade sejam tratadas com o mesmo grau de profundidade.

O conceito de conservação da natureza deve salientar o reconhecimento de que os componentes vivos e não vivos do nosso planeta, ao interagirem influenciam-se mutuamente, devendo por isso ser considerados como partes integrantes de igual importância na protecção da natureza, dando o devido significado à geoconservação.

O aumento demográfico, a pressão urbanística em determinadas áreas, a exploração desregrada dos recursos naturais, entre outros, têm contribuído para uma evidente diminuição de áreas onde a Natureza e os testemunhos culturais e sociais do Homem permaneçam inalterados.

A geoconservação deve ser considerada de uma forma holística e deve ter em conta, antes de tudo, a preservação dos valores geológicos de uma dada região. O carácter inanimado do Património Geológico e a falta de sensibilidade para a Geologia da maioria

da população, tem conduzido ao afastamento da sociedade face à necessidade de implementar medidas de Geoconservação.

As questões relacionadas com a inventariação, caracterização e valorização dos Geomonumentos são muito recentes, tendo só sido despoletadas na década de 90 (do século XX).

Os geomonumentos protegidos de forma efectiva no sentido de evitar a sua degradação e devidamente divulgados podem criar benefícios não só científicos, pedagógicos, culturais e também económicos.

## 7.5. CONCLUSÃO

O concelho é rico em Geomonumentos trabalhados, verificando-se que todos os testemunhos dos povos que percorreram esta zona, se encontram gravados em elementos geológicos, quer seja através de figuras gravadas em lajes graníticas ou xistentas, ou através da forma como os blocos de rochas se agregam, de modo a formar uma muralha, uma aldeia, uma mamoa, um menir, ou outra forma qualquer, permitindo assim reconstituir a História local.

É imperioso continuar a trabalhar no sentido de preservar, salvaguardar e valorizar a enorme riqueza contida nos georrecurso, constituindo um património geológico, que ajuda a perceber as modificações do planeta e a evolução do conhecimento do Homem ao longo dos tempos.

Podemos e devemos reforçar a ideia de que as rochas são realmente a memória da Terra da vida e do Homem.

Podem constatar-se algumas dificuldades relacionadas com a preservação dos Geomonumentos, ou seja a Geoconservação, não só pelo abandono directo a que estão sujeitos, mas também resultado do abandono das zonas agrícolas e florestais, que correspondem aos locais onde estão inseridos.

Torna-se urgente a tomada de consciência, por parte institucional, sobre a importância da Geoconservação, devendo ser feito um inventário de todos os Geomonumentos não só da região como do país. As próprias autarquias podem e devem ter um papel activo na protecção e preservação do Património Geológico.

## 8. PLANO DIRECTOR MUNICIPAL (PDM)

### 8.1. INTRODUÇÃO

O Plano Director Municipal (PDM) estabelece o modelo de estrutura espacial do território municipal, constituindo uma síntese da estratégia de desenvolvimento e ordenamento local, integrando as opções de âmbito nacional e regional com incidência na respectiva área de intervenção. Assenta na classificação do solo e desenvolve-se através da qualificação do mesmo. É de elaboração obrigatória, correspondendo a um regulamento administrativo, sendo vinculativo para a Administração e Particulares.

O PDM define ainda, um modelo de organização municipal do território, estabelecendo nomeadamente:

*a)* A caracterização económica, social e biofísica, incluindo a estrutura fundiária da área de intervenção;

*b)* A definição e caracterização da área de intervenção, identificando as redes urbanas, viárias, de transportes e de equipamentos de educação, de saúde, de abastecimento público e de segurança, bem como os sistemas de telecomunicações, de abastecimento de energia, de captação, de tratamento e abastecimento de água, de drenagem e tratamento de efluentes e de recolha, depósito e tratamento de resíduos;

*c)* A definição dos sistemas de protecção dos valores e recursos naturais, culturais, agrícolas e florestais, identificando a estrutura ecológica municipal;

*d)* Os objectivos de desenvolvimento estratégico a prosseguir e os critérios de sustentabilidade a adoptar, bem como os meios disponíveis e as acções propostas;

*e)* A referenciação espacial dos usos e das actividades nomeadamente através da definição das classes e categorias de espaços;

*f)* A identificação das áreas e a definição de estratégias de localização, distribuição e desenvolvimento das actividades industriais, turísticas, comerciais e de serviços;

*g)* A definição de estratégias para o espaço rural, identificando aptidões, potencialidades e referências aos usos múltiplos possíveis;

*h)* A identificação e a delimitação dos perímetros urbanos, com a definição do sistema urbano municipal;

*i)* A definição de programas na área habitacional;

*j)* A especificação qualitativa e quantitativa dos índices, indicadores e parâmetros de referência, urbanísticos ou de ordenamento, a estabelecer em plano de urbanização e plano de pormenor, bem como os de natureza complementar aplicáveis na ausência destes;

*l)* A definição de unidades operativas de planeamento e gestão, para efeitos de programação da execução do plano, estabelecendo para cada uma das mesmas os respectivos objectivos, bem como os termos de referência para a necessária elaboração de planos de urbanização e de pormenor;

*m)* A programação da execução das opções de ordenamento estabelecidas;

*n)* A identificação de condicionantes, designadamente reservas e zonas de protecção, bem como das necessárias à concretização dos planos de protecção civil de carácter permanente;

*o)* As condições de actuação sobre áreas críticas, situações de emergência ou de excepção, bem como sobre áreas degradadas em geral;

*p)* As condições de reconversão das áreas urbanas de génese ilegal;

*q)* A identificação das áreas de interesse público para efeitos de expropriação, bem como a definição das respectivas regras de gestão;

*r)* Os critérios para a definição das áreas de cedência, bem como a definição das respectivas regras de gestão;

*s)* Os critérios compensatórios de benefícios e encargos decorrentes da gestão urbanística a concretizar nos instrumentos de planeamento previstos nas unidades operativas de planeamento e gestão;

*t)* A articulação do modelo de organização municipal do território com a disciplina consagrada nos demais instrumentos de gestão territorial aplicáveis;

*u)* O prazo de vigência e as condições de revisão.

Este documento compõe-se, fundamentalmente, de um Regulamento contendo normas que corporizam o modelo e estratégias de desenvolvimento local adoptados pelo

município; de Cartas de Ordenamento onde são implantadas as várias categorias de espaço, em função do uso dominante, existente ou projectado; a distribuição das actividades económicas e de Cartas de Condicionantes contendo a implantação de restrições de utilidade pública que constituam limitações a determinadas formas de ocupação, constituindo áreas protegidas. Estes planos são aprovados pelas Assembleias Municipais e ratificados pelo Conselho de Ministros.

Este instrumento de gestão territorial encontra-se descrito no Decreto-Lei nº310/2003 de 10 de Dezembro.

O PDM; visa o Ordenamento do Território (OT), com o objectivo de que se verifique a repartição mais racional das actividades económicas, o restabelecimento de equilíbrio entre a capital e a província, o litoral e o interior, entre regiões mais e menos desenvolvidas, a travagem do crescimento desenfreado das cidades, a descentralização geográfica da localização dos serviços públicos e das indústrias, a preservação das orlas marítimas, dos solos agrícolas e das zonas florestais, etc. É uma tentativa de assegurar que a distribuição territorial das actividades económicas e o uso e ocupação da terra não continuem a ser determinados exclusivamente pelas leis de funcionamento do mercado que tendem a fazer prevalecer as de maior valor ou interesse económico, as áreas ou actividades de mais fácil vocação e rentabilidade económica.

## **8.2. PDM DE TONDELA**

Relativamente ao PDM do concelho, podemos verificar que há uma preocupação em fazer a caracterização física de acordo com os factores climáticos, geológicos, morfológicos, hidrológicos e fisiográficos.

Qualquer um destes factores são fundamentais para um melhor conhecimento da região, bem como para se poder actuar preventivamente a nível de factores de risco, que em determinadas condições podem afectar o concelho.

Relativamente à situação urbanística do concelho, o PDM já refere a ocorrência de uma expansão sem critérios adequados, situação essa que se continua a verificar, ou seja, a população aumenta drástica e desordenadamente nas zonas de Tondela e Campo de Besteiros, sem ter em consideração a ordenação urbanística. Desta forma, as infraestruturas

actuais não suportarão um aumento de população tão elevado, verificando-se ainda, uma ausência quase total de espaços verdes na cidade, condignos com o número de habitantes (apesar de legislado a obrigatoriedade de uma área verde por Habitação/lote).

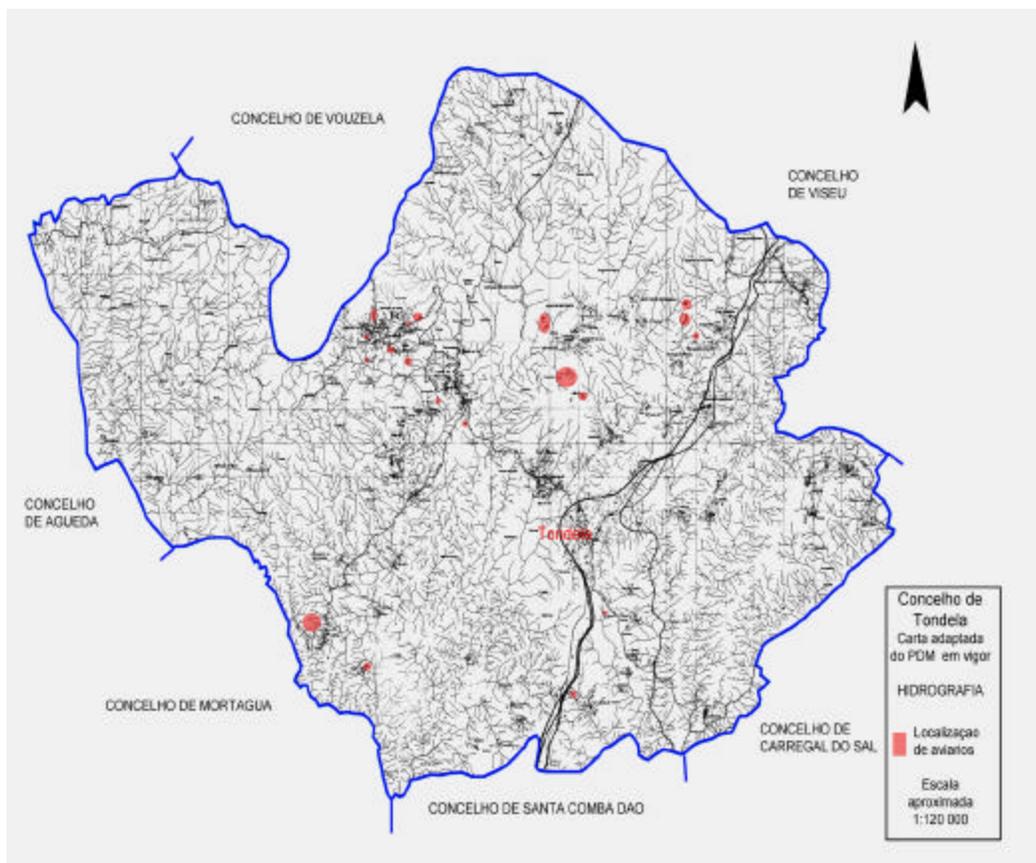
Nota-se uma certa preocupação em criar parques de estacionamento, mas é pouco, quando comparado com o parque automóvel local.

No PDM do concelho os espaços Florestais abrangem todos os espaços com vocação florestal e os que correspondem a solos com pouca capacidade agrícola e são prolongamentos de espaços florestais existentes. Nesta perspectiva podemos constatar que corresponde a uma grande área, verificando-se um predomínio florestal para a zona da Serra do Caramulo e suas encostas, em contraste com a zona do planalto e zona Este do concelho, onde se pode encontrar uma vasta área agrícola, salpicada por zona florestal.

Esta clara diferenciação deve-se sobretudo à geomorfologia do terreno. Na zona da Serra é mais difícil realizar-se a agricultura, dadas as condicionantes a que está sujeita, sobretudo devido ao declive acentuado, criando o risco de erosão e deslizamento do terreno.

A área Agrícola domina no planalto, não só devido ao fraco declive, que não cria tanta instabilidade, mas também devido à abundância de água, através dos rios e ribeiros, favorecendo o regadio. Embora esta zona também esteja sujeita a riscos, como por exemplo cheias e riscos de erosão, estes são de proporções moderadas.

Inseridos, na área agrícola, encontram-se os espaços com capacidade para a exploração agrícola e agropecuária e a Reserva Agrícola Natural (RAN), que no concelho é pouco significativa, podendo contudo ser alargada de acordo com alguns Decretos-lei e certos parâmetros estabelecidos pela autarquia e apresentados no PDM. (Figura 48).



**Figura 48** – Mapa que regista a localização dos aviários do Concelho, adaptado do PDM, recorrendo ao programa Arc View. (Escala de 1:120 000).

Relativamente aos espaços agro-pecuários, embora apresentem aspectos benéficos para o concelho, a nível económico, verifica-se que podem ser uma fonte de contaminação de aquíferos, dado que na grande maioria se encontram próximo das linhas de água, podendo por isso prejudicar a qualidade química e bacteriológica das águas. Neste caso, deverá haver uma preocupação em tentar conciliar os aspectos positivos da exploração agro-pecuária e encontrar soluções que minimizem os problemas que daí possam advir, tal como criar estações de tratamento das águas residuais daí libertadas.

De salientar ainda que, pelo facto desta zona ser predominantemente florestal e agrícola, está inserida numa zona de risco de incêndios, devendo por isso estar precavida e equipada para poder dar resposta a essa catástrofe.

Os espaços Naturais são constituídos por áreas afectas à Reserva Ecológica Nacional (REN), regidas pelas normas do Decreto-lei 93/90 de 19 de Março e pelo

Decreto-lei 213/92 de 12 de Outubro, e áreas de protecção dos recursos naturais e áreas de paisagem protegida regidas pelas normas do Decreto-lei 10/93 de 23 de Janeiro.

Pela análise do mapa anexo ao PDM, as zonas integradas na REN incluem:

- Limites de cursos de água;
- Zonas ameaçadas pelas cheias;
- Cabeceiras das linhas de água;
- Áreas de máxima infiltração;
- Áreas com risco de erosão.

Os parâmetros que nos dão a possibilidade de integrar uma área na REN, encontram-se concentrados em zonas bem distintas: a erosão predomina nas encostas da Serra e nos bordos das margens dos rios Castelões, Asnes e Dão, além do ribeiro da Mata. É ainda nas zonas dos rios e ribeiros onde se encontra a ameaça das cheias. Já as zonas de máxima infiltração estão associadas ao material das zonas do planalto.

A serra do Caramulo apresenta áreas com biótopos protegidos, integrando-se no Espaço Natural do programa Corine, sendo necessário o parecer do Instituto da Conservação da Natureza (ICN) para qualquer ocupação do solo. Este programa, europeu, com base na observação do uso e ocupação dos solos faz estudos relativos ao risco erosivo a que estão sujeitos, pretendendo servir de suporte à elaboração de políticas ambientais e de ordenamento do território.

Os espaços para Indústria Extractiva incluem áreas de exploração de pedreiras, e embora se faça referência, no regulamento, às Caldas de Sangemil e Souto Bom, não se identificam no mapa do PDM, estas duas ultimas situações, além de não serem apresentadas as explorações antigas e já abandonadas, que podem servir de referências para eventuais construções ou mesmo explorações.

Também são contemplados os espaços Culturais do concelho, considerando como tal os edifícios classificados ou conjuntos de edifícios mais significativos dos aglomerados urbanos e respectiva zona de protecção, não se podendo executar quaisquer obras sem o devido parecer do IPPAR, devendo da mesma maneira, sempre que surjam indícios de achados arqueológicos proceder-se igualmente à consulta do IPPAR.

Relativamente a este assunto, surge uma grande lista desse mesmo património, mas, se alguém pretender fazer um roteiro de modo a conhecer os geomonumentos trabalhados locais, dificilmente os poderá encontrar, devido a vários aspectos, dos quais saliento:

- Ausência quase total de sinais de localização, podendo mesmo verificar-se que alguns que já existiram foram danificados e não substituídos;

- Pouca preocupação em preservar esses geomonumentos, encontrando-se grande parte deles cobertos por mato, dificultando imenso a sua localização, denotando um total abandono;

- Grande abandono de um número significativo desses geomonumentos, verificando-se, em alguns, terríveis sinais de vandalismo, desde serem um reservatório de lixo, estarem riscados, remoção de pedras, entre outros;

- Pouca divulgação e consciencialização da importância destes monumentos. Os habitantes locais desconhecem, na sua maioria, a existência e muito menos a sua localização.

Por todos os aspectos referidos parece-me fundamental e prioritário tomar medidas de geoconservação e divulgação do nosso Património, visto que, é conhecendo o nosso passado que alicerçamos o futuro e nos orgulhamos de ser quem somos.

O abandono, o desinteresse, a destruição, são provavelmente as palavras que caracterizam melhor o estado dos geomonumentos trabalhados do concelho, mas dado o valor que representam, devem ser preservados, divulgados e acarinhados por todos.

### **8.3. PROPOSTAS DE CORRECÇÃO**

Apesar de se identificarem os problemas urbanísticos, como foi feito no primeiro PDM, é necessário agir de modo a controlá-los, pois todos sabemos dos riscos que corremos, não só relativamente aos aspectos focados, mas outros de grande importância, como por exemplo:

- A sobreexploração dos aquíferos, uma vez que o grande aglomerado populacional em determinadas zonas pode induzir à seca dos aquíferos;

- A impermeabilização dos solos, pois com o aumento das construções verifica-se uma área de cimentação muito elevada, impedindo por isso que se verifique a alimentação dos aquíferos através das águas pluviais;

- A poluição dos aquíferos, porque com o aumento exagerado e não controlado da população vai-se verificar um aumento de materiais poluentes, resultado das actividades domésticas, laborais e mesmo de lazer, que vão ser lixiviados e transportados para zonas profundas, podendo causar a poluição dos aquíferos;

- A erosão intensiva, resultado da acção exagerada do Homem, numa busca incessante de urbanização, independentemente do local ser ou não o mais adequado geologicamente, resultando situações de desabamento, derrocadas, problemas nas construções, entre outras situações.

Como consequência, temos um abandono quase total nas aldeias, um desrespeito pela natureza e pela agricultura.

É necessário a criação de incentivos para a vida nas aldeias, para a protecção da natureza, da floresta e do património.

Deveria haver mais rigor na atribuição das áreas de construção e nas áreas protegidas, pois só assim poderemos viver em harmonia uns com os outros e em harmonia com a Terra, pois ela só dá se não lhe for negada a sua regeneração, o seu equilíbrio.

No que toca à Geologia, podemos encontrar uma caracterização da zona, mas muito geral, devendo fazer-se referência aos recursos actuais e antigos, para evitar problemas relacionados com a construção de habitações em zonas de antigas explorações mineiras, que foram mal compactadas (Molelinhos), bem como a construção em zonas de antigas pedreiras de argilas, que dada a topografia que o terreno adquiriu e as características mineralógicas do solo, podem pôr em risco a construção de habitações (Naia).

A pedreira da Sra. da Esperança, embora licenciada, apresenta uma exploração desastrosa, contra todas as regras que legislam uma boa exploração, mas também tendo em vista o resultado que poderá surgir após o abandono da mesma.

Dada a dimensão desta pedreira deveriam ser tomadas algumas precauções, não só durante a fase de exploração, mas também tendo já em vista a fase de recuperação. Por um lado, para dar mais segurança aos trabalhadores e maior estabilidade dos taludes, a

exploração deveria ser por patamares, por outro lado estão-se a criar buracos de grandes dimensões que podem afectar os aquíferos, ou mesmo a qualidade da água e do ar, devido aos pós libertados para a atmosfera, sem esquecer que, após o abandono da pedreira, virão a permanecer buracos de dimensões brutais de difícil recuperação ambiental, uma vez que não está abrangida pelo Decreto-Lei 168/88 de 31 de Maio.

Esta exploração devia ser revista e ponderada, porque se estão a gerar condições favoráveis à criação de graves riscos ambientais, paisagísticos e humanos, indo contra o objectivo primário do PDM.

A exploração da pedreira envolve a realização de escavações a céu aberto, com importantes impactes ambientais:

- A nível paisagístico, pois com o aparecimento de buracos de dimensões brutais, com vertentes abruptas, sujeitas a deslizamentos, a paisagem ficou muito danificada, bem como a capela da Sra. da Esperança, que fica bastante próximo, assim como as casas da aldeia mais chegada, afectando as suas estruturas devido aos fortes rebentamentos de material explosivo, chegando mesmo a haver projecteis de pedra a atingir a aldeia.

- A nível dos aquíferos, uma vez que dada a grande profundidade da exploração a qualidade e a quantidade da água pode ficar em risco.

Há necessidade de uma constante avaliação dos riscos, monitorização, acompanhamento e controlo da exploração, de modo a evitar situações nefastas incontornáveis.

Afigura-se que na fase de abandono o impacto ambiental será ainda mais desastroso e degradante se não ocorrer de forma correcta, necessitando para isso de um projecto de recuperação e reabilitação para a área.

Consciente de que a relação ambiente/desenvolvimento assume um papel fundamental na nossa sociedade e no seu desenvolvimento, torna-se necessário gerir e preservar os recursos naturais e racionalizar o seu uso, encontrando um ponto de equilíbrio que satisfaça a parte económica sem pôr em risco a qualidade ambiental do meio envolvente à exploração. Para isso, devem implementar-se estratégias que minimizem os seus impactes negativos, como a redução das poeiras, redução da intensidade dos

explosivos, exploração em patamares, bem como um plano de recuperação ambiental após o seu encerramento.

Parece ainda importante a realização de um estudo geológico mais rigoroso, de forma a elaborar uma carta geológica de pormenor do concelho, para desta forma se ter uma visão mais concreta do que temos e assim fazer um melhor ordenamento do território, um melhor planeamento, contribuindo para melhorar a sua preservação ambiental.

A soma de pequenos esforços, a mudança de comportamento e hábitos são os caminhos para se resolver os grandes problemas, seguem-se algumas sugestões:

- Fortalecer o Conselho Municipal na defesa do meio ambiente, promovendo, supervisionando e garantindo a implantação da política ambiental municipal;

- Fomentar a utilização de produtos reciclados e recicláveis nos vários sectores da administração municipal;

- Implantar mecanismos para reorientação de uma política industrial baseada no incentivo às tecnologias limpas, novas cadeias produtivas como a das recicladoras e reprocessadoras de resíduos e a realocização de actividades inadequadas ambientalmente;

- Implantar alternativas para comercialização dos produtos locais, como incremento de “Feiras e Encontros Comerciais” e fomentar novas cadeias produtivas como por exemplo, “Feiras Verdes” de produtos produzidos sem agrotóxicos, produtos artesanais, recicláveis, entre outros.

- Fiscalizar de forma enérgica o parcelamento do solo, com ênfase na zona rural, de acordo as directrizes legais já existentes;

- Utilizar no asfaltamento da rede viária materiais mais permeáveis, já existentes no mercado, evitando a total impermeabilização das áreas.

- Elaborar um plano de arborização urbana considerando o levantamento de todo o sistema actual e definição de novas directrizes para substituição das espécies inadequadas;

- Incrementar as Áreas Verdes, com incentivo a concessão dessas áreas ao sector privado e a comunidade local, para sua implantação e conservação, reduzindo o ónus do poder público;
- Implantar um Parque Ecológico, com instalação de áreas verdes, desportivas e de lazer;
- Incrementar o Viveiro Municipal com a produção de mudas de arborização urbana, visando atingir o índice de 100% no arruamento, e mudas para a recomposição de matas e reflorestação da área rural.
- Implantar um projecto para preservação e protecção das nascentes situadas no município e recomposição das matas;
- Expropriar as áreas necessárias para implantação das Estações de Tratamentos de Esgotos nas bacias drenantes na malha urbana;
- Fomentar campanhas educacionais para evitar o desperdício da água;
- Fomentar acções para reduzir os resíduos descartáveis, estimulando e articulando a comercialização dos materiais recicláveis, com incentivos aos projectos de Reciclagem e Tecnologias Limpas;
- Ampliar a colecta selectiva dos resíduos gerados nas residências, assim como, incentivar a implantação de uma Bolsa de Resíduos para os sectores comerciais e industriais;
- Incentivar práticas agrícolas conservacionistas e não poluentes, sem o uso de agrotóxicos;

#### **8.4. CONCLUSÕES**

A análise que aqui foi feita sobre o PDM do concelho visa identificar pontos de interesse que possam contribuir para um melhor ordenamento do território local e desta forma facilitar a articulação entre os vários sectores.

O ordenamento do território é uma ferramenta fundamental das políticas orientadas para o desenvolvimento sustentável e a protecção do ambiente, podendo promover a síntese entre o ambiente e a mineração.

Em resumo, o PDM do concelho carece de um estudo geológico mais pormenorizado, a fim de evitar situações problemáticas relacionadas com a distribuição de zonas habitacionais.

Contudo, não deve ser um mero documento de existência obrigatória em todas as Câmaras Municipais, deve ser um documento que caracteriza a zona em todas as vertentes, e que deve servir de ajuda na concretização de qualquer projecto. É preciso, pois, ter em conta os seguintes aspectos:

1º deve haver rigor na sua elaboração;

2º deve estar disponível a qualquer cidadão;

3º deve haver uma avaliação/confirmação da execução das várias normas estabelecidas para os diferentes sectores, seja na secção urbanizável, industrial, agrícola, florestal, ou outra qualquer, uma vez que cada espaço é regido por artigos que definem os vários parâmetros.

A avaliação do Impacto ambiental é um instrumento preventivo fundamental da política do ambiente e do ordenamento do território, constituindo uma forma privilegiada de promover o desenvolvimento sustentável, pela gestão equilibrada dos recursos naturais, assegurando a protecção da qualidade do ambiente, e assim, contribuir para a melhoria da qualidade de vida do Homem (retirado do Decreto-lei nº 69/2000 de 3 de Maio).

## **9. ROTEIROS / GEOPERCURSOS**

### **9.1. INTRODUÇÃO**

A elaboração de geopercurtos visa apresentar e divulgar os principais aspectos do potencial geológico, do concelho de Tondela, apresentando alguns sítios de interesse geológico e geomorfológico mas também arqueológico, económico, etc.

Os roteiros ou geopercurtos, além de poderem apresentar algum interesse técnico/científico, pretendem dar alguma orientação para aulas de campo como forma de apoio às unidades didácticas, e ainda, se possível, incrementar o turismo na região.

Este capítulo surge numa perspectiva de sensibilização da população em geral, e dos jovens em particular, para o nosso património natural. A necessidade de valorizar os aspectos naturais da geologia associada a uma maior valorização do nosso património permite a elaboração dos geopercurtos que se seguem (1º Recursos Geológicos do Concelho; 2º Riscos Geológicos do Concelho e 3º A geologia dos monumentos do Concelho), cada um com objectivos e percursos próprios e bem definidos.

Os roteiros apresentados tiveram por base alguns trabalhos elaborados por Pereira, A., Neves, L. e Dias, M. (2000), no âmbito de acções de formação.

### **9.2. 1º GEOPERCURSO – “RECURSOS GEOLÓGICOS DO CONCELHO”**

#### **9.2.1. OBJECTIVOS DO ROTEIRO**

O homem sempre sonhou em criar uma máquina do tempo, por isso, ao longo do percurso que vamos fazer, vamos também viajar no tempo, tentando sempre compreender, com base no registo geológico actualmente exposto, os fenómenos que actuaram e moldaram a superfície da crosta que vamos percorrer.

Os afloramentos indicados no roteiro foram seleccionados por dois motivos:

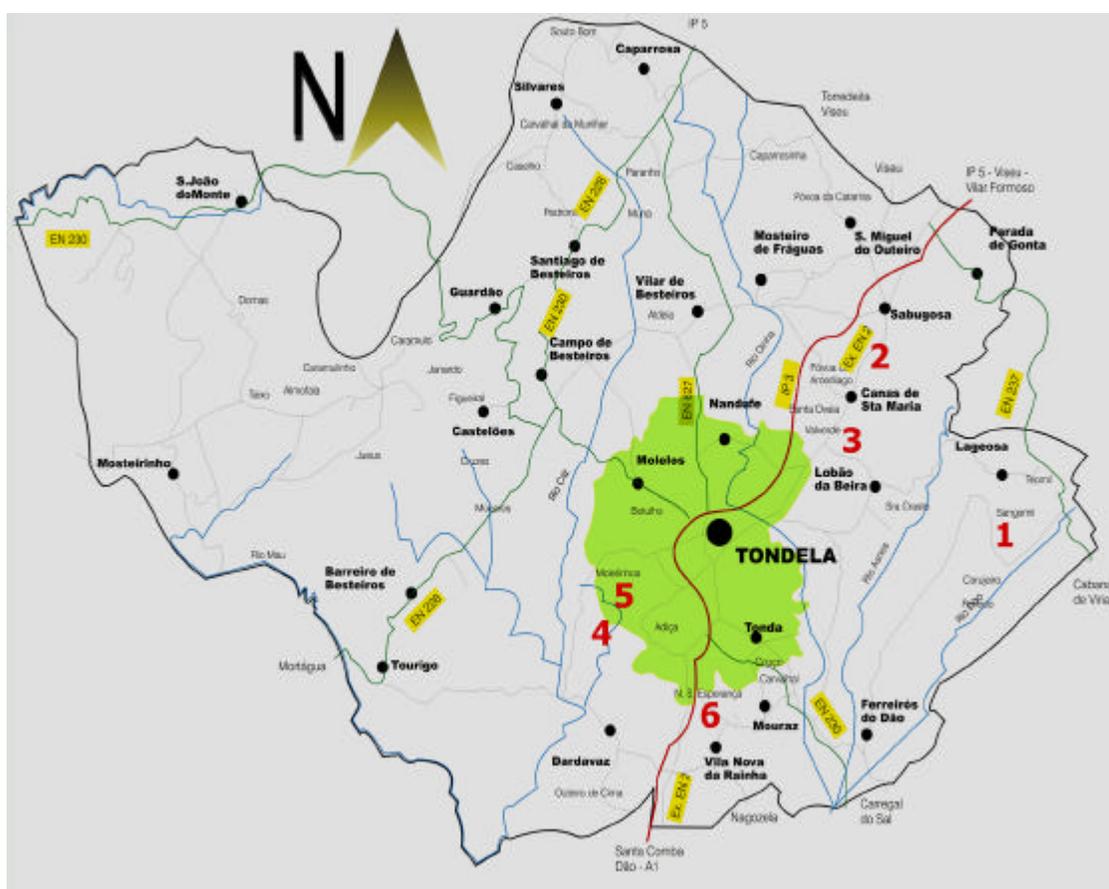
a) Apresentarem aspectos relevantes e representativos das várias unidades geológicas aflorantes presentes na região;

b) Apresentarem aspectos relacionados com questões ambientais que serão também observados durante o percurso.

### 9.2.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A zona a visitar apresenta uma grande diversidade de rochas, ígneas, metamórficas e sedimentares, tendo estas sido geradas por um conjunto de processos geodinâmicos que actuaram durante um intervalo de tempo muito significativo, desde o Pré-Câmbrio até à actualidade ( $\pm 500$  milhões de anos).

O itinerário escolhido encontra-se assinalado no esboço geológico que compõe a figura 49.



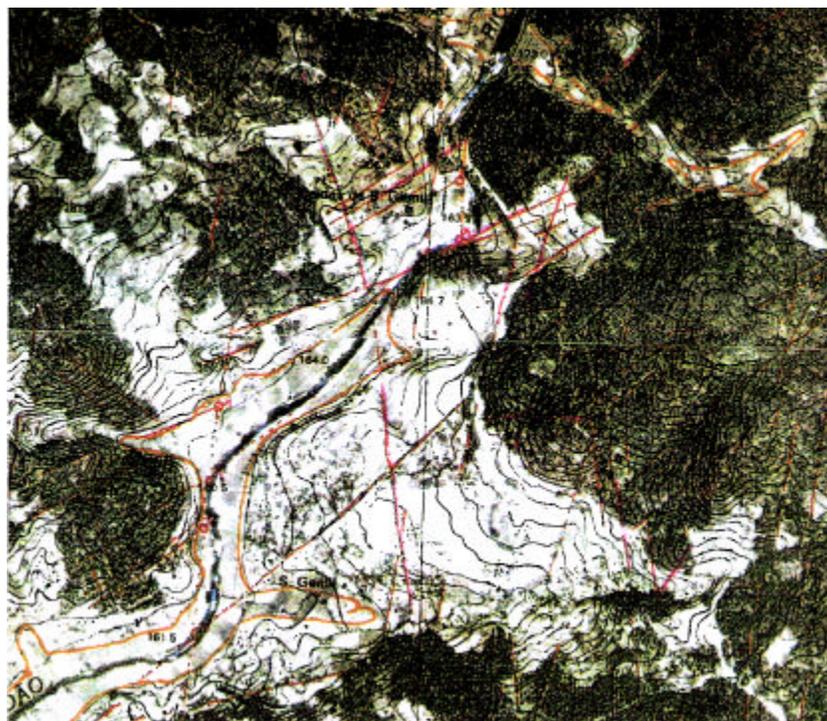
**Figura 49** – Mapa geográfico simplificado da região objecto da visita de estudo (cedido pela Câmara Municipal de Tondela).

### 9.2.3. PERCURSO

#### Estação 1 – Termas de Sangemil

Objectivos:

- Observar a geomorfologia da região localizada próxima do rio Dão;
- Apresentar explicação para a origem destas águas termais e sua distinção das águas não termais;
- Formular hipóteses para justificar a morfologia onde se enquadram as termas;
- Observar o enquadramento estrutural das Caldas de Sangemil;
- Analisar as águas como recurso;
- Ponderar os problemas ambientais associados à exploração das termas;
- Tentar encontrar soluções para resolver alguns dos problemas levantados.



**Figura 50** – Enquadramento estrutural das Caldas de Sangemil. (Dias, 2000).

As Caldas de Sangemil integram-se na Província hidromineral que se correlaciona com os terrenos alóctones da zona centro-ibérica, do lado norte da Cordilheira Central

(Portugal Ferreira, 1984). As emergências termais de Sangemil ocorrem dentro do Plutão de Nelas-Tondela, que é constituído por granitos monzoníticos porfiróides, cuja implantação foi pós-orogénica. Pode-se estabelecer uma relação espacial entre o distrito uranífero da Urgeiriça e o distrito hidrotermal que compreende as Caldas da Felgueira, Urgeiriça, Alcafache, Sangemil, Lagares (Ervedal) e Abrunhosa.

As águas das Caldas de Sangemil podem enquadrar-se na classe silicatada, sulfidatada, fluoretada, bicarbonatada sódica, em cuja génese estão a hidrólise dos silicatos constituintes dos granitos e as posteriores reacções com a fácies argilo-micáceas. As águas são alcalinas (pH 8,1) e mesotermiais ( $t \sim 50^\circ\text{C}$ ). A hidrólise, que se verifica a temperaturas da ordem dos  $90^\circ\text{C}$  a  $100^\circ\text{C}$  no reservatório, é induzida por águas meteóricas profundamente infiltradas devido à forte fracturação que ocorre nesta zona, constituindo elevadas áreas de recarga, bem como a circulação descendente da água e posterior retorno à superfície. À medida que a água se vai infiltrando em profundidade ao longo das fracturas e vai adquirindo novas características físicas, a água vai aquecendo, favorecendo as reacções químicas com a rocha encaixante, que é constituída fundamentalmente por material granítico.

A zona de recarga pode ser fortemente influenciada pela acção agrícola causando a sua contaminação, sendo necessário existir um controlo eficaz nesta área de recarga.

### **Estação 2 – À saída de Canas de Santa Maria, próximo de Sabugosa**

Objectivos:

- Observar as rochas xistentas englobadas em granitos e que apresentam um fundo radiométrico anómalo, com base no contador de Geiger;
- Comparar as variações líticas com a intensidade da radiação gama emitida pelos materiais;
- Detectar as possíveis relações entre o grau de alteração da rocha e a variação na intensidade da emissão de raios gama;
- Discutir os problemas ambientais associados à ocorrência de rochas ou solos com concentrações anómalas de elementos químicos;

As rochas que afloram nesta área revelam índices que são 7 a 10 vezes superiores aos valores radiométricos normais. O facto de estarmos numa zona granítica, fracturada e com zonas alteradas, cria condições favoráveis à libertação deste gás (radão). A concentração do radão neste solo é de cerca de 3800 000Bq.m<sup>-3</sup>. Para valores superiores a 50 000Bq.m<sup>-3</sup>, admite-se que podem dar origem a concentrações nas habitações superiores ao valor limite definido pelos organismos internacionais, prejudicando a saúde dos seus habitantes. Como se pode inferir, esta área observada terá de se considerar como de alto risco para a saúde pública, havendo que ter cuidados especiais na ventilação dos edifícios existentes na zona, de modo a evitar a acumulação do radão.

### **Estação 3 – Exploração de Areias e Argilas na Naia**

Objectivos:

- Observar os depósitos sedimentares terciários;
- Analisar a geomorfologia da região;
- Relacionar a génese dos depósitos com a sua formação;
- Caracterizar os depósitos sedimentares terciários;
- Avaliar as argilas e areias como recurso;
- Analisar os problemas ambientais associados à exploração deste tipo de exploração.

A área onde se engloba este depósito enquadra-se no depósito arcósico-argilosos de idade cenozóica (Ferreira, 1978), ocorrendo essencialmente sobre rocha graníticas (Granito de Tondela).

Este depósito apresenta um enchimento sedimentar que não ultrapassa os 10 metros de espessura (Antunes e Broin, 1977), tendo resultado de processos de meteorização e erosão das rochas metamórficas e ígneas que, por acção dos agentes de transporte e sedimentação, se acumularam nas zonas mais baixas, criando uma sequência de depósitos areno-argilosos superficialmente, e argilosos em maior profundidade, com cores que variam entre o cinzento e o verde-claro.

Estas zonas deprimidas, formadas em resultado da movimentação vertical de blocos ao longo de falhas que terão ocorrido durante o processo de formação das serras do Caramulo e da Estrela, podem-se ainda associar ao curso de ribeiras, resultando a

acumulação de materiais detríticos e decorrendo daí, posteriormente, a exploração de areias e argilas para fins industriais.

A idade do depósito não é muito fácil de estabelecer face à inexistência de fósseis no seu interior. Contudo, noutras regiões do maciço, em depósitos similares, têm sido encontrados alguns fósseis que permitem datar esses depósitos como cenozóicos, sendo provável que este se tenha formado pela mesma altura.

O abandono desta exploração pode gerar alguns problemas ambientais, como é o caso de instabilização de taludes em algumas zonas, acumulação de águas de escorrência criando lagos que podem trazer alguns prejuízos para a saúde da população vizinha.

Também esta área poderia ser aproveitada como forma de enriquecer o concelho, utilizando estas zonas impermeabilizadas e abandonadas para fins lúdicos, como por exemplo criar lagos que pudessem ser aproveitados para zonas recreativas ou zonas de pesca.

#### **Estação 4 – Exploração do Filão Granítico de Várzea-Molelinhos-Salgueiral**

Objectivos:

- Observar a geomorfologia da região;
- Analisar as rochas que ocorrem na área (complexo xisto-grauváquico, granito), bem como alguns aspectos estruturais (falhas e diáclases);
- Avaliar as rochas como recurso;
- Observar as variações estruturais, texturais e mineralógicas associadas à fracturação;
- Analisar os problemas ambientais associados à exploração da pedreira.

Com base em Matias e Pacheco (2000), Neves, Godinho e Pereira (1999b) sabemos que este filão microgranítico manifesta um quimismo, mineralogia e comportamento tecnológico que o tornam susceptível de ter um aproveitamento cerâmico como fundente feldspático, particularmente nos sectores do grés, pavimento e revestimento porcelânico.

Inicialmente, os jazigos que forneciam fundentes feldspáticos à indústria cerâmica, eram constituídos fundamentalmente por filões e soleiras pegmatíticas e aplopegmatíticas. O esgotamento precoce destas jazidas, devido à elevada expansão desta actividade industrial,

conduziu à prospecção e pesquisa de jazigos alternativos, surgindo dentro deste contexto o filão microgranítico de Molelinhos-Salgueiral, rocha hololeucocrata, de grão médio a fino, essencialmente constituída por feldspato branco, quartzo, moscovite e turmalina (mineral acessório). É notório a diferença de fácies do Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) a oeste e a este desta estrutura filoniana: a oeste dominam as fácies gresosas, enquanto a este dominam as litologias mais argilosas e com marcada foliação. No sector norte aflora uma mancha de depósitos detríticos que corta a formação xistenta e contacta a sul com o filão microgranítico (Neves, Godinho, Pereira, 1999b).

A estrutura filoneana apresenta-se fortemente tectonizada em toda a extensão de afloramento, tectonismo que se materializa por:

- a) Estratificação basal perpendicular à estrutura, com preenchimento da micro-fracturação por quartzo leitoso;
- b) Diaclasamento horizontal intenso e aberto.

A intensa fracturação a que o filão esteve sujeito propiciou fenómenos de alteração hidrotermal, marcados pela rubefacção dos feldspatos, e de meteorização, traduzidos por intensa caulinição dos mesmos.

O filão apresenta consecutivos encurvamentos, aparentemente independentes dos acidentes do relevo, que em planta lhe conferem um aspecto sinuoso, atravessando toda a área estudada, localizando-se a 3,5 Km a oeste de Tondela, ocupando uma área de 2,95 Km<sup>2</sup>, que se estende desde a população de Molelinhos até à população de Várzea do Homem. Encontra-se a preencher as fracturas das rochas metassedimentares e graníticas apresentando por vezes indícios de forte milonitização. A sua espessura varia entre 1 a 15 metros podendo em alguns pontos atingir os 50 metros.

### **Estação 5 – Exploração de Estanho e Volfrâmio em Molelinhos**

Objectivos:

- Observar a geomorfologia da região;
- Relacionar a génese dos depósitos com a sua formação;
- Avaliar os minerais como recurso;
- Ponderar os problemas ambientais associados à exploração de jazigos minerais.

Molelinhos é uma zona de cota baixa, com linhas de água mais ao menos abundantes, representando um depósito sedimentar.

Os minerais de estanho e volfrâmio constituíram durante algum tempo uma forma de obter poder económico, favorável ao desenvolvimento regional e nacional, contudo a exploração do minério deixou de ser vantajosa, uma vez que a sua concentração passou a ser inferior ao clarke. Surge então a situação de abandono das áreas em exploração, fazendo-se um aterro ligeiro, de fraca compactação, desenvolvendo-se condições de possíveis riscos ambientais, por infiltração de águas de escorrência e pelo peso das construções que aí se fizeram. Só não foi tão problemático o abandono da exploração, porque os buracos que se criaram eram de dimensões relativamente pequenas e o abatimento que posteriormente surgiu foi colmatado.

### **Estação 6 – Santuário da Sra. da Esperança**

Objectivos:

- Observar a geomorfologia da região compreendida entre as Serras do Caramulo e da Estrela;
- Formular hipóteses para justificar a morfologia onde se enquadra o Santuário;
- Observar as rochas que ocorrem na área (quartzitos, granitos, aplitos, pegmatitos, xistos e corneanas);
- Observar alguns aspectos estruturais da área (falhas e diaclases);
- Analisar as rochas como recurso – a pedreira da Sra da Esperança;
- Ponderar os problemas ambientais associados à exploração de pedreiras;
- Tentar encontrar soluções para resolver alguns dos problemas levantados.

Na área onde se encontra implantado o Santuário podemos encontrar rochas quartzíticas, de idade ordovícica, em bancadas sub verticais Pereira, A. e Neves, L. (2000). Estas rochas são muito duras e por isso tornam-se mais resistentes à erosão do que a generalidade das rochas, pelo que na área onde afloram ficam salientes na paisagem destacando-se de todas as outras.

Nalguns locais, no entanto, é possível observar que as rochas quartzíticas estão fortemente esmagadas, adquirindo o terreno uma forte coloração avermelhada, o que indica que tais zonas correspondem a falhas.

É possível verificar que os grãos que constituem o granito apresentam grandes dimensões, especialmente os feldspatos, que apresentam uma granulometria muito superior à média, atingindo, não raras vezes, dimensões centimétricas, permitindo classificar o corpo como um granito porfiróide. Para além dos feldspatos identificam-se ainda pequenos corpos aplítico-pegmatíticos onde, para além da mineralização habitual (quartzo, feldspato e moscovite), podemos também encontrar cordierite e andaluzite.

Os granitos porfiróides intruem as rochas metassedimentares criando uma auréola de metamorfismo de contacto com largura de 1 a 2 km, onde se produziram corneanas e xistos mosqueados.

Na pedreira é explorado maioritariamente o granito de Tondela, o qual é usado na produção de brita destinada à construção civil.

Como impactes ambientais associados a este tipo de explorações salientam-se:

- A descaracterização da paisagem;
- Emissão de poeiras;
- O ruído constante;
- A poluição dos recursos hídricos;
- As ondas sísmicas resultantes das explosões usadas durante o desmonte.

### **9.3. 2º GEOPERCURSO: - RISCOS GEOLÓGICOS DO CONCELHO**

#### **9.3.1. INTRODUÇÃO**

Os riscos geológicos fazem parte de um vasto leque de riscos naturais, onde se podem enquadrar todos os fenómenos gerados nesta geosfera e que podem provocar danos na comunidade humana. Os riscos naturais distinguem-se dos riscos tecnológicos, em que estes últimos resultam de falhas humanas nos sistemas implementados.

A crescente capacidade do Homem intervir no mundo natural, motiva algumas discussões sobre o conceito de risco natural, bem como no conceito de risco geológico. Se é

obvia que em certos processos geológicos não há possibilidade dos acontecimentos serem modificados por acções humanas, como no caso dos sismos, maremotos, actividade vulcânica, o mesmo já não se verifica em processos de geodinâmica externa. Intervenções humanas como a alteração do perfil de uma vertente ou a devolução ao sistema natural de águas poluídas ou ainda a alteração do nível de base local de um rio, podem induzir, respectivamente, um movimento de massas, a contaminação de recursos hídricos subterrâneos e o deficit de água a certas populações, sendo estes alguns exemplos de situações de risco potencial para as comunidades humanas.

A crescente dificuldade em criar limites entre o que é natural e o que é gerado pela acção humana mostra a urgência em clarificar o conceito de risco geológico. Assim, define-se como risco geológico “todo o processo geológico, natural ou induzido pelo Homem, que pode gerar impactes sócio-económicos nas comunidades humanas, devendo, na minimização daqueles impactes, serem usados critérios geológicos”, (adaptado de Brum Ferreira, 1993).

Desta forma deverão ser incluídos no conceito de risco geológico os processos que ocorrem na litosfera e na hidrosfera, havendo contudo a necessidade de ter em ponderação a interacção entre as diversas geosferas do planeta, esperando algumas interligações entre os processos associados a cada uma delas. Os movimentos de massa, que são um exemplo de um risco geológico, decorrem na geosfera, podendo ser desencadeados pela queda abundante de precipitação, fenómeno este que tem origem na atmosfera.

A importância dos riscos naturais nas sociedades modernas pode ser avaliada com base no seu impacto económico e por isso é nos países menos desenvolvidos que a repercussão é maior, sendo possível inferir que os impactos dos riscos naturais e por consequência dos riscos geológicos, sejam mais acentuados em sociedades menos organizadas e, em particular, em áreas urbanas em rápido crescimento.

### **9.3.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO**

Na região de Tondela ocorre um conjunto diversificado de rochas, ígneas, metamórficas e sedimentares, embora as rochas graníticas, de idade hercínica, sejam francamente dominantes. Estes granitos são, em geral, de tendência porfiróide, com os megacristais de feldspatos a atingirem, por vezes, vários centímetros de comprimento, são

biotíticos, tendo sido cartografados dois tipos diferentes: o granito de Tondela e o granito das Beiras. Este último é mais grosseiro e é assim designado por ocupar uma porção significativa na região central do território português. As restantes rochas graníticas são menos abundantes, não porfiróides, de grão mais fino e, geralmente, mais ricas em moscovite.

As rochas graníticas intruem e metamorfizam rochas metassedimentares de idade ante-ordovícica, ocorrendo algumas destas como encraves nos corpos ígneos, por vezes de dimensões apreciáveis, embora, em geral, a sua espessura seja relativamente reduzida. São estes encraves os mais abundantes no granito de Tondela. As rochas metassedimentares que se localizam na vizinhança do contacto com os granitos, ou no seu interior, foram por vezes profundamente transformadas pelo metamorfismo de contacto com formação de corneanas maciças. No lugar da Sra. da Esperança aflora uma pequena crista quartzítica de idade ordovícica, também afectada pelo metamorfismo de contacto.

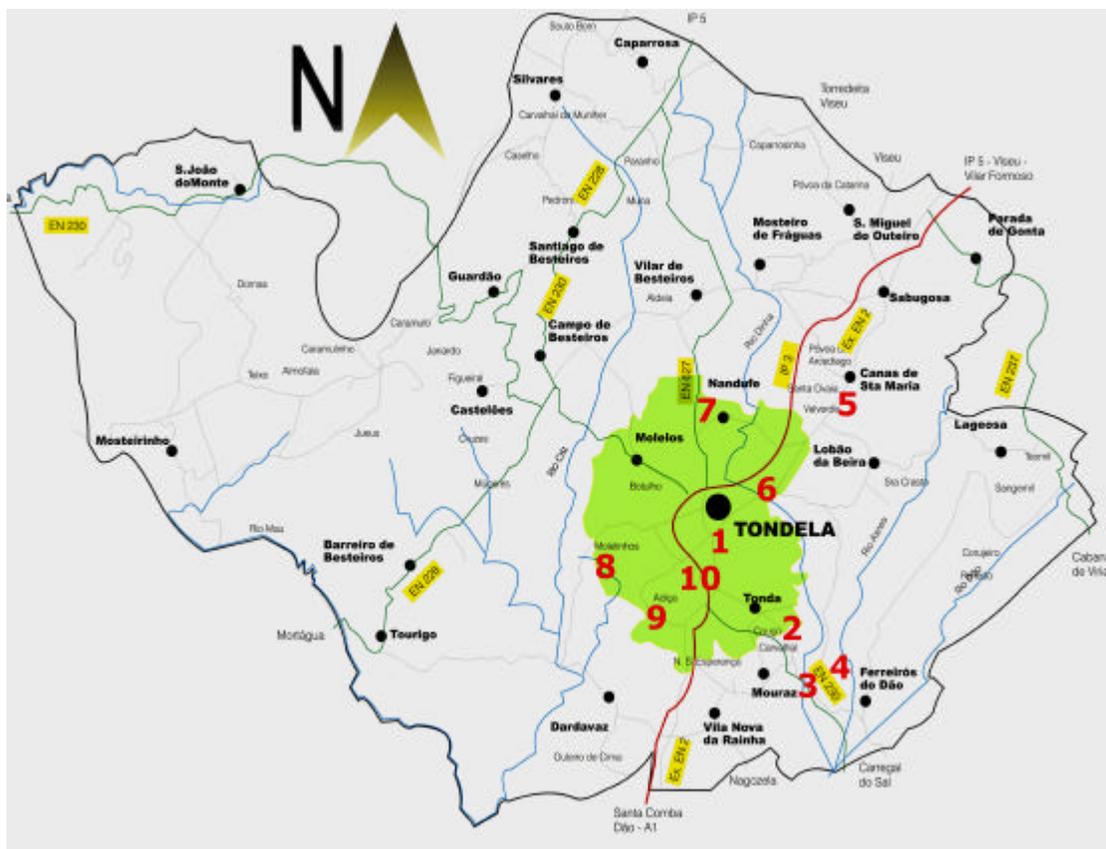
Sobre o substrato ígneo-metassedimentar assenta um depósito sedimentar, de idade Terciária, constituído por um nível superior cascalhento, uma faixa intermédia composta por alternâncias arcósico-argilosas, e uma base de composição predominantemente argilosa. Depósitos aluvionares, em geral de pequena espessura, dispersam-se pela região.

Vários sistemas de fracturação recortam as diversas litologias sendo mais frequentes os de orientação N30 – 40°E e N60 – 70°E.

### **9.3.3. OBJECTIVOS**

Sendo Portugal um país que pela sua localização geográfica, tem verificado a ocorrência de cheias frequentes, mas também, pela geologia associada a zonas de falhas, mais ou menos activas, ao longo da história tem apresentado um número bem elevado de vítimas, tanto pela actividade sísmica nos Açores como em Portugal continental, podemos concluir que não está imune aos impactes associados aos riscos geológicos.

Neste roteiro (Figura 51) vai tentar-se identificar e compreender o funcionamento de alguns processos geológicos na região de Tondela e observar alguns exemplos de disrupções no sistema geológico, de origem natural ou induzidas por acções humanas.



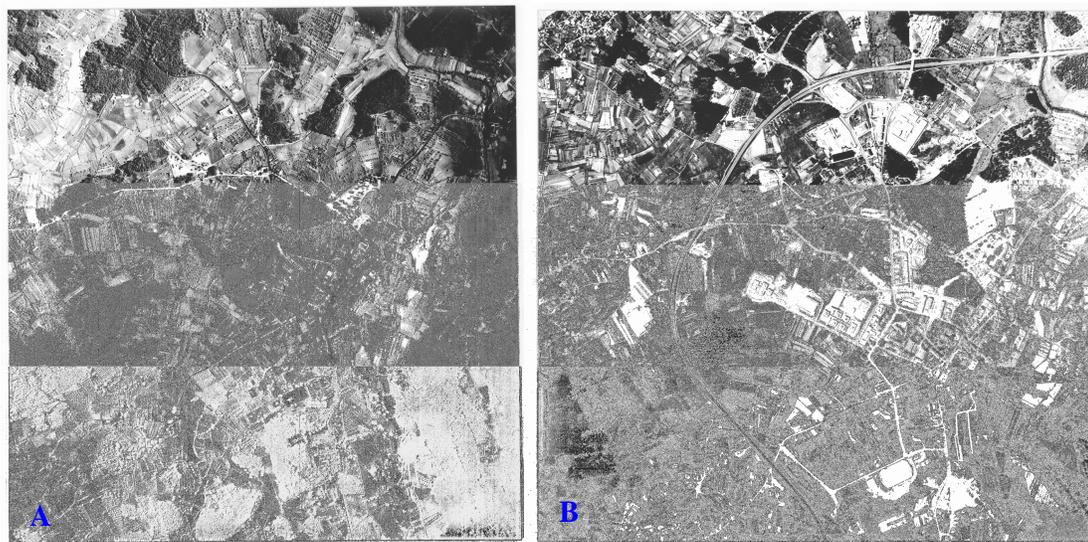
**Figura 51** – Enquadramento geográfico da região de Tondela (adaptado do mapa cedido pela Câmara Municipal de Tondela).

#### 9.3.4. PERCURSO

##### Paragem 1 – Tondela (Junto ao Hotel)

Objectivos:

- Observar a área urbana de Tondela ocupada actualmente;
- Comparar através de fotografias aéreas antigas as alterações sofridas no núcleo entre o momento a que se referem as referidas fotografias e a área actual.



**Figura 52** – Fotografias aéreas de Tondela em 1961 (A) e de 2001 (B), obtidas através do (IGP).

Tondela localiza-se num pequeno planalto, que cresceu e se desenvolveu, tal como a maioria das cidades, à volta de uma linha de água, que é o rio Dinha.

Através da análise da paisagem actual e comparando com as fotografias aéreas fornecidas, pode-se verificar que ocorreu um crescimento da cidade de forma aleatória, acelerada e um tanto desordenada, onde não há uma linha orientadora de construção e logicamente de expansão, podendo criar situações de alguns problemas, como a forte impermeabilização do terreno, dadas as construções se encontrarem muito próximas umas das outras, facilitando a ocorrência de cheias. Outro problema é o saneamento com idade avançada, sujeito a rupturas e não adaptado à densidade populacional actual. Mas associado ao urbanismo surgem ainda problemas de contaminação de solos e aquíferos, como consequência do desenvolvimento urbano e industrial, tornando-se necessário enfrentar estas questões, visto que colocam em risco a saúde Pública e Ambiental.

Este crescimento intenso e aparentemente desordenado, cria no terreno situações de intensa exposição à acção erosiva, tanto por acção das chuvas, como pelo próprio Homem.

## **Paragem 2 – Couço de Tonda**

Objectivos:

- Com base em factores geológicos, procurar justificação para a localização da povoação naquele local;
- Comparar a povoação em causa com a área urbana de Tondela no que respeita à respectiva integração no sistema natural.

Esta pequena povoação encontra-se igualmente inserida num ambiente rico em linhas de água, onde ainda é possível verificar que as construções mais antigas eram à base de materiais locais, ou seja, são casas de pedra granítica. A agricultura ainda se verifica, embora sendo uma agricultura familiar, deixando contudo uma grande parte do terreno ao abandono.

Comparando esta situação com a verificada na paragem anterior podemos concluir que esta realidade interfere menos com o meio ambiente natural, colocando-o por isso em menor risco.

## **Paragem 3 – Ponte sobre o rio Dinha; ligação Tonda - Póvoa de Rodrigo Alves**

Objectivos:

- Observar os processos de erosão, sedimentação e transferências de massa associadas;
- Analisar aspectos de erosão diferencial;
- Interpretar os solos como recurso geológico;
- Considerar os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos);
- Reflectir sobre o homem como agente de transformação da dinâmica dos sistemas biológicos;
- Inferir sobre os riscos associados à dinâmica fluvial.

Quando nos detemos próximo da ponte que atravessa o rio Dinha, podemos verificar, diferenças nítidas de cada lado das margens do rio: uma das margens apresenta rochas graníticas pouco alteradas, enquanto que do outro lado aparece material com um elevado nível de alteração. A causa dessa discrepância pode ser explicada pela presença de uma

falha sobre o leito do rio, cujo movimento pode ter causado um rebaixamento de um dos lados, enquanto que do outro se verificou uma elevação do terreno, notando-se aí uma acção erosiva mais intensa, já que se encontra mais exposto.

No leito do rio podemos verificar a deposição de material erodido e transportado do curso superior, formando terraços fluviais que podem ser aproveitados para a agricultura, como fonte de recurso, embora em épocas de cheia possam correr riscos de inundação. Podemos contudo pensar no impacto negativo que a agricultura possa causar na água do rio, numa hipótese de ocorrer uma grande exploração agrícola, com o uso desregrado de fertilizantes, herbicidas, e todos os outros produtos possíveis de uso na agricultura, que podem gerar a contaminação química das águas, devido ao lixiviado dos campos agrícolas marginais. Além disso, alguns efluentes domésticos das populações existentes ao longo dos rios podem também causar a degradação da qualidade da água. Apesar de todo o risco inerente à exploração agrícola e consequente contaminação das águas dos rios, sabemos que há regras e Leis que protegem o ambiente, podendo desta forma minimizar ou evitar riscos ambientais.

#### **Paragem 4 – À saída da Póvoa de Rodrigo Alves**

Objectivos:

- Observar falhas como forma dinâmica do interior da Terra se manifestar;
- Observar o aspecto de milonitização;
- Verificar, através do contador de Geiger, a concentração anómala de elementos químicos naturais – urânio - e os impactos negativos causados nos ecossistemas e no Homem;
- Avaliar a radioactividade natural e designadamente o risco do radão;
- Avaliar os sistemas de fracturas e as obras de engenharia – estabilidade de taludes.

Esta povoação, Póvoa de Rodrigo Alves, está localizada numa zona com teores anormais de minerais de urânio, que por consequência liberta grandes concentrações de radão.

Os aspectos favoráveis à elevada concentração deste gás são vários e podemos encontrá-los simultaneamente nesta zona, desde o facto da litologia ser predominantemente

granítica, criando condições favoráveis à gênese do material radioactivo como é o urânio, e ainda por ser uma zona com um elevado grau de fracturação, que favorece a libertação do gás.

Através da observação de uma caixa de falha, contendo material muito alterado, com cor mais acentuada e fazendo a medição radioactiva, com base nos resultados do contador de Geiger, verificamos que esta é realmente uma das zonas com concentrações anormalmente elevadas de radão, podendo criar situações de risco para o ecossistema e em particular para o Homem.

São visíveis nesta paragem zonas de talude, que muitas vezes surgem por intervenção do Homem para abertura de estradas, podem criar situações de risco se não forem tomadas as devidas precauções, desde a sua cobertura vegetal, diminuição da inclinação do talude, recorrendo a banquetas, barreiras de protecção, entre outras alternativas.

### **Paragem 5 – Exploração de areias no Tojal do Moinho**

Objectivos:

- Observar os depósitos sedimentares terciários;
- Identificar a fonte de recursos (areia e argila);
- Assinalar os impactos da exploração;
- Apontar a necessidade de integrar a preservação dos recursos geológicos no planeamento e ordenamento do território.

Estas areias e material argiloso tiveram origem no terciário, por acção das linhas de água, resultando daí os depósitos aluvionares orientados paralelamente ao vale do Mondego.

Estas formações detríticas assentam sobre o granito e são constituídas por três níveis diferentes: o nível superior é constituído por material cascalhento de dimensões variadas; imediatamente abaixo deparamos com uma alternância de finas camadas de argila e areia, seguindo-se o nível mais inferior, que assenta sobre o granito, constituído por grandes áreas de argila, alternando ainda com grandes áreas de areia.

É esta riqueza de areia e argilas que em tempos passados fez desta zona uma fonte de recursos para fins cerâmicos.

Esta exploração após o abandono, ficou bastante vulnerável, pois é uma zona com elevado grau de impermeabilização e como resultado acumula a água da chuva, podendo ser uma fonte de perigo para as pessoas, mas também a instabilidade das barreiras podem criar alguns riscos, parecendo importante colocar esta situação como local de risco no ordenamento do território, ou então reabilitar esta zona criando um lago para fins recreativos e de lazer.

### **Paragem 6 – Manutenção e reparação de veículos automóveis.**

Objectivos:

- Relacionar o impacto ambiental dos detritos produzidos com o meio envolvente;
- Ponderar processos de minimização dos impactos;

Os riscos de poluição por esta actividade estão associados à manipulação de óleos e outros lubrificantes, podendo gerar focos de poluição a nível dos recursos hídricos e do solo. Os produtos excedentes destas empresas normalmente são eliminados da forma mais simples, que é libertá-los para o solo, sem qualquer controlo, levando a que os lixiviados produzidos e não recolhidos para posterior tratamento contaminem facilmente solo e água.

A forma de evitar que esta situação ocorra é criar mais postos de recolha para reciclagem deste material e haver uma maior fiscalização a este nível, uma vez que há Leis que não autorizam este tipo de despejo.

### **Paragem 7 – Observação de uma berma ao longo da estrada**

Objectivos:

- Observar a zona envolvente à estrada;
- Analisar o impacto ambiental resultante das lixeiras;
- Ponderar processos de minimização dos impactos associados a esta situação.

Estas situações são também uma fonte de poluição que, infelizmente, ainda existe no nosso país e que, se nada for feito, continuarão a contaminar os terrenos e as águas superficiais e subterrâneas.

Este caso corresponde a lixeiras clandestinas, presentes em várias zonas, onde se coloca tudo o que não se quer ter em casa, desde o lixo doméstico, electrodomésticos, entulho, ferro, caixotes, etc. Só a acumulação dos lixos domésticos pode ser um foco de

contaminação ou um excelente meio para o desenvolvimento de insectos e roedores. Além disso, destroem a paisagem, podendo ainda contribuir para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, através da água da chuva, principalmente quando os terrenos são permeáveis, além da contaminação do solo, como resultado dos lixiviados produzidos. É importante encontrar uma solução para este problema, talvez criando uma brigada de recolha destes resíduos para serem encaminhados para o Aterro Sanitário ou para a reciclagem, reduzindo os impactes negativos desta fonte poluidora.

### **Paragem 8 – Abandono da exploração de argilas na povoação de Molelinhos**

Objectivos:

- Constatar os impactes da exploração dos recursos geológicos;
- Analisar situações de subsidência em algumas habitações;
- Demonstrar a importância da fotogeologia na detecção de antigas explorações;
- Discutir a capacidade de regeneração dos ecossistemas.

Após uma observação da zona onde anteriormente foi explorada a argila, podemos verificar uma descaracterização da paisagem, apesar do já longo tempo de abandono e um intenso povoamento da zona.

Nesta paragem, como na anterior, podemos verificar algumas semelhanças, quer no tipo de material explorado, quer no processo de formação do depósito. Contudo, podemos aperceber-nos de alguns problemas que surgiram como resultado do abandono da exploração. O facto da exploração ter sido executada através da criação de poços fundos, donde eram retirados tanto a argila como a areia e o seu abandono ter ocorrido sem que a compactação fosse muito correcta, faz com que se deva evitar a urbanização nesta zona para que não ocorram fenómenos de subsidência.

Técnicas de fotogeologia aéreas podem facilitar a localização de antigos poços de que não se tenha conhecimento actualmente, visto que o ecossistema tem a capacidade de regeneração, dificultando a sua localização. Desta forma podem-se evitar riscos desnecessários.

### **Paragem 9 – Linha de água proveniente da área industrial da Adiça**

Objectivos:

- Inferir sobre os impactes resultantes da transformação da matéria prima-resíduos;
- Observar a contaminação de águas (superficiais);
- Determinar alguns parâmetros para avaliar a qualidade da água (pH, temperatura, salinidade, condutividade e oxigénio dissolvido), recorrendo a indicadores químicos;
- Ponderar o problema da qualidade da água para rega.

A indústria utiliza uma variedade de produtos que proporcionam uma fonte de descargas de águas residuais contendo diversas substâncias perigosas que irão causar a degradação da qualidade da água ao serem-lhe introduzidas substâncias exógenas, tais como lixiviados da indústria.

Associado a uma zona industrial existe ou deveria existir sempre, pelo menos uma estação de tratamento dos resíduos sólidos industriais aí produzidos, visto que são áreas de forte probabilidade de contaminação das águas, tanto superficiais como subterrâneas.

Fazendo análises quantitativas sobre os aspectos físicos e químicos (pH, Salinidade, condutividade, temperatura) e qualitativas (cheiro, nitidez, sabor, depósito), podemos ficar a conhecer pelo menos algumas das características da água e passar a inferir sobre a sua qualidade.

Estando a água superficial poluída, cria grandes probabilidades de contaminar a agricultura, visto que muita dessa água é usada para rega, tornando-se indispensável o tratamento dessa água.

De uma maneira geral os resíduos industriais devem ser dispostos adequadamente para não contaminarem a água, solo, ar e nem emitir gases que prejudiquem a saúde humana, animais e plantas. Os resíduos industriais devem ser tratados ou reciclados de forma a evitar danos no meio ambiente.

### **Paragem 10 – Posto de abastecimento de combustível em Tondela**

Objectivos:

- Relacionar o impacto ambiental dos depósitos de combustíveis com o material envolvente;

- Ponderar processos de minimização dos impactos;

Todos os combustíveis derivados do petróleo são altamente poluentes, a nível atmosférico, a nível de solo e ainda a nível dos aquíferos, bastando uma pequena fuga do depósito, onde esteja armazenado para se espalhar no solo e água.

Existe um número elevado de depósitos de combustível enterrados no solo, antigos e sem qualquer protecção à corrosão. As fugas de hidrocarbonetos dos depósitos podem ocorrer durante anos sem que sejam detectados, pelo que é imprescindível uma monitorização que controle essas ocorrências. Devido ao seu impacto bastante negativo a nível do solo e das águas, é urgente que se faça uma pesquisa sobre estes casos de forma a acautelar a localização destes depósitos, tentando reduzir ou mesmo eliminar os efeitos nefastos sobre os solos e as águas subterrâneas.

#### **9.4. 3º GEOPERCURSO: GEOMONUMENTOS E GEOCONSERVAÇÃO**

##### **9.4.1. INTRODUÇÃO**

A região de Tondela foi desde tempos muito recuados, testemunha da presença do homem. Os vestígios mais antigos encontrados remontam ao Paleolítico e prolongam-se pelo Bronze Final e Idade do Ferro. No final da Idade do Ferro, o início de um novo ciclo começa a impôr-se com a romanização. O desenvolvimento inerente a esta acção está bem patente no elevado número de vestígios presentes.

Os geomonumentos do concelho são ainda pouco conhecidos, tornando-se urgente mostrá-los, no sentido de se conhecerem e com o propósito de os salvaguardar – geoconservação - sabendo que alguns deles se encontram em risco de se perderem.

Não basta localizá-los e catalogá-los como mais um documento histórico, é necessário revisitá-los, já que contêm uma parte importante da história do concelho e do homem.

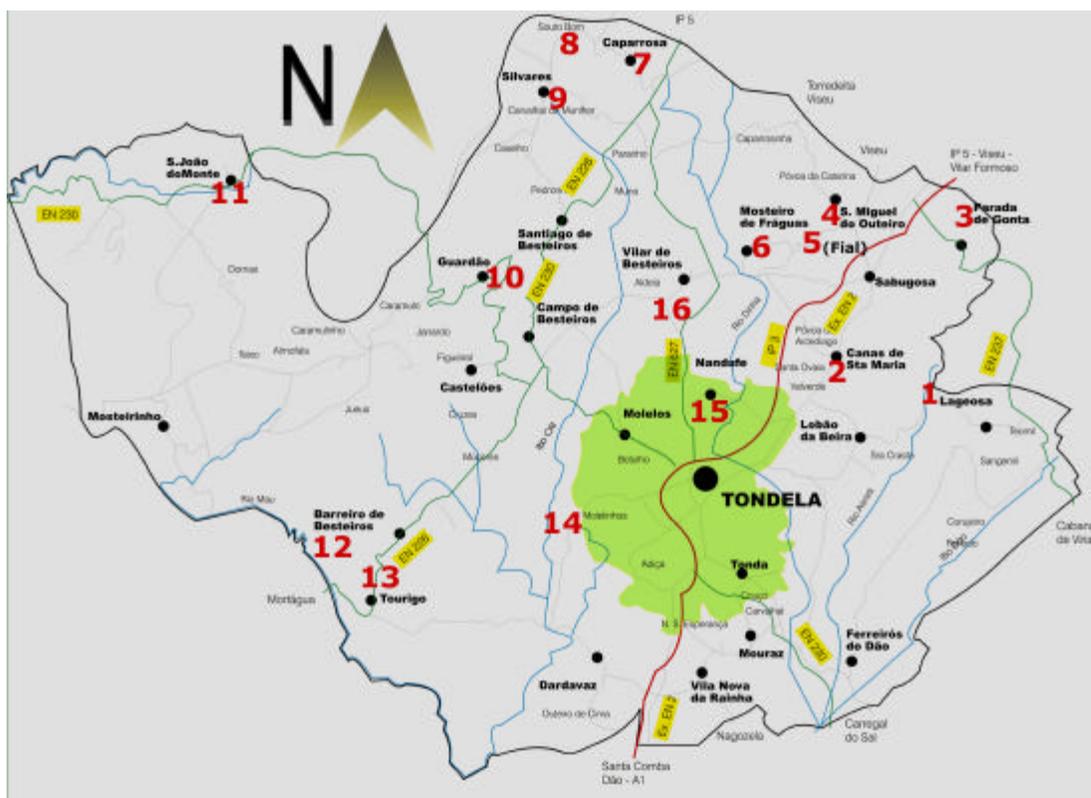
Com este geopercurso (Figura 53) pretende-se mostrar o importante património guardado nos geomonumentos e propor visitas a alguns deles.

### 9.4.2. OBJECTIVOS

Este roteiro vai decorrer em torno de alguns dos testemunhos ainda conservados, não existindo nenhum tipo de critério para os ter seleccionado, servindo apenas como forma de incremento à descoberta, aguçar a imaginação sobre os tempos passados, criar um espírito de revolta contra quem os danifica ou ignora mas, sobretudo, evitar que estes monumentos naturais sejam destruídos.

Em cada uma das paragens é importante:

- Observar o geomonumento e enquadrá-lo no resto da paisagem;
- Tentar criar respostas para a sua localização e materiais utilizados;
- Formular hipóteses para justificar a sua edificação;
- Ponderar problemas ambientais associados ao seu estado de conservação;
- Tentar encontrar soluções para resolver alguns dos problemas levantados;



**Figura 53** – Localização geográfica de geomonumentos da região (adaptado do mapa cedido pela Câmara Municipal de Tondela).

As paragens apresentadas no geopercurso estão devidamente explicadas e ilustradas no capítulo 6, devendo servir de apoio a este roteiro.

Nas diversas paragens deve observar-se:

**Paragem 1** – Anta da Arquinha da Moira em Lageosa

**Paragem 2** – Igreja Românica de Canas de Santa Maria

**Paragem 3** – Castro dos Três Rios, em Parada de Gonta

- Lagaretas

- Cruzeiro inclinado

- Penedo da Moira

**Paragem 4** – Penedo da Forca em São Miguel do Outeiro

- Penedo dos Mouros, em São Miguel do Outeiro

**Paragem 5** – Aglomerado de pedras pertencentes a um antigo Dólmen, com escritos em algumas dessas pedras, na estrada que liga São Miguel ao Fial

**Paragem 6** – Pilar Justiceiro de Mosteiro de Fráguas

**Paragem 7** – Estela Menir de Caparrosa

**Paragem 8** – Alinhamento de Moinhos de Água, em Souto Bom

**Paragem 9** – Lage das Cocas, em Silvaes

- Penedo Sobreposto em Carvalhal da Mulher

**Paragem 10** – Troço da Calçada Romana de Guardão

- Igreja Paroquial do Guardão

**Paragem 11** – Núcleo de sepulturas de Valdasna, em São João do Monte

**Paragem 12** – Arte Rupestre de Alagoa, em Barreiro de Besteiros

**Paragem 13** – Estação de Arte Rupestre da Valeira, em Tourigo

**Paragem 14** – Figuras Rupestres de Molelinhos

**Paragem 15** – Castro de Nandufe

**Paragem 16** – Lagaretas de Vilar de Besteiros

## 10. CONCLUSÕES

As principais conclusões que se podem retirar deste trabalho podem-se sintetizar nos seguintes parágrafos:

- As obras de engenharia efectuadas no concelho são relevantes. Se por um lado, a construção da barragem permite a fácil acessibilidade à água mesmo em épocas de seca, por outro lado, a construção do aterro cria condições de recolha selectiva e reciclagem dos lixos, beneficiando o ambiente.

Destas duas obras podem-se retirar aspectos positivos, mas é necessário ter presente os riscos que daí também podem advir. Por exemplo, uma má impermeabilização do solo do aterro pode criar problemas graves no solo, aquíferos e ar.

- Este concelho apresenta alguns recursos naturais, desde o estanho, volfrâmio, argila, areias, feldspato, e granito, contudo, actualmente apenas os granitos são explorados. As zonas de exploração abandonadas, apresentam algumas lacunas ambientais no processo de recuperação.

- Um recurso também aproveitado são as águas das termas de Sangemil, devendo contudo existir uma maior abertura e divulgação desta área, que pode trazer dividendos para o concelho, tendo sempre em conta a parte do impacto ambiental e controlando a sua expansão.

- Os geomonumentos são outra forma de se poder dar a conhecer o concelho e a sua história, havendo no entanto muito a fazer-se neste capítulo, dada a precariedade em que a grande maioria se encontra, os difíceis acessos e o facto da sua localização também não estar devidamente assinalada.

- Em certas zonas torna-se necessário estar atento e controlar a expansão urbana, visando reduzir a impermeabilização do terreno e desta forma evitar situações de cheias.

- Existem condições que podem despoletar problemas ambientais, sendo necessário criar recomendações de procedimentos a serem executados que visem a ocupação ordenada do solo: a localização correcta das zonas industriais, com estações de tratamento adequadas; a construção de aviários em zonas que não contaminem linhas de água; a realização de uma agricultura biológica, aplicando técnicas que não causem a destruição do

solo e dos aquíferos, através da utilização dos herbicidas, pesticidas e adubos; o controlo adequado das pedreiras, para que a parte económica esteja em equilíbrio com a parte ambiental.

- Também devemos estar alerta para as zonas sujeitas a riscos naturais, desde os fortes declives das encostas da serra, que podem gerar deslizamentos do terreno com forte erosão, às zonas com índices elevados de radão que podem criar problemas de saúde.

É também de referir a existência de algumas lacunas no PDM em vigor, na sua cartografia nomeadamente a nível da geologia.

Finalizamos o trabalho com a elaboração de três roteiros como forma de criar algum dinamismo e interesse pelo concelho.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Akerblom, G. (1994)** – Ground radon – monitoring procedures in Sweden. *Geoscientist*, vol.4, nº4, July-August, pp.21-27.
- Aires – Barros, L. (1978).** – Aproveitamentos geotérmicos. Considerações gerais. A exploração de altas e baixas entalpias no território português. *Boletim de Minas*, vol. 15 (3/4), p. 143-155.
- Antunes, M. T. & Broin, F. (1977)** – *Cheirogaster* sp. (Testudines, Fam. Testudinidae, geochelone s. I.) du Paléogene de Naia, Tondela et l'age du gisement. *Ciências da terra (UNL)*, Lisboa, 3, 179-195.
- Asher-Bolinder, S.; Owen, D. E. & Schumann, R. R. (1991)** – A preliminary evaluation of environmental factors influencing day-to-day and seasonal soil-gas radon concentrations. In Gunderson, L.C.S. & Wanty, R.B. (eds) "Field Studies of Radon in Roacks, Soils, and Water", U.S. Geological Survey Bulletin, nº1971, pp. 23-31.
- Assunção, T. C. & Martins, J. A. (1958)** – Sobre um filão de microgranito moscovítico da região de Tondela. *Rev. Fac. De Ciências de Lisboa, Ser. 2,6*, pp, 245-254.
- Barros, R. F. de (1960)** – Estudo Geológico da região de Ervedal da Beira. *Ver. Fac. Lisboa, 2ª série-c, Vol. VIII, fasc. 2º*, pp. 203-229.
- Cachão, M. & Galopim de Carvalho, A. (1991)** – Georrecursos, Cultura e Turismo. 2º Encontro Nacional de Ambiente, Turismo e Cultura. Angra do Heroísmo: pp 1-3.
- Cancela d'Abreu, A. d'Orey (1989).** – Caracterização do Sistema Biofísico com vista ao Ordenamento do Território. Dissertação de Doutoramento, pela Universidade de Évora, Évora.
- Capdevilla, R., Corretgé, G., P. Floor (1973)** – Les granitoides varisques de la Meseta Ibérique. *Bul. Soc. Geol. France, (7), XV, nº3-4*, pag. 208-224.
- Carlos Eduardo Feio Magno (2001)** – O sistema de gestão territorial e os recursos geológicos em Portugal. *Boletim de Minas, Vol.38 – nº 3*. Instituto Geológico e Mineiro. Versão Online no site do IGM ([http://www.igm.pt/edicões\\_online/boletim/vol38\\_3/artigo1.htm](http://www.igm.pt/edicões_online/boletim/vol38_3/artigo1.htm)).
- Carvalho, Amadeu Ferraz (1981)** - A Terra de Besteiros e o Actual Concelho de Tondela , Esboço Histórico e Toponímico; Edição da Câmara Municipal de Tondela.
- Cermák, V. & Hurtig, E. (1978/79).** – The preliminary heat flow map of Europe and some of its Tectonic and geophysical implications. *Pageoph. Vol. 117*, p 92-103.
- Choffat, P. (1917)** – La ligne de depression Régua – Verin et ses sources carbonatées. *Com. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, tomo XII*, p. 35-69.
- Costa, L.A.P.A. (1997)** – Distribuição do radão em materiais geológicos da região de Seia – Contribuição para o ordenamento da área urbana. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra.

- Cunha, P. M. R. R. P. (1992)** – Estratigrafia e sedimentologia dos depósitos do Cretácico superior e Terciário de Portugal central, a leste de Coimbra. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Coimbra.
- Decreto-lei nº 69/2000 de 3 de Maio.**
- Decreto-lei nº 310/2003 de 10 de Dezembro.**
- Dias, M., e Pereira, A. (2000)** – Visita de estudo a às termas de Sangemil. Acção de Formação promovida pelo Centro de Formação Tomás Ribeiro.
- Ministério da Economia (Janeiro – 2004)** – Breve Análise sobre as Estâncias Termais Portuguesas. Direcção de Serviços de Estudos e Estratégia Turísticos, Divisão de Recolha e Análise Estatística.
- Donaldson, A.W. (1969)** – The epidemiology of lung cancer among uranium miners. Health Physics, vol. 16, pp.563-569.
- Ferreira, A. De Brum (1993)** – Geomorfologia e ambiente, contributo metodológico. Estudos de Geografia Física e Ambiente, C. E. G., Linha de Acção de Geografia Física, Rel. Nº32.
- Ferreira, A. De Brum (1978)** – Planaltos e Montanhas do Norte da Beira, Estudo de Geomorfologia, (Memórias do Centro de estudos Geográficos, Nº 4) Lisboa.
- Ferreira, M. Portugal & Carvalho, J. M. & Mendonça, J. L. (1984)** – Águas minerais na zona centro ibérica – (Sector de Portugal): metogeologia, tipologia. 1º Congresso Espanhol de Geologia, tomo IV, Segóvia.
- Ferreira, M. Portugal (1984)** – Sistemas geotérmicos de baixa entalpia na região Centro de Portugal. Jornadas Europeias de Energia a nível regional. Com. Coord. Da Região Centro.
- Figueiredo, A. F. (1950)** – Águas minerais esquecidas, As Termas de Sangemil. Comunicação no II Congresso Luso – Espanhol de Hidrologia.
- Figueiredo, J.M.S. (1998)** – O radão nos materiais geológicos da área urbana de Castelo Branco. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra.
- Franko, O. & B. Vylita (1987).** – Guideline for protection of mineral and thermal waters. I. A. H. Commission on Mineral and Thermal Waters, Internal communications.
- Gan, T.H., Mason, G.C., Wise, K.N., Whittlestone, S. & Wyllie, H.A. (1986)** – Desorption of Rn-222 by moisture and heat. Health Physics, vol. 50, pp. 407-410.
- Galopim de Carvalho, A. M. (1989)** – Exomuseu de Geologia. 1º Encontro Nacional de Ambiente, Turismo e Cultura. Sintra: pp 1-4.
- Godinho, M. M. (1974)** – sobre o plutonometamorfismo da região do Guardão (Caramulo-Portugal). Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra, 78, p 37-77.

- Hidroprojecto Engenharia e Gestão, S. A. (Junho de 1998)** – Abastecimento e distribuição de água dos municípios de Carregal do Sal, Mortágua, Santa Comba Dão, Tábua e Tondela. Projecto de execução e estudo de Impacte ambiental do açude da Lavadinha e da barragem da Ribeira do Paúl. Volume I. Águas do Planalto S. A.
- Hidroprojecto Engenharia e Gestão, S. A.(Setembro de 1996)** – Estudo de Impacto Ambiental do Aterro Sanitário do Planalto Beirão;
- Kusiak, R.A., Ritchie, A.C., Muller, J. & Springer, J. (1993)** – Mortality from lung cancer in Ontario uranium miners. Br.J.Ind.Med., vol. 50, pp. 920-928.
- Lao, K.Q. (1990)** – Controlling Indoor Radon – measurement, mitigation and prevention. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Lubin, J.H., Boice, J.D.Jr., Edling, C., Hornung, R.W., Howe, G.R., Kunz, E., Kusiak, R.A., Morrison, H.I., Radford, E.P., Samet, J.M., Tirmarche, M., Woodward, A., YAO, S.Z. & Pierce, D.A. (1995)** – Lung câncer in rádón exposed miners and estimation of risk from indoor exposure, Journal of the national Cancer Institute.
- Martins, J. A. (1962)** – Contribuição para o conhecimento geológico da região do Caramulo. Memória N° 35. Presidência do Conselho Junta de Energia Nuclear, Lisboa.
- Matias, R. L. S. & Pacheco, F. A. L.(2000)** – Aproveitamento do Filão Microgranítico de Molelinhos-Salgueiral como fundente feldspático. Memórias e Notícias (Universidade de Coimbra), pag. 42- 45.
- Metters, J. (1992)** – Setting radon in context. Radiation protection Dosimetry, vol.3, nº3, pp.159-164.
- Morais, M. J. F. (Coimbra, 1990)** – Termas de Sangemil um estudo hidrogeológico. Dissertação de doutoramento, Universidade de Coimbra.
- Nery Delgado, J. F. (1905)** – Contribuições para o estudo dos terrenos Paleozóicos. I – Precâmbrico e Arcaico, II – Câmbrico. Comun. Dos Serv. Geol. de Portugal. Tomo VI.
- Neves, L. J. P. F. (1991)** – Transferências de matéria e energia na interface granitóides biotíticos porfíroides – granitóides biotítico – moscovíticos na região de Torredeita (Viseu, Portugal Central). Tese de doutoramento não publicada, Universidade de Coimbra.
- Neves, L. J. P. F., Godinho, M. M., Pereira, A. C. J. S., (1999 b)** – O filão do Borrhal-Salgueiral (Viseu) como caso de leucogranito peraluminosos, HHP e rico em fósforo. Actas II Congresso Ibérico de Geoquímica / XI Semana de Geoquímica, Lisboa, Portugal. 349-352.
- Oen Yng Soen, (1958)** – The geology, petrology and ore deposits of the Viseu region, northern Portugal. Comun. Serv. Geolo. Portu., 41.
- Oen Yng Soen, (1970)** – Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal. Boletín Geológico y mineiro, t. LXXXI – II – III, Madrid, pp. 271-298.

- Pereira, A.C.J.S., Neves, L.J.P.F. & Godinho M.M. & Dias J.M.M. (1999a)** – o gás radão em solos da região central de Portugal: Um factor a considerar para o ordenamento do território. 6ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente vol.2, pp.763-772.
- Pereira, A.C.J.S., Neves, L.J.P.F., Abrantes, L.M.C.B.L. & Godinho M.M., (1999b)** – Distribuição de U e Th em áreas radiometricamente anómalas da região de Oliveira do Hospital (Portugal Central). Actas II Congresso Ibérico de Geoquímica/XI Semana de geoquímica, Lisboa, Portugal, pp.409-411.
- Pereira, A. J. S. C. (1991)** – Transferências de calor e ascensão crustal no segmento Tondela – Oliveira do Hospital (Portugal Central) após a implantação dos granitos hercínicos sin a tardi-orogénicos. Dissertação de doutoramento, Universidade de Coimbra.
- Pereira, A. J. S. C. & Ponte, M. J. B. (1992)** – Geologia da região de Tondela – Oliveira do Hospital (Portugal Central). Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geologia Universidade de Coimbra, 114, 1-18.
- Pilar, L. & Rocha, A.(1960)** – Petrografia das rochas Metamórficas de contacto da região de Tondela, Nelas, Ervedal da Beira e Santa Comba Dão. – Ver. Da Fac. De Lisboa, 2ª série – C. Vol. VIII.
- Pilar, L. & Rocha, A. T. (1960)** – Petrografia das rochas metamórficas de contacto da região de Tondela, Nelas, Ervedal da Beira e Santa Comba Dão. Ver. Da Fac. De Ciências de Lisboa, Ser. 2, 8, p 5-50.
- Pinto, J. M. S. (1997)** – Contributo para a recuperação ambiental das pedreiras norte e sul do Cabo Mondego. Tese de Mestrado, não publicada, Universidade de Coimbra.
- Plano Director Municipal (1997)**
- Publicações da Câmara Municipal de Tondela (1994)** - Roteiro do Concelho de Tondela. pg. 24-46.
- Publicações da Câmara Municipal de Tondela (1998)** – Roteiro do Concelho de Tondela. pg. 19-30.
- Publicações do Diário de Coimbra (Março de 2004)** – Turismo na região Centro. Pg. 13.
- Salgado, A. L. V. (2000)** – O Potencial de radão na região de Tondela (Portugal central) implicações para o ordenamento do território. Dissertação de mestrado, Universidade de Coimbra.
- Salgado, L.M.; Pereira, A. ; Neves, L.; Godinho, M.(2000)**, - Distribuição de U e Th em rochas da região de Tondela (Portugal Central). Revista Memórias e Notícias. Universidade de Coimbra.
- Schumann, R. R., Gundersen, L. C. S. & Tanner, A. B. (1994)** – Geology and occurrence of radon, ASTM Manual series. 83-96.
- Soen, Oen Ing ( 1958)** – The Geology, Petrology and Ore deposits of the Viseu Region, Northern Portugal. Com. dos Serviços Geol. De Portugal, Tomo XLI.
- Sutherland, D. Sharman, G, (1996)** – Radon – in Northamptonshire? Geology Today, vol. 12, nº12 March/April 1996, 63-67.

- Swanberg, C. A. & P. Morgan (1978/79)** - The linear relation between temperatures based on the silica content of groundwater and regional heat flow: a new heat flow map of the United States. *Pageoph.*, vol. 117, p. 227-241.
- Teixeira, M. M. R. & Faisca, M. C. (1992)** – Concentrações de radão em habitações a nível nacional. III Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, vol. II, publ. Ministério do Planeamento e da Administração do Território, 522-531.
- Teixeira, C., Carvalho, L. H. B., Barros, R. F., Martins, J. A., Haas, W. E. L., Pilar, L. & Rocha, A. T. (1961)** – Notícia explicativa da folha 17/C (Santa Comba Dão). Carta Geológica de Portugal (1:50 000) – Serv. Geol. Portugal.
- Tilling, R. I. & D. Gottfried (1969)** – Distribution of thorium, uranium, and potassium in igneous rocks of the Boulder Batholith region, Montana, and its bearing on radiogenic heat production and heat flow. *Geol. Surv. Prof. Paper* 614 –E 29 p.
- Truesdell, A. H. (1976)** – Summary of section III. Geochemical techniques in exploration. *Proc. And U. N. Symp. Develop. And use of geothermal Resources*, S. Francisco, Vol. I.