



Recursos Geológicos e Hidrogeológicos do Município de Nisa

Relatório Técnico

***Acordo de Cooperação entre a Câmara Municipal de Nisa e o
Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P.
(LNEG) – Relatório Final da Fase B***

VALORNISA (FASE B)

Coordenação: José Vítor Vieira Lisboa

Recursos Minerais Não Metálicos: Afonso Catrapona, José Vítor Vieira Lisboa, Rui Sardinha

Recursos Minerais Metálicos: Daniel Soares de Oliveira

Recursos Minerais Energéticos: Maria João Batista

Recursos Hidrogeológicos: Carla Lourenço, Carla Midões

Colaboração técnica e científica: Álvaro Oliveira (Análise mineralógica e ensaios tecnológicos); Carlos Silva Lopes (Sondagens mecânicas); Eugénia Moreira (Análise química); João Gameira de Carvalho e Carlos Pinto (Prospecção sísmica), Fernando Borges (GPR).

| Índice | Página |
|--|---------------|
| 1. Introdução | 3 |
| 2. Enquadramento geográfico | 4 |
| 3. Enquadramento geológico | 5 |
| 3.1. Tectónica | 8 |
| 4. Enquadramento geomorfológico | 12 |
| 4.1 Aspectos da geomorfologia granítica | 13 |
| 5. Património geológico | 21 |
| | |
| Parte A – Recursos Minerais Não Metálicos | |
| A.1. Granitos | 25 |
| A.1.2. Metodologia | 26 |
| A.1.2.1. Estudo de fracturação | 27 |
| A.1.2.1.1 Estatística descritiva dos dados | 30 |
| A.1.2.1.2. Índice de espaçamento volumétrico | 31 |
| A.1.2.1.3. Frequência de fracturação | 32 |
| A.1.2.1.4. Penalizantes | 32 |
| A.1.3. Granitos Ornamentais | 33 |
| A.1.3.1. Granito de Alpalhão | 33 |
| A.1.3.1.1. Caracterização macroscópica | 33 |
| A.1.3.1.2. Caracterização microscópica | 37 |
| A.1.3.1.3. Fracturação | 39 |
| A.1.3.1.4. Sondagens | 44 |
| A.1.3.1.5. Aspectos distintivos das áreas de afloramento de Pinheiral, Carvalhal e Ribeira de Sôr | 53 |
| A.1.3.2. Granito de Gáfete | 54 |
| A.1.3.2.1. Caracterização macroscópica | 54 |
| A.1.3.2.2. Caracterização microscópica | 54 |
| A.1.3.2.3. Fracturação | 56 |
| A.1.3.2.4. Sondagens | 59 |
| A.1.3.2.5. Potencialidade como granito ornamental | 63 |
| A.1.4. Granitos Industriais | 64 |
| A.1.4.1. Granito de Nisa | 64 |
| A.1.4.1.1. Caracterização macroscópica | 64 |
| A.1.4.1.2. Caracterização microscópica | 65 |
| A.1.4.1.3. Fracturação | 67 |
| A.1.4.2. Agregados | 68 |
| A.1.4.2.1. Granulados | 68 |
| A.1.4.2.2. Saibros e prospecção geofísica | 69 |
| A.2. Depósitos Argilosos | 71 |
| A.2.1. Enquadramento dos depósitos | 72 |
| A.2.2. Metodologia | 74 |
| A.2.2.1. Trabalhos de campo | 74 |
| A.2.2.1.1. Amostragem | 75 |
| A.2.2.2. Trabalhos de laboratório | 75 |

| | |
|--|-----|
| A.2.3. Caracterização das matérias-primas – textura, composição, propriedades e comportamento cerâmico | 77 |
| A.2.3.1. Características texturais e composicionais | 77 |
| A.2.3.2. Caracterização tecnológica – propriedades e comportamento cerâmico | 81 |
| A.2.4. Eventuais potencialidades alternativas de argilas | 87 |
| A.2.5. Cartografia dos recursos argilosos potenciais e cortes | 89 |
| A.2.6. Estimativa de recursos argilosos | 94 |
| A.3. Pegmatitos – Poço da Lança | 97 |
| A.4. Espaços de Indústria Extractiva para recursos geológicos não metálicos | 106 |
| A.5. Conclusões | 108 |
| Bibliografia | 113 |
| | |
| Parte B – Recursos Minerais Metálicos e Energéticos | |
| B.1. Os recursos minerais metálicos no concelho de Nisa | 121 |
| B.2. Os recursos minerais energéticos no concelho de Nisa | 123 |
| | |
| Parte C – Recursos Hidrogeológicos | |
| 1. O Perímetro de protecção de uma captação de água subterrânea | 129 |
| 2. Enquadramento legislativo | 130 |
| 3. Critérios de delimitação dos perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas | 134 |
| 4. Delimitação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas do concelho de Nisa | 136 |
| 4.1. Introdução | 136 |
| 4.2. Zonas de protecção propostas | 137 |
| 4.2.1. Furo Albarrol (furo novo) | 137 |
| 4.2.1.1. Zona de Protecção Imediata (ZPI) | 137 |
| 4.2.2. Poço de S. Gens1 | 139 |
| 4.2.2.1. Zona de Protecção Imediata (ZPI) | 139 |
| 4.2.3. Nascente Galeana | 141 |
| 4.2.3.1. Considerações hidrogeológicas e estruturais | 141 |
| 4.2.3.2. Zona de Protecção Imediata (ZPI) | 146 |
| 4.2.3.3. Zona de Protecção Intermédia (ZPINT) | 147 |
| 4.2.3.4. Zona de Protecção Alargada (ZPA) | 151 |
| 5. Bibliografia | 154 |

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório corresponde aos resultados dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do “Acordo de Cooperação entre a Câmara Municipal de Nisa e o Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P.”, actual Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) e constitui o relatório final da Fase B do referido Acordo.

Depois da primeira fase de trabalhos, que tiveram como objectivo apresentar contributos para o processo de Revisão do PDM do Concelho de Nisa, relativamente aos Recursos Geológicos, com os trabalhos desenvolvidos na Fase B pretendeu-se, na continuidade dos trabalhos anteriores, cumprir os seguintes objectivos:

- Elaborar estudo de caracterização geológica, hidrogeológica e dos recursos minerais do concelho, considerando que a caracterização dos recursos hidrominerais já fora efectuada no relatório final da Fase A.
- Valorizar as ocorrências de recursos minerais e geológicos em geral, procedendo à caracterização das áreas que revelem maior potencial, apresentando, caso se aplique, as soluções mais adequadas ao seu ordenamento.

A divulgação destes resultados constitui o relatório final da Fase B que é estruturado do seguinte modo:

- Enquadramento geográfico, geológico, geomorfológico e patrimonial da área do concelho.
- Parte A – Recursos Minerais Não Metálicos, com a caracterização destes e das suas potencialidades, complementada com cartografia temática. Esta inclui a carta de áreas potenciais para a Indústria Extractiva.
- Parte B – Recursos Minerais Metálicos, com caracterização das ocorrências e localização das antigas concessões mineiras.
- Parte C – Recursos Hidrogeológicos, com a realização de estudos hidrogeológicos de pormenor centrados nas captações de abastecimento público relevantes de acordo com o D.L. nº 382/99, de 22 de Setembro. Perante os dados obtidos e de acordo com a legislação vigente foi elaborada proposta de definição de perímetros de protecção para as captações destinadas ao abastecimento público.

2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

O concelho de Nisa situa-se no distrito de Portalegre, Alto Alentejo, enquadrado pelos concelhos de Castelo de Vide a este, Crato a sul, Gavião a sudoeste e a norte, pelo concelho de Vila Velha de Ródão. Com uma área de 574,8 Km², tem como principais povoações, Nisa, Alpalhão, Tolosa e Arês, estando dividido em 10 freguesias (Fig. 1).

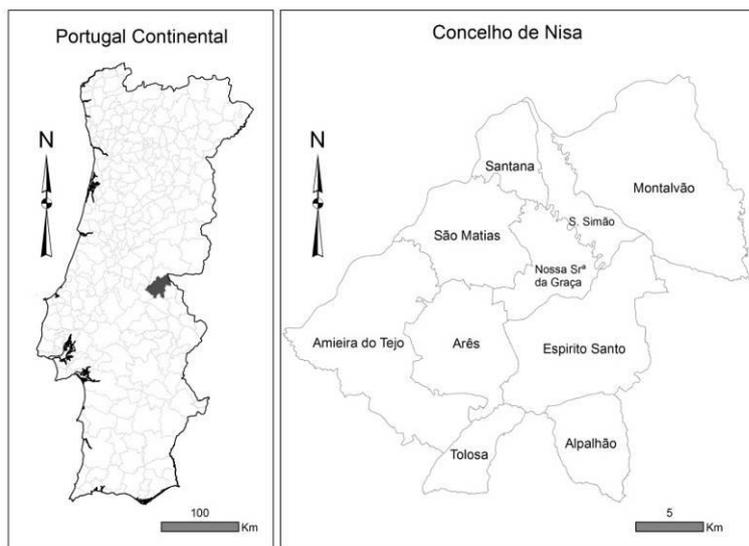


Fig. 1. Localização do concelho de Nisa e as suas freguesias

Os principais acessos rodoviários ao concelho de Nisa são constituídos pelas seguintes vias: a norte, o IP2 atravessando a Barragem do Fratel e a EN18 entre Vila Velha de Ródão e Nisa; a sul, a EN245 e EN18, com acesso a partir de Alpalhão; a oeste, no sentido Gavião-Nisa, o acesso faz-se pela EN118 que passa por Arês e segue pela N364 até Nisa. De Lisboa segue-se pela A1 direcção norte, sai-se para a A23 em direcção a Abrantes e, por fim segue-se pela IP2 direcção Portalegre.

3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O concelho de Nisa está abrangido pelas folhas 28A – Mação, 28B – Nisa, 28C – Gavião e 28D – Castelo de Vide, da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50.000. No concelho de Nisa, são duas as principais manchas geológicas representadas no mapa da região. Na metade norte do concelho, afloram essencialmente metassedimentos de idade Ediacariano a Paleozóico. Na metade Sul registam-se sobretudo rochas granitóides do denominado maciço de Nisa¹.

Ao recortarem os metassedimentos (xistos e grauvaques), os granitos originaram no contacto, ampla orla de metamorfismo, com uma faixa de corneanas, a que sucedem xistos mosqueados (Ribeiro *et al.*, 1965). No exocontacto das rochas magmáticas ocorrem “xistos mosqueados” e corneanas pelíticas e quartzo-pelíticas, por vezes calco-silicatadas, como resultado de metamorfismo de contacto (Fernandes, 1971). Constituem um corredor orientado E–W, com cerca de 1,5 km de largura, que atravessa transversalmente toda a área do concelho.

Os metassedimentos do Grupo das Beiras (GB), tradicionalmente conhecido por Complexo Xisto-Grauváquico e atribuído ao Ediacariano-Câmbrico inferior (Romão, comunicação oral), predominam a norte de Nisa. Trata-se de uma sequência do tipo “flysch” (xistos e grauvaques) de espessura quilométrica com grande expressão na Zona Centro Ibérica, que tem sido interpretada como resultado da erosão da cadeia Cadomiana (Solá, 2007).

Estão diferenciadas no GB, as unidades de Padrão-Silveira e de Barragem do Fratel (Romão, 2006). A primeira, no bordo oeste do concelho, caracteriza-se por alternância de filitos escuros e conjuntos de bancadas de metagrauvaque s microconglomerados. A Unidade de Barragem do Fratel aflora em pequena área do concelho, limitada a sul pelos granitos de Amieira do Tejo e Nisa. Caracteriza-se por uma sequência de filitos e metassiltitos negros, por vezes grafitosos, intercalados de metagrauvaques cinzentos a negros, apresentando as litologias uma geometria lenticular.

A norte, sobressai a imponente crista quartzítica do sinclinal complexo de Vila Velha de Ródão, com orientação NW-SE e que constitui uma sucessão ordovícica-silúrica assentando em discordância de alto ângulo sobre os metassedimentos do GB

¹ A macroestrutura geológica denominada de maciço granítico de Nisa, é também referida na extensa bibliografia como complexo eruptivo de Nisa - Albuquerque, batólito de Nisa. No relatório será utilizado o termo “maciço de Nisa”.

(Romão 2006; Metodiev & Romão, 2008; Metodiev *et al.*, 2009). Na base da sucessão, a Formação do Quartzito Armoricano, do Ordovícico inferior (Arenegiano), constitui os flancos do sinclinal. Sobre esta formação ocorrem xistos argilosos fossilíferos e quartzo-arenitos do Ordovícico médio. As unidades do Silúrico não ocorrem na área do concelho. Depósitos de vertente com fragmentos de quartzito rodeiam a estrutura, ocorrendo também entre as duas cristas da mesma.

As rochas graníticas que ocupam a maior parte da metade Sul do concelho fazem parte do maciço de Nisa, o qual tem sido alvo de vários estudos de índole científica, nomeadamente, no âmbito da petrologia, geoquímica, tectónica, assim como possível factor geológico gerador das mineralizações uraníferas.

Este maciço manifesta uma estrutura concêntrica. Nesta estrutura o Granito de Nisa constitui a fácies dominante, de granularidade muito grosseira, com fenocristais de feldspato e contrastando fortemente com os granitóides do núcleo, de granularidade muito mais fina, designados por Gáfete, Alpalhão (Moreira, 1994b), Quareleiros e Aldeia da Mata (Solá *et al.*, 1997; 1998a). Os dois últimos não afloram no concelho. Os granitos de Gáfete e Alpalhão são caracterizados mais pormenorizadamente no capítulo A.1.3. Os granitóides aflorantes no núcleo definem um alinhamento interno, acompanhando a forma geral do maciço (Fig. 2).

Pelas suas características, e por nele não se observar deformação, à excepção da fracturação tardi-hercínica, o Granito de Nisa enquadra-se no grupo dos granitos tardi-pós orogénicos, relativamente à 3ª fase de deformação Varisca (Ferreira *et al.*, 1987; Ribeiro *et al.*, 1995; Romão, 2006). As datações Rb/Sr e K-Ar disponíveis para este granito deram idades em torno dos 286-312 Ma (Mendes, 1967-68; Penha & Arribas, 1974; Roberts *et al.*, 1991; Menéndez, 1998; Eguíluz *et al.*, 2000). Solá (2007) obteve idades de 306 ± 3 e 309 ± 5 Ma (U/Pb zircão).

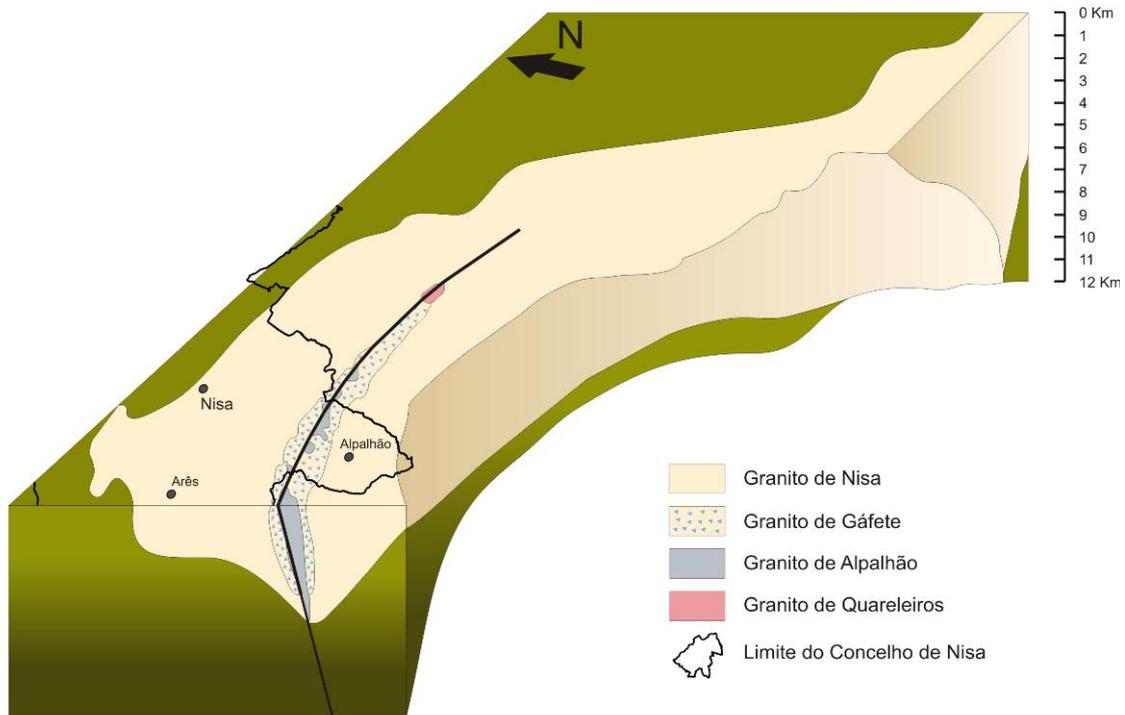


Fig. 2. Bloco diagrama esquemático interpretativo da volumetria do Maciço de Nisa e relação dos granitóides do alinhamento interno com base nos dados gravimétricos (Campos & Plata, 1990) da região de Albuquerque (Espanha) que apontam para uma profundidade do Maciço da ordem dos 12 km, naquela região). (Adaptado de Solá, 1999)

O Complexo Eruptivo de Amieira do Tejo (Ribeiro *et al.*, 1993) ou maciço de Amieira do Tejo (Romão, 2006) está representado no extremo Oeste do concelho, pelas litofácies de S. José das Matas e da Amieira do Tejo (Fig. 3). É um maciço sinorogénico relativamente à 3ª fase de deformação Varisca e portanto, mais antigo que o maciço de Nisa (Ribeiro, 1993).

Cortando tanto os metassedimentos do GB, como as fácies graníticas, ocorrem estruturas filoneanas de quartzo, de aplito-pegmatitos e de microgranitos.

Os filões de quartzo ocorrem segundo a orientação N – S, intersectando os granitos. Apresentam espessura variável, desde centimétrica a métrica, podendo atingir vários quilómetros de comprimento. Por vezes apresentam-se brechificados, tendo o quartzo sofrido intensa fracturação, com subsequente preenchimento das fendas por quartzo secundário e que são normalmente acompanhados por mineralizações uraníferas. Também a cortar os metassedimentos do GB surgem filões de quartzo. No entanto, aqui apresentam orientação predominante segundo W – E a WNW – ESE.

No que respeita às estruturas micrograníticas, elas ocorrem unicamente a cortar os metassedimentos do GB, segundo WNW – ESE. Têm espessuras reduzidas mas podem alcançar a dezena de quilómetros de comprimento. Cerca de 5 km a Norte de Nisa afloram ainda algumas pequenas massas irregulares de microgranitos.

Quanto aos aplito-pegmatitos, são raros e ocorrem sobretudo nos granitos, a Norte de Arês, aparentemente, sem orientação preferencial.

A Bacia Terciária do Tejo está representada no concelho de Nisa por alguns retalhos de formações sedimentares que assentam principalmente em metassedimentos do Grupo das Beiras, nas proximidades da margem esquerda do rio Tejo. Sobre estas rochas surgem assim, afloramentos de dimensão variável de depósitos predominantemente arcósicos, muito mais recentes, pertencentes ao Grupo da Beira Baixa (anteriormente designado por Arcoses da Beira Baixa) de idade Paleogénico a Miocénico superior (Cunha, 1996), que foi depositado por extenso sistema aluvial na Bacia do Baixo Tejo, com alimentação a partir dos granitóides de Nisa e Castelo Branco. Em posição culminante depositou-se discordantemente a Formação de Falagueira (Cunha, *op. cit.*), antes denominada por Cascalheiras de planalto (Ribeiro *et al.*, 1965; 1967), a qual é atribuída ao Pliocénico superior (Cunha *et al.*, 2009). A Formação de Falagueira integra o Grupo de Murracha (Tortoniano superior a Pliocénico superior) (Cunha, 1996; Cunha *et al.*, 2009), representando este, a resposta sedimentar às fases de soerguimento da Cordilheira Central Portuguesa. É essencialmente constituído por depósitos de leque aluvial.

Realçam-se, pela sua dimensão, os afloramentos situados imediatamente a Oeste da crista quartzítica, a Oeste de Velada, 5 km a Norte de Arês e ainda um conjunto de afloramentos de dimensão considerável no Noroeste da freguesia de Montalvão. Estes afloramentos constituem retalhos de série sedimentar que terá coberto toda a região e da qual actualmente só restam estes, devido à erosão.

3.1. Tectónica

Em termos da evolução tectonoestratigráfica a região de Nisa enquadra-se no Maciço Hespérico, mais concretamente na Zona Centro Ibérica, uma das 5 zonas geotectónicas (Lotze, 1945; Julivert *et al.*, 1974) do território português (Fig. 4). Este zonamento é o resultado da actuação dos esforços tectónicos compressivos da orogenia hercínica ou varisca, no nosso território durante a Era Paleozóica, entre o final do Devónico e o Pérmico (340 a 250 milhões de anos) (Ribeiro *et al.* 1979)

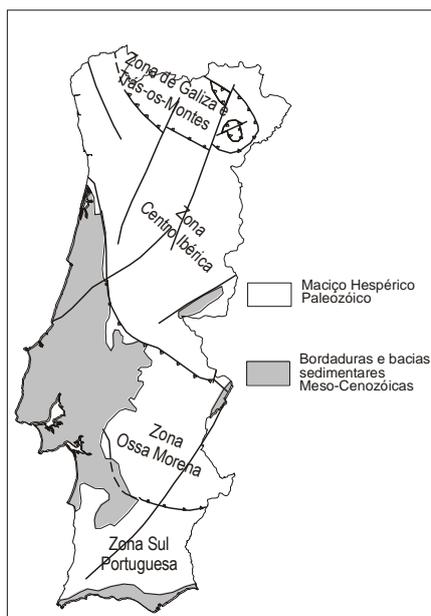
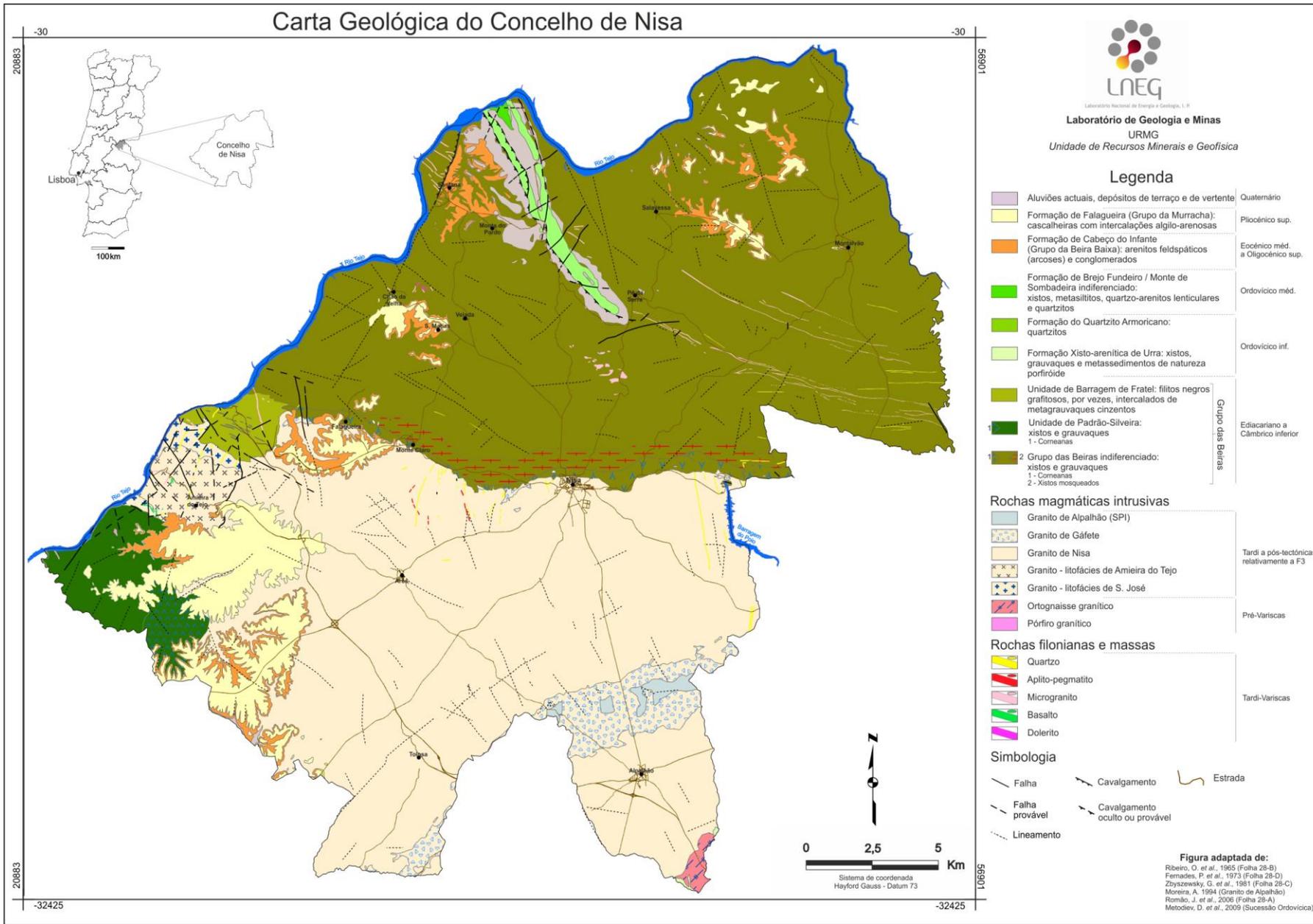


Fig. 4. Regiões tectonoestratigráficas do território continental português

Segundo Ribeiro *et al.* (1965), os movimentos hercínicos tiveram uma grande influência na consolidação da estrutura da região, embora possa ter havido acções orogénicas mais antigas. Estes movimentos são os responsáveis pelo deslocamento das formações ordovícicas, que foram dobradas juntamente com os xistos ante-ordovícicos. A faixa ordovícica mostra estrutura em sinclinal (Fig. 3), com muitas dobras secundárias e falhas. A estrutura é bastante complexa e resulta da interferência de dobras e cavalgamentos atribuíveis à primeira e principal fase da deformação Varisca (D1), os quais foram posteriormente reactivados, quer durante o período tardi-Varisco, quer aquando dos episódios de inversão Alpina (Metodiev *et al.* 2009).

Estes movimentos, não só dobraram e intensificaram o pregueamento dos terrenos sedimentares, como provocaram o esmagamento dos granitos já existentes na região, conhecidos como granitos tectonizados de Portalegre, de idade ante-hercínica (Fernandes *et al.* 1973).

Carta Geológica do Concelho de Nisa



Simultaneamente ou logo após estes movimentos ter-se-ia dado nova intrusão granítica que metamorizou tanto as litologias xisto-grauváquicas do GB como os sedimentos do paleozóico (Fernandes *et al.* 1973). As forças de deformação tardia da orogenia hercínica são situadas por Arthaud & Matte (1975) entre os 310 M.a. e os 270 M.a., sendo contemporânea da instalação do maciço de Nisa-Albuquerque. A orogenia hercínica originou nesta região, para além de importantes dobramentos (Campos & Pereira, 1991a, 1991b), vários sistemas de falhas (com orientações dominantes NE-SW, NNW-SSE, NW-SE e N-S) a afectar as rochas pré-existentes. As direcções principais de compressão máxima (σ_1), durante a fase tardia da orogenia hercínica, terão sido Norte-Sul, gerando um sistema de falhas conjugadas de direcção NNE-SSW, com movimentação esquerda e, de direcção NNW-SSE com movimentação direita (Ribeiro *et al.*, 1979). Esta fase tardia, possui um carácter menos penetrativo que as outras fases de deformação hercínica, tendo actuado a níveis crustais superiores, em regime dúctil-frágil a frágil (Ribeiro *et al.*, *op. cit.*). Esta região também foi afectada pelos *movimentos alpinos*. Estes movimentos provocaram um rejogo de falhas e fracturas hercínicas, o que facilitou o preenchimento silicioso de grande parte delas (Fernandes *et al.* 1973). A reactivação durante o Cenozóico atingiu provavelmente, o auge do contexto compressivo, a meados do Tortoniano (a cerca dos 9,5 Ma; finais do Miocénico) levando a que falhas com direcção NE-SW a ENE-WSW começassem a rejogar como falhas inversas com cavalgamento para sul e que falhas NNE-SSW funcionassem como desligamentos esquerdos, com significativa movimentação vertical (Cunha, 2005).

4. ENQUADRAMENTO GEOMORFOLÓGICO

A geomorfologia da área que abrange o município de Nisa tem sido objecto de vasto número de trabalhos desde meados do século XX, devido ao importante património geomorfológico e geológico existente, em particular as cristas quartzíticas das Portas de Ródão (Ribeiro, 1943a, 1943b, 1949), a norte. Pela sua relação mais concreta com a totalidade da área em estudo, mencionam-se os trabalhos de Ribeiro *et al.* (1987), Feio & Martins (1993) e mais recentemente Cunha & Martins (2005), estando envolvidos estes autores, em número significativo de trabalhos desenvolvidos no âmbito da geomorfologia e património geomorfológico abrangendo, especialmente, a parte norte do concelho (Cunha, 1999; Cunha, 2000, Cunha & Martins, 2000, 2001, 2002a, 2004, 2005; Martins & Cunha, 2002; Cunha *et al.*, 2004, 2005a, 2005b).

Assim, sobre esta matéria, depois de uma caracterização genérica, faz-se uma abordagem à geomorfologia e património geomorfológico granítico, na parte sul do Município.

O domínio geomorfológico principal, que constitui o traço dominante do relevo corresponde à plataforma do Alto Alentejo (Ribeiro, 1949; Ribeiro *et al.* 1987), também designada por peneplanície do Alto Alentejo ou Superfície de Nisa. Esta superfície está bem conservada na zona granítica, em especial na área de Nisa, onde se desenvolve aos 300-310m e, na área de Alpalhão, a cerca de 320m de altitude. A Superfície de Nisa inclina suavemente para leste e em direcção à falha do Ponsul, que a desnivela da superfície de Castelo Branco, a norte (Cunha, 1992). A escarpa desta falha está expressa no extremo NW do concelho, bem como o controlo tectónico no traçado da rede hidrográfica.

Na parte norte do Concelho de Nisa, a área de aplanção nos xistos está transformada numa sucessão de vales e cabeços, resultantes da erosão fluvial (Feio & Martins, 1993), restituindo-se, no geral, pelos pontos altos, onde se conservam ainda alguns retalhos de depósitos de cimo regular e plano.

Na zona de afloramento dos xistos, o relevo regional é dominado pela serra de São Miguel de Nisa, uma crista quartzítica com uma direcção NW – SE. Este relevo residual de resistência atravessa parte do concelho, desde a garganta epigénica das Portas de Ródão (Ribeiro *et al.*, 1965) até à sua extremidade na proximidade de S. Simão, com altitude máxima no vértice geodésico de S. Miguel (460m), que constitui o ponto mais alto do município. A extremidade meridional termina bruscamente por um desnível de 250 m. Os depósitos de cobertura assumem expressão cartográfica

significativa na região W do município, na área da povoação de Amieira do Tejo. Apresentam geometria tabular e correspondem à superfície culminante da Bacia do Tejo, que se liga à Superfície de Nisa (Romão, 2006).

A rede hidrográfica orientada preferencialmente entre as direcções N-S, NE-SW e NW-SE faz a drenagem para o rio Tejo, que limita toda a área N – NW do concelho mostrando geralmente, um forte encaixe das linhas de água, através de vales profundos e escarpados, com formação de meandros. Estão nestas condições o rio Sever, a ribeira de S. João, a ribeira de Fivenco e a ribeira de Nisa.

4.1 Aspectos da geomorfologia granítica

Muitos factores concorrem para a génese das formas graníticas dos quais se destacam:

- as fracturas, de importância primordial como precursoras da meteorização, já que os padrões de fracturas determinam padrões de alteração e assim, a forma e dimensão das formas graníticas (Gerrard, 1988);
- a textura da rocha, sendo as formas mais importantes e variadas desenvolvidas preferencialmente em rochas com texturas grosseiras e com fenocristais;
- a composição é também importante, nomeadamente, a proporção entre quartzo e feldspato, entre diferentes tipos de feldspato, conteúdo em sílica, proporção entre potássio, sódio e cálcio (Brook 1978; Pye *et al.* 1986).

A morfologia granítica relaciona-se também com as condições climáticas, embora presentemente, se considere a estrutura, o factor principal de controlo da génese das paisagens graníticas (Goudie, 2004).

A forma granítica dominante, a peneplanície, estende-se por vasta área do Alto Alentejo. Associados a esta morfologia existem blocos e penedos, dispersos ou em massas caóticas, que são mais manifestos na região oeste mas, geralmente, não adquirindo a forma característica de caos de blocos. As formas dômicas tipo bornhardt, formas residuais e formas menores são variadas, assumindo importância significativa no modelado granítico.

A peneplanície corresponde a uma superfície erosiva de forma ondulada e relevo pouco significativo, de origem epigénica ou subaérea (Twidale & Romani, 2005). Como antes referido, observam-se as mais importantes aplanagens na área de

Alpalhão e de Nisa (Fig. 5), estando pelo contrário a superfície mais arrasada pela incisão fluvial, a oeste (Fig. 6), na zona de transição para a Bacia do Tejo.



Fig. 5. Aspecto da peneplície na estrada nacional 364, entre Arêz e o nó do IP2 (vista para NE). Em segundo plano, o contacto dos granitos com os xistos. Ao fundo a crista quartzítica e a Serra de S. Miguel



Fig. 6. Aspecto da superfície granítica arrasada pela incisão fluvial (vista para N)

As formas dômicas, tipo *bornhardt* são geralmente de dimensões discretas, emergindo na peneplanície. Assumem maior dimensão na área oeste do município e na área da barragem do Poio (Fig. 7). Uma das explicações mais amplamente aceite para a origem dos *bornhardts*, é a existência de compartimentos de rocha menos fracturados e mais resistentes que a rocha envolvente, intensamente fracturada e mais sujeita à meteorização (Campbell, 1997). Na área da barragem do Poio, sobretudo, as fracturas de escamação (*sheet fractures*), das quais resulta o perfil dômico, são mais proeminentes (Fig. 7).



Fig. 7. Bornhardt na barragem do Poio. São visíveis as fracturas de escamação

Os aglomerados de blocos e calhaus, grosseiramente dômicos, que por vezes se observam na peneplanície são designados por *nubbins* (Fig. 8) e resultam da compartimentação da rocha, abaixo das superfícies de fracturas de escamação em *bornhardts* (Campbell, 1997).



Fig. 8. Nubbin junto da ponte medieval sob a ribeira do Figueiró

Os *tors* e *castle koppies* são relativamente frequentes na área, constituindo formas dômicas acasteladas e isoladas, com lados verticalizados ou com forte inclinação, associados a sistemas de fracturas ortogonais (Fig. 9).

As formas menores são variadas e destas, sobressaem os blocos pedunculados, que assumem, por vezes, importância em termos de património geológico do município, a que se alude no ponto 5 (Património Geológico).

Os blocos pedunculados são formas típicas das paisagens graníticas, que neste município assumem características notáveis. Consistem em formas mais finas na base do que no topo, fazendo lembrar cogumelos gigantes (Fig. 10). A explicação para a sua origem é a existência de um contraste entre uma parte superficial da rocha mais seca e por isso mais estável e, uma parte subjacente em contacto permanente com a água contida no solo e rególito. A acção de meteorização devida a hidratação, hidrólise e solução, a que acresce a desintegração consequência de flutuações no nível freático, originam a formação de uma zona mais estreita ou pedunculada (Campbell & Twidale 1995). Períodos de chuvas torrenciais conduzem à erosão acelerada do solo envolvente, expondo, deste modo, o pedúnculo.

Encontram-se dispersos por toda a área do concelho em que aflora o Granito de Nisa, com particular destaque para a região de Arêz.



Fig. 9. Formas tipo *tors* e *castle koppies* junto à Ribeira de Sôr, na estrada Alpalhão - Termas

As superfícies onduladas (*flares* ou *flared slopes*) são frequentes e, geralmente também só ocorrem no Granito de Nisa. A sua origem está relacionada, como no caso dos blocos pedunculados, com o contraste entre zona seca e húmida, mas ocorrendo em grandes penedos nas massas graníticas.



Fig. 10. Exemplares de blocos pedunculados

Além destas, outras formas menores ocorrentes compreendem *gnammas* ou *pias*, alvéolos ou *tafoni*, pseudoestratificação (*pseudobedding*) e alteração com fracturas poligonais.

Morfologicamente, as primeiras são depressões circulares pouco profundas, na área estudada (Fig. 11), que se formam na intersecção de fracturas (Campbell, 1997). Os alvéolos ou tafoni desenvolvem-se na base de penedos e estruturas de escamação, como colheres invertidas que podem coalescer (Fig. 12). A sua origem estará também relacionada com meteorização intensa na zona húmida (Campbell & Twidale, 1995; Campbell, 1997). A pseudoestratificação corresponde a ocorrência de fracturas subparalelas à superfície, ou a alteração paralela aos planos de foliação (Fig. 13).

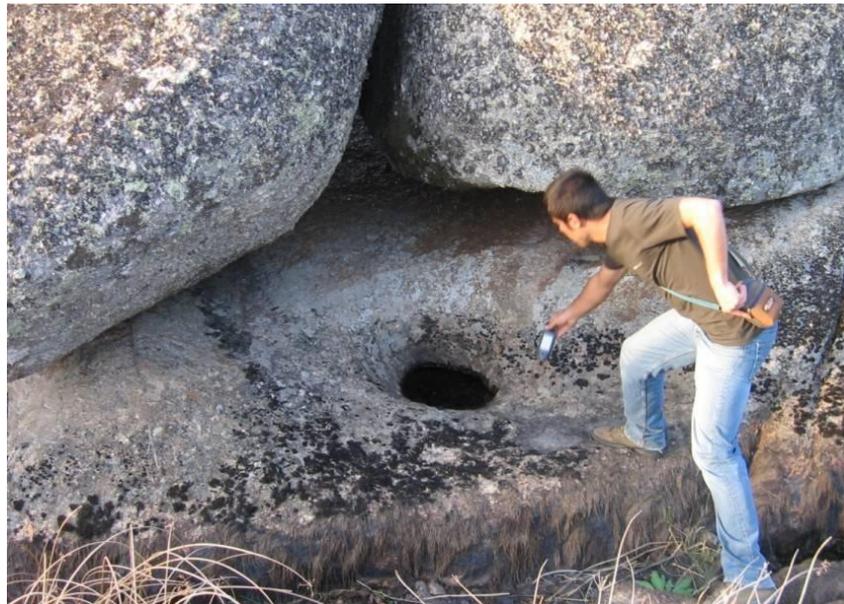


Fig. 11. Gnamma junto à ribeira do Figueiró, onde este tipo de morfologia é frequente



Fig. 12. Tafoni a norte de Nisa na estrada para Arêz. Nesta área é uma forma frequente



Fig. 13. Pseudoestratificação no granito, junto à povoação de Arês

Na sequência do exposto, na paisagem granítica do município de Nisa é também possível encontrar uma correlação entre a estrutura e características da rocha e as formas dominantes.

Verifica-se que é na peneplanície, na unidade Granito de Nisa, o mais grosseiro e com grandes fenocristais, onde ocorrem as formas com maior relevo, penedos e blocos com maior dimensão, assim como a maioria das formas referidas.

A morfologia desta litofácies contrasta com a morfologia dominante na área de afloramento do Granito de Gáfete e do Granito de Alpalhão, sem formas de relevo positivo significativas, onde ocorrem geralmente dispersos, blocos de dimensão reduzida, consequência da rede de fracturação mais apertada e, por vezes, pequenos *nubbins*. À parte os afloramentos muito mais frequentes do Granito de Gáfete, a diferenciação morfológica entre esta litofácies e a de Alpalhão é pouco evidente, embora se note na primeira, uma tendência para as formas tipo *nubbin* serem em maior número e mais significativas.

5. PATRIMÓNIO GEOLÓGICO

Os recursos patrimoniais de índole geológica e geomineira reconhecidos estão representados na Carta de Património Geomorfológico Granítico e Geomineiro no Concelho de Nisa (Anexo) e reportam-se: ao Conhal do Arneiro, à ocorrência de blocos pedunculados, devidamente enquadrados no Geoparque Naturtejo e, ainda, à existência de penedos que pelas suas características (morfológicas, estéticas ou culturais) devem ser referenciados neste tipo de património. Assinala-se também na carta como património geomineiro, a antiga mina do Poço da Lança e as ruínas de um forno para cerâmica na Amieira. Os recursos assinalados incidem sobretudo, nos aspectos relevantes da geomorfologia granítica, pois outros, como as cristas quartzíticas, estão já documentados.

O Conhal do Arneiro corresponde a vestígios de exploração mineira muito antiga, constituindo um local privilegiado, ao ar livre, para a compreensão da actividade aí desenvolvida e seu contexto geológico e histórico. Situado a SW das Portas de Ródão (Fig. 14), geologicamente localiza-se na Formação de Falagueira (níveis de cascalheiras com intercalações argilo-arenosas) sobreposta às arcoses do Grupo da Beira Baixa.



Fig. 14. Panorâmica do Conhal do Arneiro (vista para NE) com as cristas ordovícicas das Portas de Ródão

De acordo com informação disponibilizada no livro “Geopark Naturtejo da Meseta Meridional - 600 milhões de anos em imagens”, a história mineira do local remonta aos romanos quando ali chegaram no séc. I a.C. Na área das Portas do Ródão, o rio perdia uma boa parte da sua capacidade de transporte, pelo que se depararam com 6m (em altura) de sedimentos acumulados. Não demoraram muito a perceber que estas areias eram ricas em ouro, que tinha sido trazido pelas águas do Tejo. A tarefa de remoção do minério era difícil porque as finas areias enriquecidas encontravam-se misturadas com uma enorme quantidade de pedras roladas compostas por quartzitos (Fig. 15) mais resistentes mas sem interesse económico.



Fig. 15. Aspecto dos calhaus rolados de quartzito

Para a remoção das areias auríferas foram construídos canais que desviavam água da Ribeira de Nisa e conduziam-na através da Serra de S. Miguel, até um sistema de retenção. Aí, o volume de água permitia alcançar pressão suficiente para que fosse depois canalizada contra os sedimentos desmontando-os. Numa primeira fase, grupos de homens separavam as pedras roladas (de maior dimensão) à mão, dos restantes sedimentos, originando os amontoados visíveis ainda hoje na paisagem (alguns com 5 m de altura; (Fig. 14)). Daí, os sedimentos eram canalizados ao longo da exploração através de canais criados para esse efeito, que foram construídos com algumas das pedras roladas excedentes. Estes canais conduziam a água rica em sedimentos (e ouro) até uma lagoa no meio da exploração, onde os minerais eram concentrados. Nesta segunda fase os sedimentos eram bateados para a separação final do ouro. Para que não escapasse o metal precioso havia ainda um outro sistema que consistia na colocação de plantas ao longo dos canais, onde os sedimentos mais finos iam ficando presos. Regularmente estas plantas eram recolhidas e queimadas até formarem cinzas. As cinzas eram depois crivadas para

se proceder à recuperação de algum ouro que lá tivesse ficado. Os excedentes deste processo eram depois canalizados para o Tejo através de canais de evacuação de estéreis, facilmente identificados a Norte da exploração que se assemelham a pequenos muros de pedras roladas.

No local do Conhal do Arneiro calcula-se que o terreno foi totalmente terraplanado em 6 m de altura tendo depois os Romanos dado conta que haviam mais 15 m de sedimentos auríferos por baixo destes 6 metros iniciais. Este achado valeu o investimento provável de cerca de 2 séculos (I a.C. a I d.C.), para remover mais de 10 km³ de terra, tendo-se obtido cerca de 3 toneladas de ouro.

Relativamente aos blocos pedunculados, como antes referido, estes encontram-se dispersos um pouco por toda a região granítica, mas, a área onde são mais frequentes e que por isso requer um planeamento mais atento nas condicionantes relativas ao património geológico no ordenamento municipal situa-se nas proximidades do IP2, perto da ribeira de Santo António, na zona de Arêz.

Tendo em conta a sua morfologia mais singular, são aqui assinalados três exemplares ao longo do IP2, de Tolosa em direcção a NW, nos pontos com as coordenadas que se apresentam no quadro 1.

Quadro 1. Coordenadas dos Blocos Pedunculados (Hayford Gauss - Datum 73)

| | X | Y |
|---------------------|-------|--------|
| Bloco Pedunculado 1 | 31850 | -20580 |
| Bloco Pedunculado 2 | 31880 | -21064 |
| Bloco Pedunculado 3 | 34907 | -25324 |

Na área da estrada Alpalhão - Nisa perto da ponte sob a ribeira de Figueiró existem importantes afloramentos graníticos com grandes penedos, onde ocorrem também um diversificado tipo de formas menores, por vezes com aspectos mais originais. Esta área tem portanto características que devem ser consideradas no ordenamento da região (Mapa de Património Geomorfológico Granítico e Geomineiro no Concelho de Nisa, em Anexo).

Merecem neste contexto referência, o penedo existente na capela da Nossa Senhora da Redonda e o penedo conhecido na região por “focinho de porco”, pela sua singularidade e significado antropológico, constituindo património cultural do município (Fig. 16).

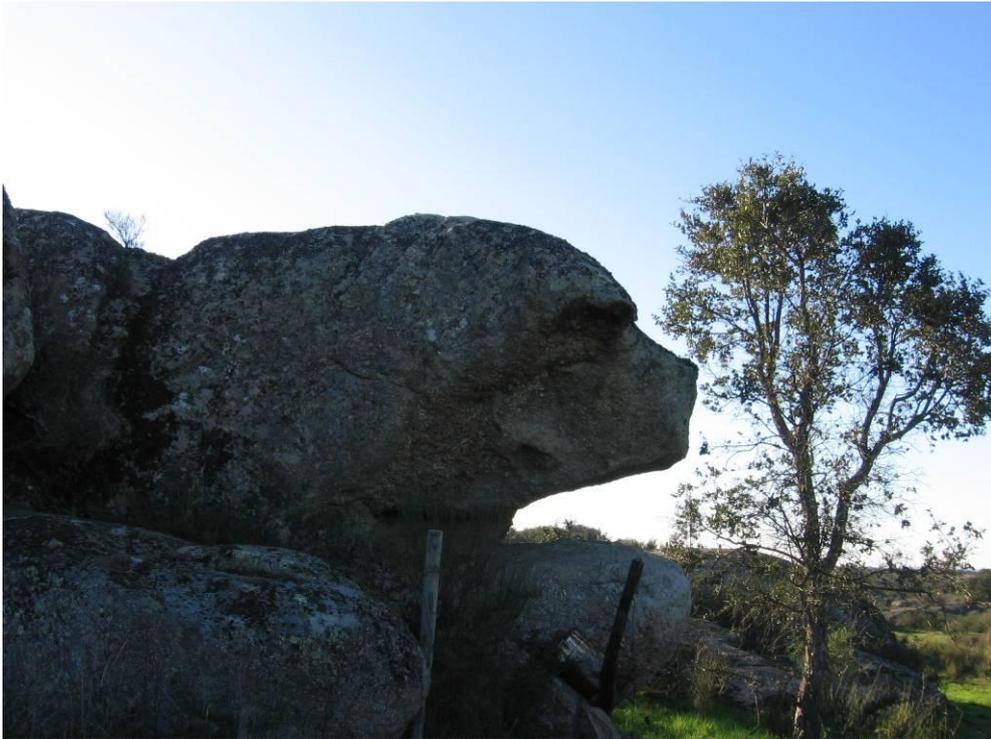


Fig. 16. Afloramento zoomórfico conhecido como “focinho de porco”

Como património geomineiro, a ocorrência pegmatítica do Poço da Lança é referida em monografias do concelho (Moura, 1982; Figueiredo, 1956), como uma “rica mina de pedras de várias cores (...) amarelas, as mais finas e valiosas, encarnadas e brancas e com raios azuis, e roxas (...)” explorada no tempo do D. Afonso V (1438-1448). Posteriormente há referências contemporâneas a D. João V (1706-1750), segundo as quais este encarregou “um dos seus mais hábeis engenheiros” para descobrir qual o motivo que teria levado os antecessores à abertura do poço e enviou para tal “quatro homens para guardar a mina de dia e de noite”. A incógnita sobre o potencial do pegmatito tem continuado até ao presente.

PARTE A. RECURSOS MINERAIS NÃO METÁLICOS

O estudo dos recursos minerais não metálicos incidiu sobre os granitos, ocorrências pegmatíticas e filoneanas relacionadas, e depósitos argilosos, visto outras litologias ocorrentes, como as fácies xistentas e as corneanas não terem potencial económico.

A.1. GRANITOS

Relativamente às litofácies graníticas presentes no concelho e suas características principais, tem-se:

O **Granito de Alpalhão** aflora sempre no interior do maciço de Nisa, envolvido pelo Granito de Gáfete, em três manchas (no concelho) descontínuas, alinhadas segundo E-W: Carvalhal, Pinheiral e Ribeira de Sôr. Superficialmente, o seu aspecto caracteriza-se por pequenos e escassos afloramentos, de forma arredondada, apresentando uma camada de alteração relativamente pouca espessa, evidenciando por vezes disjunção esferoidal. Trata-se de uma rocha, que de um modo geral, ocupa áreas aplanadas usualmente cobertas por camada de solo.

O **Granito de Gáfete** aflora a norte de Alpalhão ao longo de uma faixa orientada ENE – WSW, com largura próxima de 2,5 km, no interior da Granito de Nisa e em maior área que o Granito de Alpalhão. À superfície encontra-se sempre moderadamente alterado e fracturado. Ao longo do maciço apresenta alguma variabilidade textural e cromática, nomeadamente no contacto norte com a fácies de Nisa, onde pontualmente apresenta escassos megacristais de feldspatos (feldspatização) (Moreira, 1994a).

O **Granito de Nisa**, a litofácies com maior área aflorante no maciço de Nisa, apresenta variabilidade textural, nomeadamente a NE de Amieira do Tejo e a leste de Quareleiros (fora do concelho), onde a granulometria da matriz é menos grosseira e o carácter porfiróide menos acentuado. Essa variação textural é também acompanhada por uma variação na proporção dos minerais, aumento da moscovite e do feldspato potássico e decréscimo nas quantidades de biotite e plagioclase.

Na freguesia de Amieira do Tejo distinguem-se as **litofácies da Amieira do Tejo** e de **São José das Matas**.

A primeira corresponde a uma litofácies de grão fino a médio que contacta a W com o Granito de Nisa por falha de orientação N30°-40°E (Romão, 2006).

A litofácies de S. José das Matas contacta com esta última a NE e a SW, e distingue-se por ser de grão grosseiro, pela sua tonalidade mais clara e presença constante de megacristais de feldspato potássico. Apresenta-se no concelho em duas pequenas “línguas” orientadas NW-SE, que acabam de modo abrupto no Granito de Nisa.

A.1.2. Metodologia

O estudo compreendeu numa primeira fase, o estudo fotogeológico (fotografia aérea na escala 1:15.000 e ortofotomapas fornecidos pela CMN) do município, para reconhecimento de áreas de afloramento de granito, zonas arenizadas, lineamentos e orientações de fractura principais e diferenciação de áreas quanto à intensidade de fracturação. Para o reconhecimento geológico das litofácies graníticas ocorrentes no concelho, recorreu-se ao trabalho de Moreira (1994), que diferenciou três litofácies no Granito de Gáfete, inicialmente cartografado como homogéneo. Efectuou-se a cartografia daquelas litofácies, cujas áreas integram o concelho, à escala 1:10.000, com pequenas rectificações à anterior cartografia elaborada por aquele autor, sendo apresentada no mapa de Cartografia Geológica dos Granitos de Alpalhão, Gáfete e Actividade Extractiva na escala 1:25.000 (anexo).

As características físicas e petrográficas dos granitos condicionam o aproveitamento do granito, quer para fins ornamentais ou industriais. Para cada litofácies é efectuada a caracterização macroscópica e microscópica, salientando aspectos petrográficos considerados mais importantes, nomeadamente textura, composição mineralógica, estado de alteração e principais penalizantes da rocha para a actividade extractiva. A fracturação foi considerada um parâmetro principal para a caracterização do potencial da rocha cuja metodologia de estudo é referida seguidamente.

A.1.2.1. Estudo de fracturação

Quando se observa um maciço rochoso, por mais expedita que seja essa observação, manifesta-se logo que a homogeneidade do maciço é interrompida por descontinuidades, provocando a sua compartimentação, pelo que este factor tem enorme influência no aproveitamento das rochas. No respeitante à aptidão ornamental, a fracturação é o seu principal factor condicionante, já que à indústria extractiva interessa sobretudo obter volumes intactos de grandes dimensões. Pelo contrário, o aproveitamento para fins industriais, nomeadamente agregados, é facilitado por um estado de fracturação que rentabilize o desmonte. Por estas razões é dada maior importância a este parâmetro.

O estudo das descontinuidades, em geral, fracturas, é condicionado pela existência de locais adequados para o efeito. Devido ao reduzido número destes locais, para obter mais informação, optou-se por dois métodos de colheita de dados: levantamento sistemático da fracturação e realização de linhas de amostragem, designadas de scanlines².

O levantamento sistemático da fracturação foi efectuado maioritariamente em áreas com afloramentos dispersos e de reduzida dimensão onde não foi possível aplicar o segundo método. A este tipo de levantamento concentrado num raio inferior a 50 m deu-se o nome de estação de fracturação.

As scanlines foram realizadas nas pedreiras existentes e sobretudo nos afloramentos graníticos com dimensões e características consideradas relevantes para este fim, nas quais foram registados os seguintes elementos:

- Tipologia da fractura (diacrise, falha ou filão);
- Atitude da fractura (direcção e inclinação);
- Continuidade ou persistência da fractura (comprimento visível da fractura);
- Distância à origem da scanline (de modo a obter espaçamentos entre fracturas);
- Abertura da fractura (distância entre as duas superfícies de uma fractura);
- Preenchimento;
- Indicadores cinemáticos (movimentação em fracturas).

As scanlines quando realizadas em pedreiras, são traçadas na horizontal (Fig. 17), a cerca de 1,5m da superfície do piso, sendo preferencialmente escolhidas duas

² Representa a amostragem linear de descontinuidades num maciço rochoso. Doravante será utilizado este termo.

paredes ortogonais entre si e na qual, uma das direcções seria também perpendicular ao principal sistema de fracturas.



Fig. 17. Representação de uma frente de pedreira, onde foram medidos os vários parâmetros da fracturação

Relativamente às medições feitas em afloramentos, sempre que estes o justificavam e permitiam, eram escolhidas duas direcções ortogonais para efectuar a realização de duas scanlines perpendiculares entre si, na superfície do afloramento, utilizando para tal uma fita métrica; deste modo recolhia-se a informação das respectivas fracturas, relativamente aos parâmetros referidos anteriormente.

O espaçamento entre fracturas corresponde à distância (perpendicular aos planos das descontinuidades) entre fracturas da mesma família (Quadro 2).

Quadro 2. Classes de espaçamentos de fracturas (Garcia, 1995)

| Intervalo | Espaçamento |
|----------------|--------------------|
| 0 - 1 m | Reduzido |
| 1 - 2,5 m | Moderado |
| 2,5 - 6,25 m | Amplo |
| 6,25 - 15,62 m | Muito Amplo |
| > 15,62 m | Extremamente Amplo |

O efeito da orientação das scanlines, na estimativa do espaçamento entre diaclases subparalelas consecutivas (**L**), foi corrigido com base numa relação trigonométrica (La Pointe & Hudson, 1985), onde: $L = a \cdot \cos \theta$, em que (θ) é o ângulo entre a

scanline e a perpendicular às diaclases consecutivas, e (**a**) é o comprimento medido. Este efeito, pode assim ser corrigido, mas a dispersão de orientações das diaclases ao longo de uma mesma linha não permite o cálculo de todos os espaçamentos numa scanline.

A persistência ou comprimento das fracturas é uma medida da extensão do desenvolvimento das descontinuidades. Acarreta a noção de tamanho e controla o grau de fracturação. Trata-se de uma medida grosseira do comprimento de penetração de uma fractura num maciço rochoso (Singhal *et al*, 1999) (Quadro 3).

Quadro 3. Classes de persistência de fracturas (ISRM, 1978)

| Intervalo | Persistência |
|------------------|--------------------------|
| < 1 m | Persistência Muito Baixa |
| 1 - 3 m | Persistência Baixa |
| 3 - 10 m | Persistência Média |
| 10 - 20 m | Persistência Alta |
| > 20 m | Persistência Muito Alta |

A abertura de uma fractura é a distância perpendicular que separa os dois blocos de rocha adjacentes de uma descontinuidade aberta. No quadro 4 consta a classificação adoptada (ISRM, 1978).

Quadro 4. Classes de abertura das fracturas (ISRM, 1978)

| Abertura | Descrição |
|-----------------|---------------------|
| < 0,1 mm | Muito Apertada |
| 0,1 - 0,25 mm | Apertada |
| 0,25 - 0,5 mm | Parcialmente Aberta |
| 0,5 - 2,5 mm | Aberta |
| 2,5 - 10 mm | Moderadamente Ampla |
| > 10 mm | Ampla |
| 1 - 10 cm | Muito Ampla |
| 10 - 100 cm | Extremamente Ampla |
| > 1 m | Cavernosa |

Os dados referentes às estações correspondem a um total de 1199 fracturas, distribuídas por 49 estações, que por facilidade de representação foram reagrupadas em 27 estações (Mapa de Estações de Fracturação no Granito de Alpalhão e de

Gáfete em anexo); Na figura 18 consta a localização das 21 scanlines realizadas, a que correspondem 485 fracturas. Todas as direcções azimutais foram corrigidas para o norte geográfico tendo em conta a declinação magnética verificada no momento da recolha dos elementos.

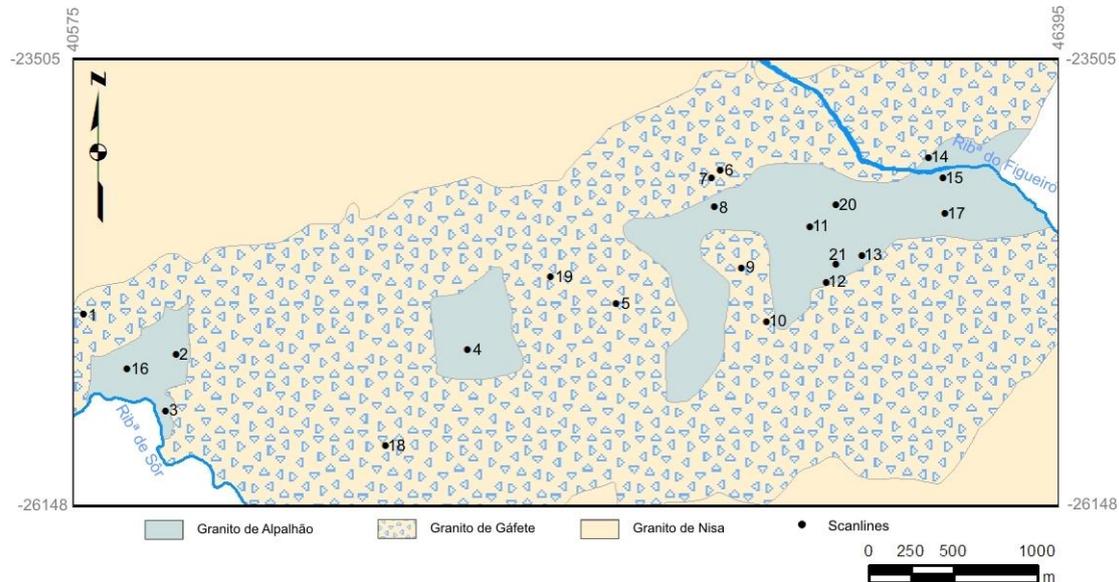


Fig. 18. Representação esquemática da localização das scanlines efectuadas

Os elementos recolhidos no terreno foram compilados, tendo sido elaborado uma base de dados a partir destes. A sua análise permitiu a caracterização de vários parâmetros da fracturação que seguidamente se apresentam.

A.1.2.1.1. Estatística descritiva dos dados

Para a análise dos dados de fracturação conjunta, convém salientar que os dados foram maioritariamente obtidos à superfície, no entanto, os padrões de diaclasamento superficiais são indicadores da sua tendência em profundidade.

A análise dos espaçamentos dos principais sistemas de fracturação nas scanlines, consistiu na verificação dos valores máximos e mínimos e o cálculo da média aritmética e mediana, esta última mais robusta do que a média e menos sensível aos dados “outliers” de cada distribuição. Para avaliar a dispersão dos dados de

espaçamentos, optou-se por calcular o desvio-padrão e, para comparar as dispersões entre várias scanlines calculou-se o coeficiente de variação amostral.

Nas estimativas dos parâmetros referidos, não foi considerada a fracturação sub-horizontal, por frequente dificuldade de obtenção deste dado (a não ser nas pedreiras mais importantes) e por, normalmente, diminuir em profundidade, não sendo, em geral, muito prejudicial para a extracção de blocos com dimensões comerciais. No entanto, sempre que exequível, a fracturação sub-horizontal foi registada e tida em conta na interpretação e definição das áreas com melhores potencialidades.

A.1.2.1.2. Índice de espaçamento volumétrico

O índice de espaçamento volumétrico (J_V) (ISRM, 1978; Palmström, 1982, 2001; García, 1995) considera o espaçamento entre fracturas e o número de sistemas/famílias presentes, atendendo ao seu grau de persistência. O principal propósito deste índice é quantificar a densidade de descontinuidades num determinado domínio.

O cálculo deste índice baseia-se no somatório do inverso dos espaçamentos médios para cada sistema/família de fracturas (Equação 1). O seu objectivo é contribuir para a avaliação das potencialidades de uma determinada área no que respeita à aptidão para produção de blocos comerciais, nomeadamente, nos casos em que a fracturação seja o principal factor limitante.

$$J_V = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \dots + \frac{1}{S_n} \quad (\text{Equação 1})$$

Os espaçamentos médios das fracturas que não se agrupam em nenhuma das famílias definidas como principais (S_n), também entram nos cálculos, mas geralmente a sua contribuição nos resultados é diminuta. Neste processo de cálculo foram excluídos os espaçamentos entre fracturas inferiores a 5 cm, que em termos industriais podem ser considerados uma mesma fractura.

Este índice, por si só, não permite uma completa e correcta avaliação do potencial ornamental de uma determinada zona, pois um valor elevado do J_V não implica sempre um fraco potencial para a indústria extractiva. Tal situação poderá verificar-

se num caso em que surjam sistemas de fracturas muito próximas (i.e. “clusters”) alternantes com espaçamentos grandes.

Quadro 5. Tamanho relativo dos blocos de rocha ornamental, em função do parâmetro J_v . Estes valores referem-se exclusivamente para rochas graníticas (Garcia, 1995)

| J_v | Tamanho do bloco | Observações |
|-------|------------------|---------------------|
| < 1,7 | Grande | Bloco comercial |
| 1,7 | Ótimo | |
| 2,2 | Aceitável | Bloco não comercial |
| > 2,2 | Não aceitável | |

A.1.2.1.3. Frequência de fracturação

A frequência média de fracturação calcula-se dividindo o número de diaclases registadas pelo comprimento total das linhas de amostragem. Pode também ser denominada de densidade linear de fracturação (d.l.f.). Este é mais um índice, que apesar da sua subjectividade, ajuda à definição de zonas com maior aptidão para extracção de rocha ornamental, porém é meramente indicativo, por não tomar em consideração a geometria das fracturas.

A.1.2.1.4. Penalizantes

Para um melhor zonamento dos locais com maior aptidão para a extracção de rochas ornamentais foi feita uma observação dos aspectos penalizantes da rocha e para a sua exploração. Nestes aspectos incluem-se:

- Encraves máficos;
- Concentrações minerais (geralmente biotite e feldspato) e bandados magmáticos *layering* e *schlieren*;
- Intrusões filoneanas (geralmente aplito-pegmatíticas);
- Fracturas fechadas (fios), frequentemente provocadas por alinhamentos mineralógicos;
- Ocorrência de *clusters* de diaclases/falhas/veios;
- Gradações de grão e heterogeneidade do tamanho dos cristais (feldspatos e menos usualmente de biotite).
- Pontuações de sulfuretos.

A.1.3. Granitos Ornamentais

Os granitos com aptidão ornamental são o Granito de Alpalhão e o Granito de Gáfete. O Granito de Nisa, também foi alvo de exploração como rocha ornamental e industrial, como atesta a antiga exploração existente nas imediações da capela da Nossa S^a. da Redonda. Apesar disso, o seu carácter grosseiro e fortemente porfiróide dificulta o talhe e o aproveitamento para fins ornamentais, pelo que esta aplicação não é considerada.

A.1.3.1. Granito de Alpalhão

A.1.3.1.1. Caracterização macroscópica

Trata-se de uma série granitóide entre o granodiorito e o monzogranito (Solá, 2007), de granularidade fina, equigranular, de cor homogénea cinzenta azulada (Fig. 19). É predominantemente biotítico, em relação à moscovite. Apresenta pequenas variações na textura da matriz granular.

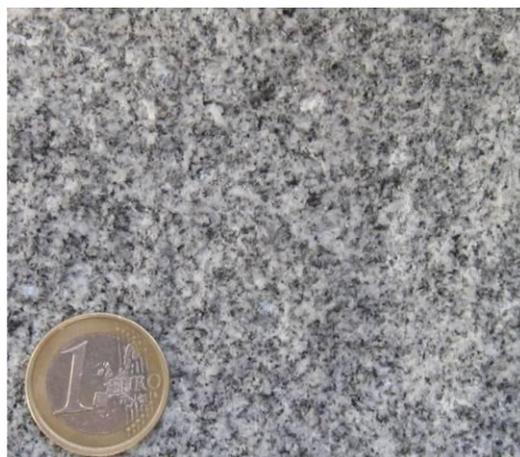


Fig. 19. Aspecto do Granito de Alpalhão

Tem elevada potencialidade para rocha ornamental, como atestam as várias explorações (activas e inactivas) presentes no concelho (ver Mapa de Cartografia Geológica dos Granitos de Alpalhão e Gáfete no Concelho de Nisa e Actividade

Extractiva em anexo), assim como dezenas de trincheiras de pesquisa que raramente ultrapassaram os níveis superficiais.

Mesmo as rochas que apresentam uma elevada homogeneidade textural, como é o caso do Granito de Alpalhão, apresentam heterogeneidades à escala dos afloramentos e de pedreiras. Estas heterogeneidades reflectem-se essencialmente na dimensão do grão, o que pode condicionar o seu aproveitamento como rocha ornamental, ou obrigar a cuidados especiais na definição de lotes de matérias-primas com características idênticas (Sousa, 2001).



Fig. 20. Exemplo de um mineral de feldspato com tamanho anómalo

É característico da textura do Granito de Alpalhão a presença de fenocristais disseminados na rocha (Fig. 20). Para caracterizar eventuais variações texturais a este nível foi efectuada uma recolha de dados sistemática, referente ao tamanho dos cristais de feldspatos, com a finalidade de identificar possíveis variações espaciais nas dimensões dos cristais. Este levantamento foi realizado em locais (Fig. 21) exequíveis para o efeito (preferencialmente em superfícies planares, sem alteração significativa).

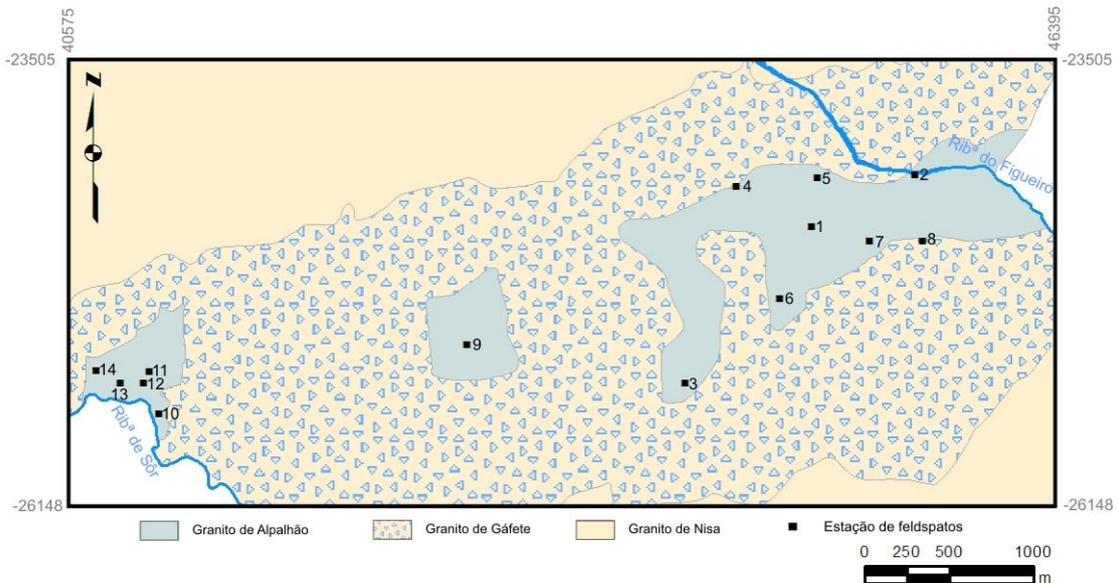


Fig. 21. Mapa de localização das estações de levantamentos de dados referentes às dimensões dos cristais de feldspatos

O procedimento adoptado para a recolha dos dados consistiu no desenho de quatro “janelas” de 20x20cm para cada uma das estações, onde posteriormente se mediam o comprimento e largura dos maiores cristais de feldspatos.

Quanto ao modo de registo destes fenocristais, depois do reconhecimento prévio da textura do Granito de Alpalhão na área da estação optou-se, de forma empírica, por assinalar os cristais de feldspato com comprimento de dimensão superior a 4mm, ou seja, aqueles cristais que à vista desarmada sobressaíssem do resto da matriz. Os dados recolhidos, foram tratados estatisticamente, de modo a contribuírem para a definição de zonas com maior homogeneidade, tanto a nível cromático como textural.

Conforme se pode verificar na figura 22, as dimensões médias dos eixos maiores e menores são relativamente semelhantes em todas as estações. Não havendo portando grandes variações. No entanto, parece existir uma ténue relação espacial associada ao tamanho dos cristais de feldspatos. Tal facto é evidente nas estações mais próximas do contacto (principalmente no contacto norte da Mancha do Carvalho) entre o Granito de Alpalhão e o de Gáfete (estações 2, 4, 5 e 8), onde foram registados cristais mais desenvolvidos.

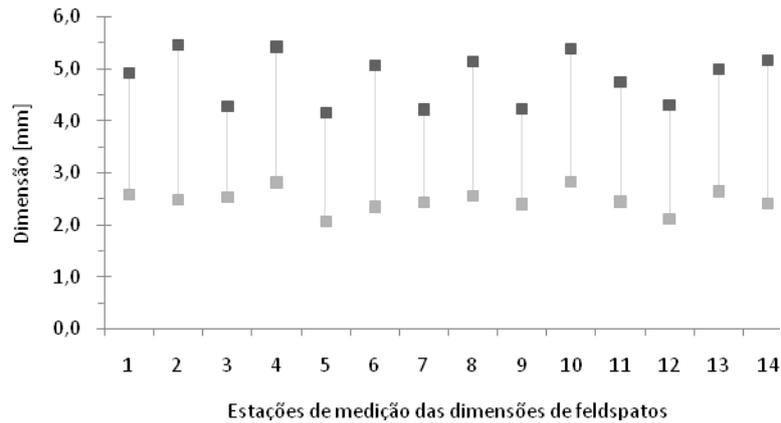


Fig. 22. Ilustração da dimensão do comprimento e da largura média dos cristais medidos nas 14 estações

Não existem grandes diferenças no número de feldspatos por unidade de área, ao longo das três manchas do Granito de Alpalhão, sendo que o número médio de cristais de feldspatos anómalos por decímetro quadrado é igual a 3,8 no conjunto total das estações, apresentando um valor mínimo de 1,4 para a estação nº 6, enquanto o valor máximo é exibido na estação 4, apresentando um valor de 6,0 (Fig. 23).

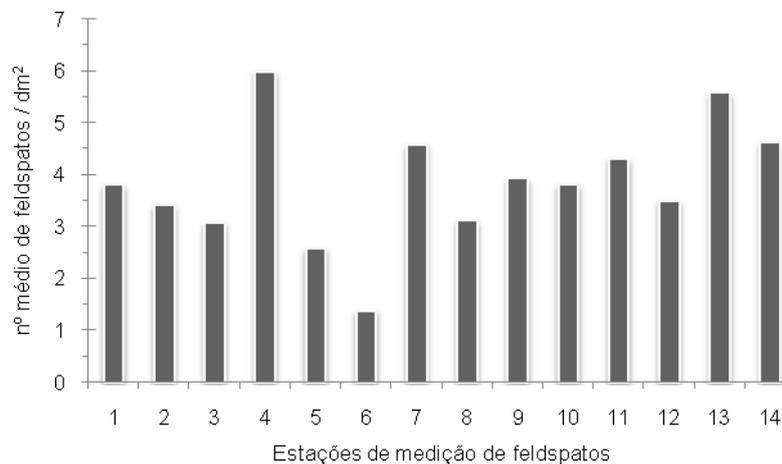


Fig. 23. Ilustra o número de cristais de feldspatos medidos por área relativamente a cada estação

A principal conclusão a retirar, é que relativamente à variável fenocristais, o Granito de Alpalhão não mostra nenhuma mancha claramente mais homogénea do que outras.

A.1.3.1.2. Caracterização microscópica

Este litótipo apresenta textura hipidiomórfica, sendo constituído por plagioclase, quartzo, feldspato potássico e, biotite dominante relativamente à moscovite. A plagioclase encontra-se fortemente zonada, e a biotite apresenta-se frequentemente cloritizada ao longo de planos de clivagem (Fig. 24). Acessoriamente contém minerais como a ilmenite e o zircão, maioritariamente inclusos nos cristais de biotite.

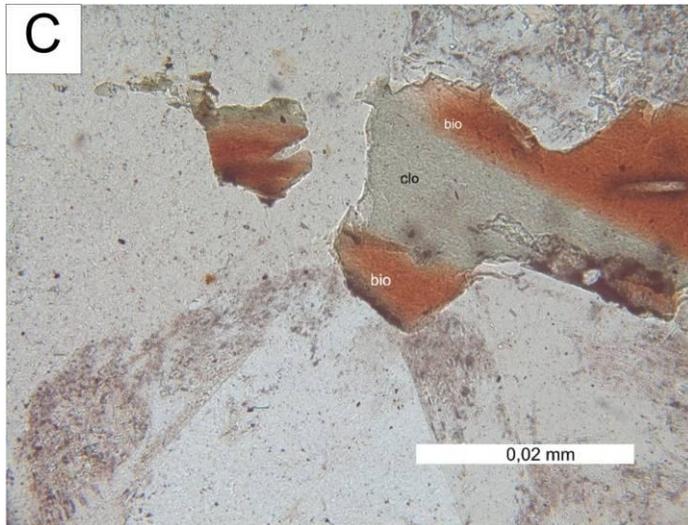
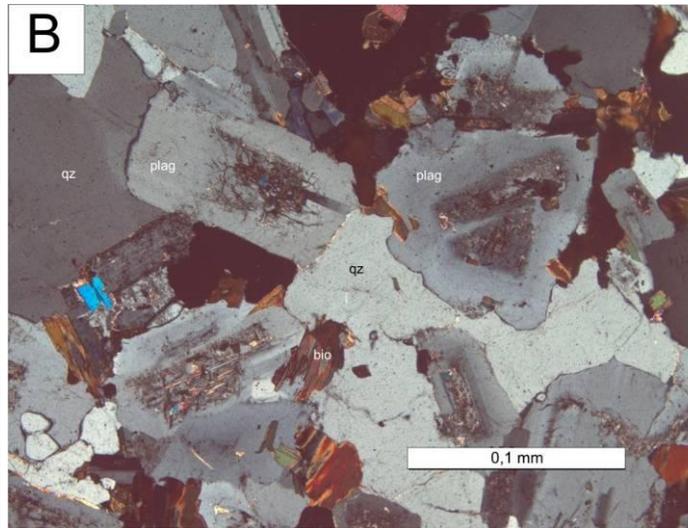
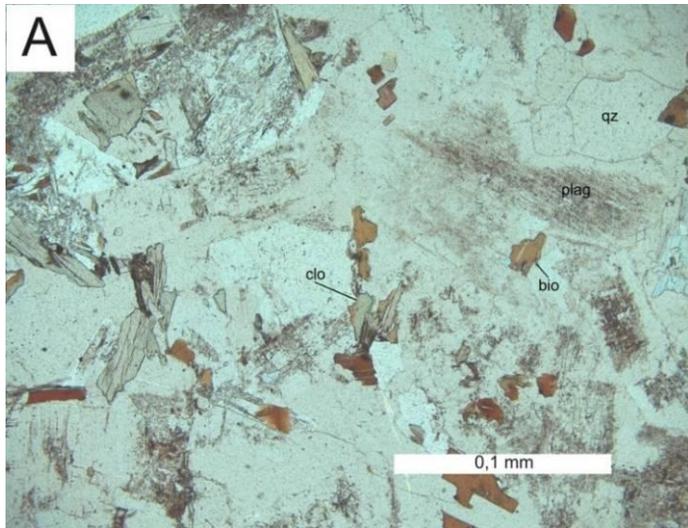


Fig. 24 Microfotografias de luz transmitida mostrando a matriz dos principais minerais constituintes assim como os seus aspectos texturais mais comuns no Granito de Alpalhão.

A: Aspecto textural do Granito de Alpalhão. (nicóis paralelos)

B: Aspecto textural do Granito de Alpalhão, evidenciando cristais de plagioclase com os núcleos corroídos. (nicóis cruzados)

C: Pormenor de um cristal de biotite evidenciando alteração para clorite. (nicóis paralelos)

D: Pormenor de inclusões de minerais opacos em cristal de biotite. (nicóis paralelos)

clo – clorite
 bio – biotite
 qz – quartzo
 plag – plagioclase

A.1.3.1.3. Fracturação

As diaclases sistemáticas, ou seja, aquelas que se agrupam em famílias (geralmente planares e com orientação constante) são as que têm maior influência na definição do bloco natural (Lisboa, 2005). Essas fracturas mais preponderantes quanto à frequência relativa estão ilustradas no estereograma (Fig. 25) e expressas no quadro 6.

As fracturas mais frequentes têm direcção azimutal 40-60°, com pendores elevados, maioritariamente sub-verticais, mas tendencialmente para o quadrante NW. Outros sistemas de fracturas observados têm orientação E-W e NW-SE. O primeiro é sub-vertical, preferencialmente com pendores para norte, enquanto o segundo tem pendores elevados sem tendência evidente. A família NW-SE é ortogonal relativamente à família mais frequente no Granito de Alpalhão, conjuntura positiva para a extracção de blocos com dimensões comerciais.

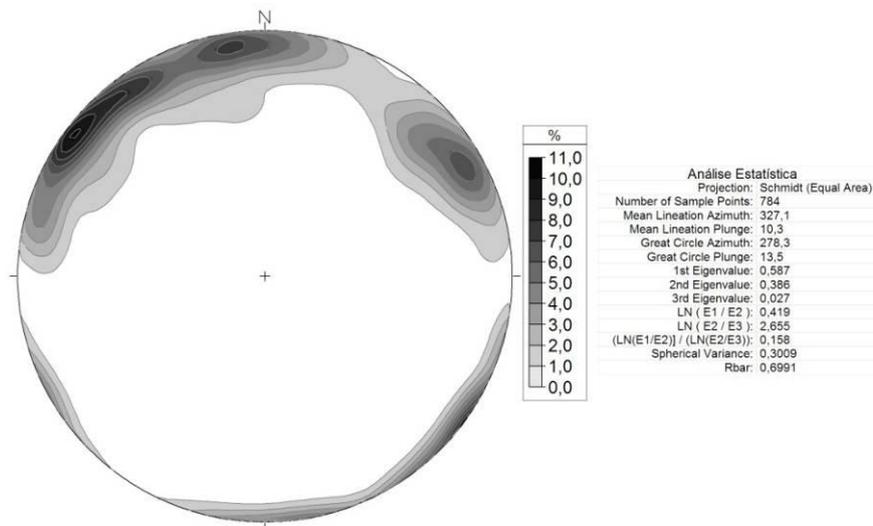


Fig. 25. Estereograma dos dados obtidos em todas as estações e scanlines para o Granito de Alpalhão. Diagrama de contornos de densidade (rede de Schmidt – hemisfério inferior)

Quadro 6. Principais famílias de fracturas para o Granito de Alpalhão

| Direcção | Inclinação |
|----------|-------------|
| NE – SW | Subvertical |
| E - W | Subvertical |
| NW - SE | Subvertical |

A persistência das diaclases observadas é segundo a classificação ISRM (1978), média a alta, contudo a interpretação destes dados é um pouco subjectiva, pois é sempre susceptível da disponibilidade da observação, ou seja, as fracturas podem ser mais extensas do que a visibilidade no campo permite.

A abertura das fracturas observadas, de acordo com a classificação ISRM (1978) é maioritariamente apertada a muito apertada. Estas últimas fracturas, denominadas de “fios” na gíria industrial, são frequentes e condicionam a blocometria, pois apesar da sua percepção macroscópica ser difícil, aquando do desmonte, por influência da descompressão, podem abrir e inviabilizar as dimensões do bloco. Os valores de abertura são mais elevados, vulgarmente, no respeitante à fracturação sub-horizontal. As fracturas de descamação (“levantes”) têm estes valores geralmente mais elevados, atingido aberturas amplas (>1 cm) nos “níveis” superficiais no granito mais alterado; em profundidade diminuem rapidamente a abertura.

A grande maioria das fracturas não apresenta preenchimento. Por vezes verificam-se precipitações de sais, resultantes da circulação de água pelos planos de fracturas.

Ocorrem também com alguma frequência estreitos filonetes de quartzo (1-3mm) que constituem superfícies de fraqueza por onde a rocha abre preferencialmente.

De acordo com as observações efectuadas no campo, sobretudo nas pedreiras existentes, as fracturas sub-horizontais tendem a aumentar o seu espaçamento em profundidade. Para os menores espaçamentos entre fracturas verificados na proximidade da superfície, contribui o decréscimo da carga litostática, tendendo os sistemas de fracturação sub-horizontais a aumentar a sua frequência. Nos níveis superficiais (em média até 5m) os valores médios de espaçamento são geralmente inferiores a 1m, tendendo a aumentar abaixo desta cota, de modo irregular com a profundidade.

Frequentemente, estas diaclases limitam zonas de rocha meteorizada por alteração química, que correspondem aos níveis de fracturação mais superficiais (Lisboa, 2005). Esta tipologia de diaclases, quando tem espaçamentos adequados pode facilitar o desmonte das bancadas.

Quadro 7. Dados referentes às scanlines efectuadas no Granito de Alpalhão. (μ_a) média aritmética; (dp) desvio-padrão; (cv) coeficiente de variação amostral; (med) mediana; (min) valor mínimo registado; (max) valor máximo registado; (n) número de espaçamentos de fracturas sub-paralelas utilizadas nos cálculos

| Scanline | Sistemas Principais | Espaçamento [m] | | | | | | n | Sistemas Secundários |
|----------|----------------------|-----------------|-------|------|------|------|-------|----|----------------------|
| | | μ_a | DP | CV | Med | Mín | Máx | | |
| 02 | 20-35° ; 60-80° E | 3,72 | 4,07 | 1,09 | 1,88 | 0,20 | 9,69 | 5 | |
| | 110-120° ; 75-85° N | 2,08 | 2,23 | 1,07 | 1,38 | 0,29 | 5,27 | 4 | |
| | 50-70° ; 70-90° S | 1,84 | 1,58 | 0,86 | 1,00 | 0,86 | 3,66 | 3 | |
| 03 | 55-70° ; 85-90° NW | 0,98 | 0,83 | 0,84 | 0,71 | 0,11 | 2,18 | 6 | |
| | | 3,18 | 4,59 | 1,45 | 0,54 | 0,51 | 8,48 | 4 | 155-170° ; 70-80° W |
| | | 2,61 | 0,23 | 0,09 | 2,57 | 2,40 | 2,86 | 4 | 110-120° ; 85-90° N |
| 04 | 70-85° ; 80-90° N | 4,82 | 8,33 | 1,73 | 1,11 | 0,05 | 23,12 | 13 | |
| | | 7,85 | 9,73 | 1,24 | 5,75 | 0,07 | 26,97 | 7 | 35-55° ; 75-90° NW |
| | | 10,61 | 10,67 | 1,01 | 6,63 | 0,97 | 24,78 | 7 | 145-160° ; 75-85° SW |
| 08 | 35-45° ; 80-90° NW | 3,14 | 3,87 | 1,23 | 1,65 | 0,33 | 13,15 | 11 | |
| | | 0,57 | 0,49 | 0,87 | 0,57 | 0,22 | 0,91 | 3 | 55-75° ; 80-90° S |
| 11 | 135-145° ; 70-80° SW | 1,63 | 2,51 | 1,54 | 0,21 | 0,14 | 4,53 | 4 | |
| | 10-20° ; 80-85° W | 1,46 | 0,42 | 0,29 | 1,49 | 1,03 | 1,87 | 4 | |
| 12 | 20-35° ; 75-90° W | 1,04 | 0,57 | 0,55 | 0,88 | 0,27 | 2,18 | 13 | |
| | 145-155° ; 85-90° SW | 2,08 | 1,48 | 0,71 | 1,96 | 0,52 | 4,94 | 9 | |
| | | 1,30 | 0,86 | 0,66 | 1,63 | 0,33 | 1,96 | 4 | 80-85° ; 80-90° S |
| 13 | 85-105° ; 70-90° N | 1,16 | 1,11 | 0,95 | 0,84 | 0,42 | 4,15 | 11 | |
| 14 | 100-120° ; 80-90° N | 1,24 | 0,76 | 0,61 | 1,46 | 0,34 | 2,23 | 6 | |
| | | 2,05 | 2,01 | 0,98 | 1,53 | 0,34 | 4,27 | 4 | 35-55° ; 80-90° NW |
| 15 | 35-45° ; 75-85° NW | 2,80 | 4,16 | 1,49 | 1,41 | 0,27 | 10,14 | 5 | |
| | | 1,27 | 0,43 | 0,33 | 1,48 | 0,79 | 1,56 | 4 | 85-105° ; 75-90° N |
| 16 | 50-70° ; 80-90° SE | 1,33 | 0,92 | 0,69 | 1,16 | 0,29 | 2,88 | 10 | |
| | | 2,74 | 4,08 | 1,49 | 0,39 | 0,29 | 9,73 | 6 | 155-170° ; 80-90° E |
| | | 2,72 | 1,08 | 0,39 | 2,22 | 1,58 | 3,92 | 6 | 5-15° ; 75-85° E |
| 17 | 60-80° ; 90° | 1,00 | 0,67 | 0,67 | 0,80 | 0,10 | 2,00 | 13 | |
| | | 2,90 | 0,85 | 0,29 | 2,90 | 2,30 | 3,50 | 3 | 100-110° ; 90° |
| 20 | 45-60° ; 85-90° SE | 0,78 | 0,40 | 0,52 | 0,96 | 0,15 | 1,29 | 8 | |
| | | 1,46 | 1,71 | 1,17 | 0,70 | 0,26 | 3,42 | 4 | 90-110° ; 80-90° S |
| 21 | 150-160° ; 70-85° NE | 0,90 | 0,74 | 0,82 | 0,64 | 0,09 | 1,38 | 10 | |
| | 40-60° ; 80-90° NW | 1,52 | 1,45 | 0,96 | 1,33 | 0,28 | 4,85 | 10 | |
| | | 1,40 | 0,83 | 0,59 | 1,46 | 0,47 | 2,51 | 6 | 100-110° ; 80-90° N |

No quadro 7 apresentam-se os dados referentes aos espaçamentos obtidos através do método de scanlines nos afloramentos e pedreiras observados no Granito de Alpalhão.

Na grande maioria dos casos, as distribuições estatísticas de espaçamentos de diaclases são assimétricas, não seguindo distribuições normais. Vários autores citados em Sousa (2007), referem que geralmente as distribuições de espaçamentos

médios de fracturas se aproximam de distribuições logarítmicas e/ou exponenciais. Daí, a interpretação dos dados tem de ser sempre efectuada com reservas.

Seguidamente analisam-se as principais famílias de fracturas observadas (Quadro 7). Algumas das classes de intervalos das famílias constantes na tabela são incluídas em classes com intervalos mais abrangentes, de modo a sistematizar mais eficientemente os dados.

A família de diaclases de direcção $35-55^{\circ}$, é a que exhibe espaçamentos médios mais elevados, moderados a amplos, maioritariamente superiores a 2m e, por isso, é uma das famílias que apresenta espaçamentos médios mínimos mais elevados. Esta família é a mais preponderante no total de fracturas do Granito de Alpalhão (ver Fig. 25 e quadro 6), sendo também das mais evidentes nas direcções dos lineamentos foto-interpretados (Mapa de Estações de Fracturação, em anexo).

A família $140-160^{\circ}$, é heterogénea nos espaçamentos, apresentando elevada dispersão. Possui pendores elevados, com mergulhos tendentes para SW.

O sistema $100-120^{\circ}$ apresenta espaçamentos pouco dispersos e sempre superiores a 1m. Os coeficientes de variação relativamente às diversas famílias são dos mais baixos. Trata-se da família mais proeminente nas direcções dos lineamentos foto-interpretados a nível regional (Mapa de Cartografia Geológica dos Granitos de Alpalhão, Gáfete e Actividade Extractiva, em anexo).

O sistema $80-100^{\circ}$ exhibe espaçamentos médios pouco superiores a 1m, com relativa dispersão.

O sistema com orientação $50-70^{\circ}$ apresenta espaçamentos mais frequentes próximos de 1m, com uma dispersão moderada. A inclinação é geralmente subvertical.

Nas scanlines efectuadas detectaram-se outros sistemas de fracturação sem significado ao nível da área, visto só se terem observado de modo muito pontual. Nomeadamente, a família $20-35^{\circ}$ só foi detectada em duas scanlines no Granito de Alpalhão. Apresenta espaçamentos médios superiores a 1m.

A observação dos valores do índice de espaçamento volumétrico (Fig. 26) fornece informação qualitativa e quantitativa do estado de compartimentação do maciço rochoso. A maioria das scanlines realizadas localiza-se à superfície, no entanto, algumas das scanlines efectuaram-se a profundidades variáveis em pedreiras, pelo que a análise interpretativa destes dados tem em conta o factor profundidade.

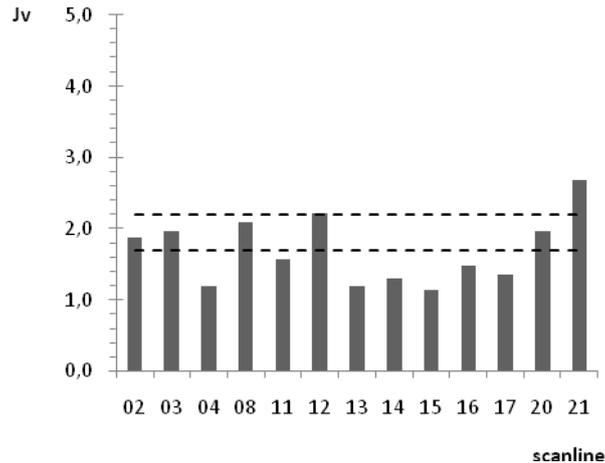


Fig. 26. Gráfico de barras referente ao J_v para o Granito de Alpalhão. As linhas tracejadas referem-se aos limites comerciais referenciados no quadro 5

Os locais onde o índice apresenta valores que abrangem a classe de bloco comercial são as scanlines 04, 11, 13, 14, 15, 16 e 17. Refere-se que as scanlines 04 e 11 foram efectuadas em pedreiras e em profundidade, em locais onde a fracturação permite a extracção de blocos comerciais.

Outras scanlines apresentam valores de J_v entre 1,7 e 2,2, o que indica que terão alguma potencialidade comercial, mas com um grau de incerteza maior. Essas scanlines são respectivamente a 02, 03, 08 e 20.

Duas das scanlines efectuadas (12 e 21) têm valores de J_v pertencendo à classe de blocos não comerciais.

A interpretação destes valores quando obtidos a partir da observação à superfície tem associada uma incerteza elevada, pois as discontinuidades são mais difíceis de detectar comparativamente à observação em pedreiras, onde as superfícies em geral têm uma melhor exposição. No entanto, considerando que à superfície a rocha apresenta, frequentemente, alguma alteração e por isso mais discontinuidades, os valores de J_v poderão tender a ser ainda mais favoráveis em profundidade.

Pelo exposto, este índice deve ser considerado como indicativo, não sendo como já tinha sido referido anteriormente, por si só, suficiente para a avaliação do potencial ornamental.

Os locais com menor densidade de fracturação foram registados nas scanlines 02, 04, 08 e 11, tendo as scanlines 17 e 20, as frequências de fracturação mais elevadas. Mais uma vez, como seria de esperar, nas pedreiras os valores são favoráveis (scanlines 02, 04 e 11, Quadro 8).

Quadro 8. Frequências de fracturação para o Granito de Alpalhão

| Scanline | 02 | 03 | 04 | 08 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 20 | 21 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Frequência de fracturação [nº de fracturas / m] | 0,47 | 0,98 | 0,54 | 0,49 | 0,31 | 0,85 | 0,81 | 0,83 | 0,81 | 0,74 | 1,42 | 1,89 | 0,98 |

Observaram-se vários filões aplito-pegmatíticos instalados no Granito de Alpalhão, com direcção predominante ENE-WSW (Fig. 27) denotando elevada persistência. Possuem espessuras variando, geralmente, entre 1 e 25cm. Apesar destas heterogeneidades constituírem um factor penalizador para indústria extractiva, dada a sua morfologia é perfeitamente possível conduzir o desmonte optimizado da rocha, quando a frequência dos filões não é excessiva.

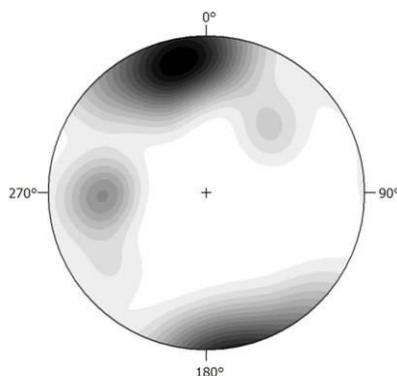


Fig. 27. Estereograma dos filões aplito-pegmatíticos (n=21). Diagrama de contornos de densidade (rede de Schmidt – hemisfério inferior)

A.1.3.1.4. Sondagens

Os trabalhos de prospecção no Granito de Alpalhão compreenderam a realização de 4 sondagens mecânicas verticais (Quadro 9): SFB1 na área de Ribeira de Sôr, SMA1 na área de Pinheiral e SCA1 e SCA2 na área de Carvalhal.

A sondagem SFB 1 (Fig. 30) interceptou 32,8m da litofácies Granito de Alpalhão, que na área a W da sondagem se apresenta, em geral, com granularidade ligeiramente mais grosseira que a mesma litofácies no bordo E (que inclui a pedreira Fonte dos Bagos). Ocorrem contudo algumas variações de grão ao longo da sondagem. As variações na concentração dos minerais revela-se na textura e cor,

ocorrendo fácies dioríticas mais escuras (preferencialmente grão mais fino) ou texturalmente mais heterogêneas resultantes sobretudo da distribuição e orientação da biotite.

Quadro 9. Localização das sondagens efectuadas no Granito de Alpalhão (Hayford Gauss - Datum 73)

| Sondagem | X [m] | Y [m] |
|----------|---------|----------|
| SFB 1 | 40907,4 | -25340,9 |
| SMA 1 | 42933,4 | -25199,1 |
| SCA 1 | 45725,2 | -24408,8 |
| SCA 2 | 45449,6 | -24419,3 |

A fracturação ao longo da sondagem é maioritariamente subhorizontal e elevada existindo frequentes troços com espaçamentos de fracturas <0,5m, que embora menos frequentes, permanecem até ao fim da sondagem. No entanto, evidenciam-se troços com espaçamentos entre fracturas superiores a 2m, entre aproximadamente 11m e 24m de profundidade.

A sondagem SMA1 foi realizada na base da pedreira pertencente à empresa *Granitos da Maceira*, a 72m profundidade (Fig. 28). A existência de 3 sondagens realizadas na área desta pedreira (Fig. 29), parcialmente destruídas e sem possibilidade de reconstituição dos logs completos permitiu contudo, mostrar a relativa homogeneidade do granito em profundidade, destacando-se: a fácies SPI mantém-se homogênea em troços atingindo mais de 4m, ocorrendo pequenas variações no tamanho do grão em troços menores; encraves e filonetes de quartzo ou aplítico (em geral 0,1 a <5cm) são pouco frequentes. Observou-se também que na sondagem efectuada a sul e na sondagem a W, a partir de 18m e 17m, respectivamente, ocorre um granito de grão grosseiro, que se mantém por 2,5m até ao fim da sondagem sul (Fig. 29). A dimensão do grão é ligeiramente menor que no Granito de Nisa. Ponderando a relação entre a dimensão da área do Pinheiral, da pedreira e da profundidade de exploração desta, considerou-se pertinente realizar uma sondagem a partir da base da pedreira, que corresponde aproximadamente ao centro da mancha do Pinheiral. A sondagem SMA1 (Fig. 31) permitiu verificar que: o granito grosseiro ocorrente a S e a W não ocorre pelo menos até 105m de profundidade; os defeitos são raros; a granularidade e cor do granito mantêm-se, excepto em dois troços (5m o mais profundo), onde o grão é mais fino e ligeiramente mais claro; a fracturação é muito reduzida sobretudo nos troços inferiores.



Fig. 28. Decurso dos trabalhos de perfuração da sondagem SMA 1

É evidente a diminuição da fracturação com a profundidade patente na sondagem, que exhibe espaçamentos entre fracturas, algumas vezes superiores a 8m, em oposição às sondagens realizadas à cota da superfície com intensa fracturação sub-horizontal (levantes) nos primeiros metros.

A existência em profundidade, de mais de 25m de rocha de qualidade ornamental, assegurará ainda vastas reservas.

Os defeitos mais comuns presentes nas sondagens efectuadas no Granito de Alpalhão são variações cromáticas e texturais, a presença de fenocristais de feldspatos e, menos frequente é a presença de impregnações de sulfuretos, minerais facilmente oxidáveis, que pela sua alteração provocam manchas ferruginosas.

A sondagem SCA 1 foi planeada para a mancha mais a oriente, a mancha do Carvalho, numa área onde não existe informação de profundidade na envolvente e onde os indícios recolhidos no campo (scanline 17) parecem indicar ser este o melhor local a prospectar, tanto pelo nível de fracturação, como pela homogeneidade dos afloramentos observados. Verifica-se que o resultado da sondagem é concordante com os indícios de superfície. Após um nível superficial

até aos 2.90m onde existe ligeira alteração segue-se troço com escassa fracturação até 6.6m, mas com algumas variações cromáticas; até aos 10m segue-se troço bastante fracturado com ocorrências filoneanas e ligeiras variações de cor. Dos 11.5m até aproximadamente 40m verifica-se um troço textural e cromaticamente homogéneo, apresentando espaçamentos verticais amplos a muito amplos (máximo de 13m); o testemunho é interrompido entre 27-29.5m por granito de tonalidade mais escura limitado por fracturas subhorizontais com espaçamentos reduzidos. A partir dos 40m até ao fim da sondagem, o granito apresenta-se mais fracturado e tende a apresentar troços de cor mais escura.

Quanto à sondagem SCA 2, o granito apresenta-se são a partir dos 2.7m e relativamente homogéneo quanto à cor, mas intensamente fracturado, até ao fim da sondagem (20.6m).

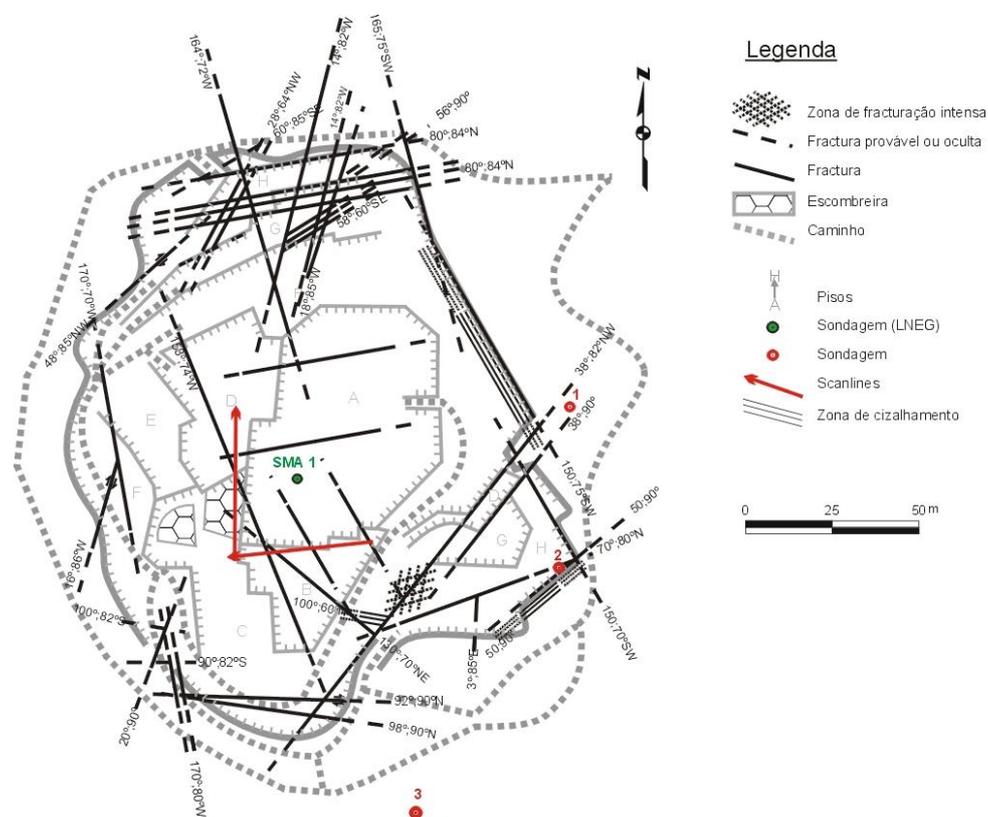


Fig. 29. Representação da pedra explorada pelos *Granitos da Maceira* com as principais fracturas e respectivos sistemas e localização de 3 sondagens efectuada pela empresa e 1 no decorrer deste trabalho

|  | | Ribeira de Sôr (NISA) | | SONDAGEM: SFB 1 |
|--|---|--|--|-----------------|
| Lat: 40907,4 Long: -25340,9 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Datum 73)</small> | Cota: 280 m DIRECÇÃO: – INCLINAÇÃO: 90° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) nº: 334 COMP. TOTAL: 32,80m DATA: 10-16/12/2009 | |
| PROF. (M) | FRACTURAÇÃO | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | |

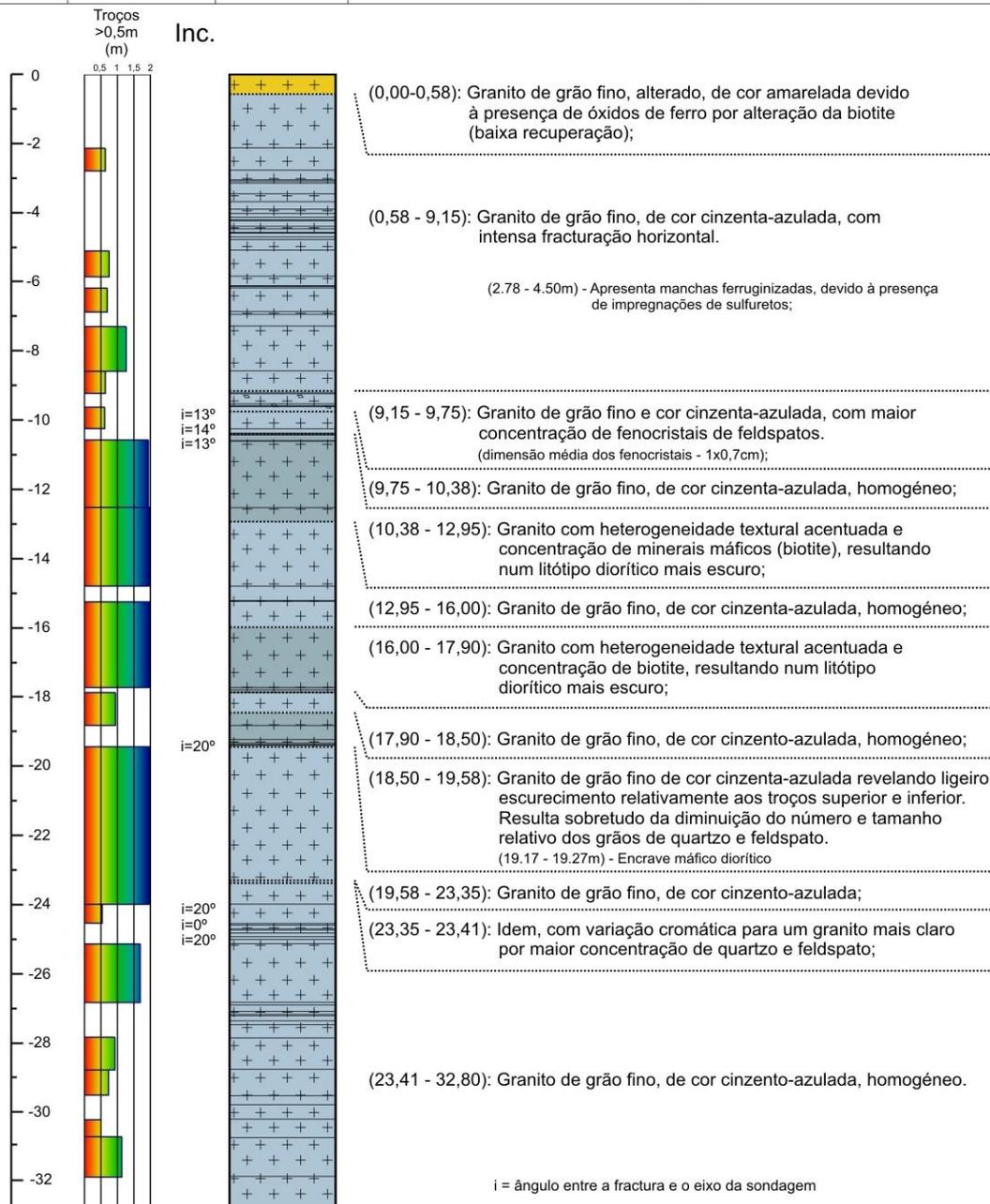


Fig. 30. Log interpretativo da sondagem SFB1, realizada na mancha da ribeira de Sôr

| | | | | |
|--|--|---|---|-----------------|
|  | | MACEIRA (NISA) | | SONDAGEM: SMA 1 |
| Lat: 42933,4 Long: -25199,1 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Datum 73)</small> | Cota: 230 m DIRECÇÃO: — INCLINAÇÃO: 90° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) n°: 334 COMP. TOTAL: 30,05m DATA: 12-18/02/2010 | |
| PROF. (M) | FRACTURAÇÃO | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | |

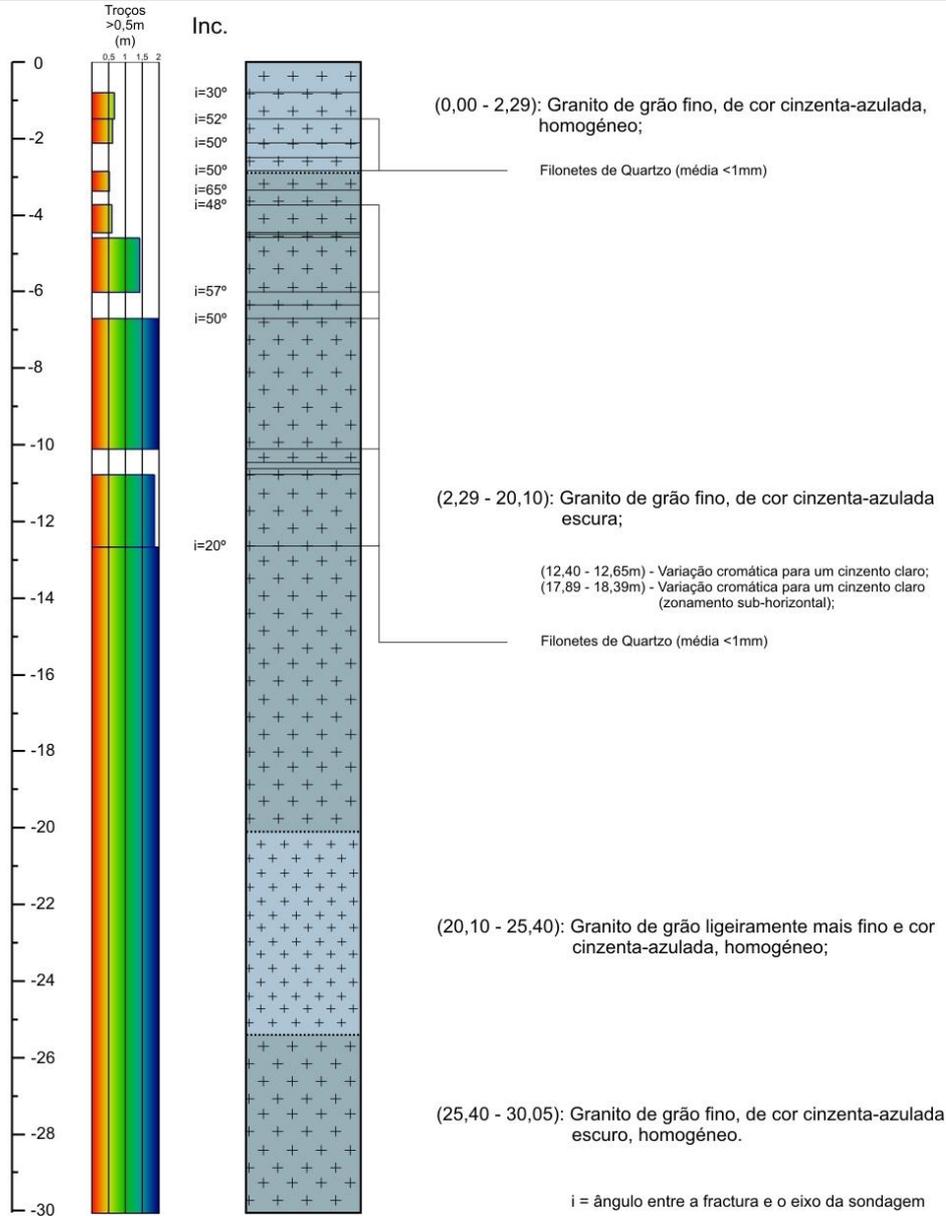
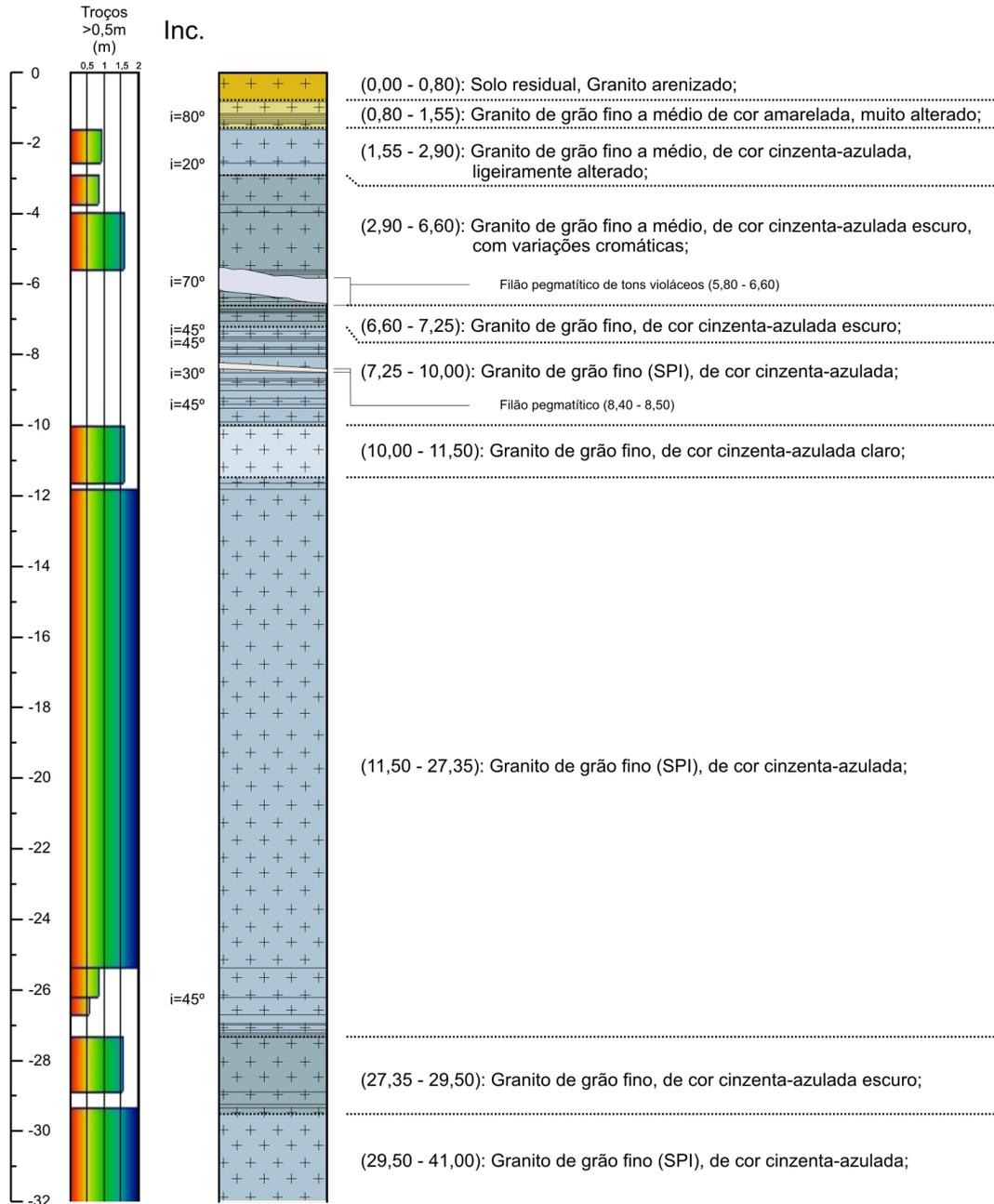


Fig. 31. Log interpretativo da sondagem SMA1, realizada no fundo da pedra pertencente à empresa *Granitos da Maceira*

| | | | | | |
|---|--|--|---|-----------------|---------|
|  | | Carvalho (NISA) | | SONDAGEM: SCA 1 | Folha 1 |
| Lat: 45725,2 Long: -24408,2 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Ponto Central)</small> | Cota: 303 m DIREÇÃO: — INCLINAÇÃO: 90° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) nº: 334 COMP. TOTAL: 47,85 m DATA: 24-31/05/2010 | | |
| PROF. (M) | FRATURAÇÃO | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | | |



|  | | MACEIRA (NISA) | | SONDAGEM: SCA 1 | Folha 2 |
|---|-------------|----------------|-----------|-----------------|---------|
| PROF. (M) | FRACTURAÇÃO | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | | |

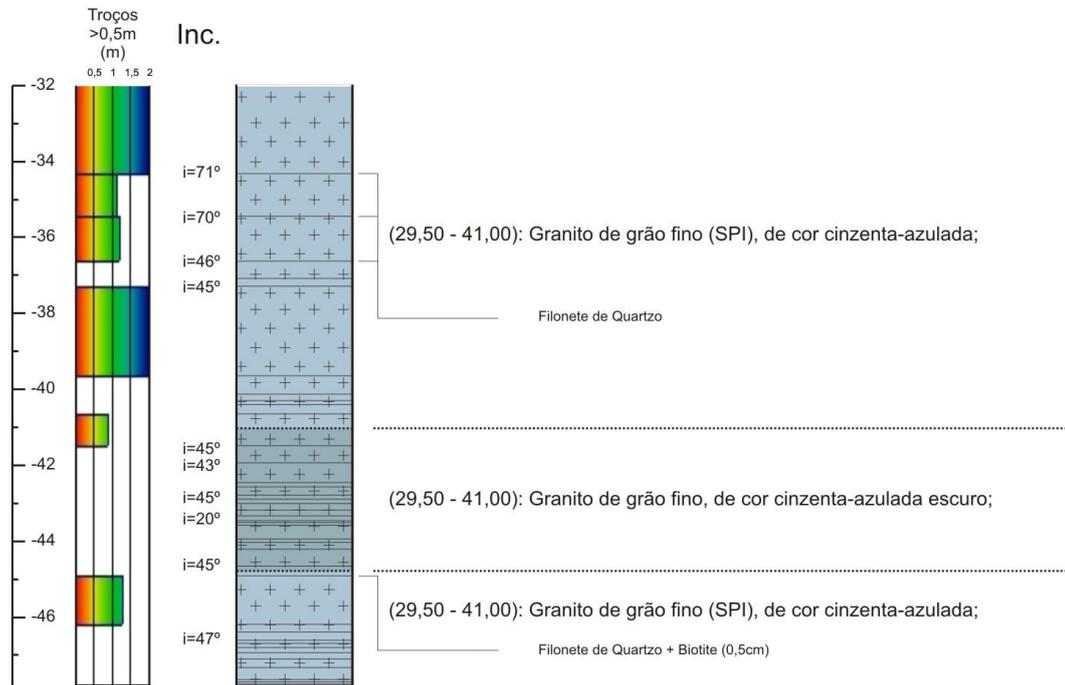


Fig. 32. Log interpretativo da sondagem SCA1, realizada na mancha do Carvalho

| | | | | |
|---|--|---|---|------------------------|
|  | | Carvalhal (NISA) | | SONDAGEM: SCA 2 |
| Lat: 40907,4 Long: -25340,9 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Ponto Central)</small> | Cota: 280 DIRECÇÃO: — INCLINAÇÃO: 90° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) n°: 334 COMP. TOTAL: 26,60m DATA: 10-16/12/09 | |
| PROF. (M) | FRACTURAÇÃO | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | |

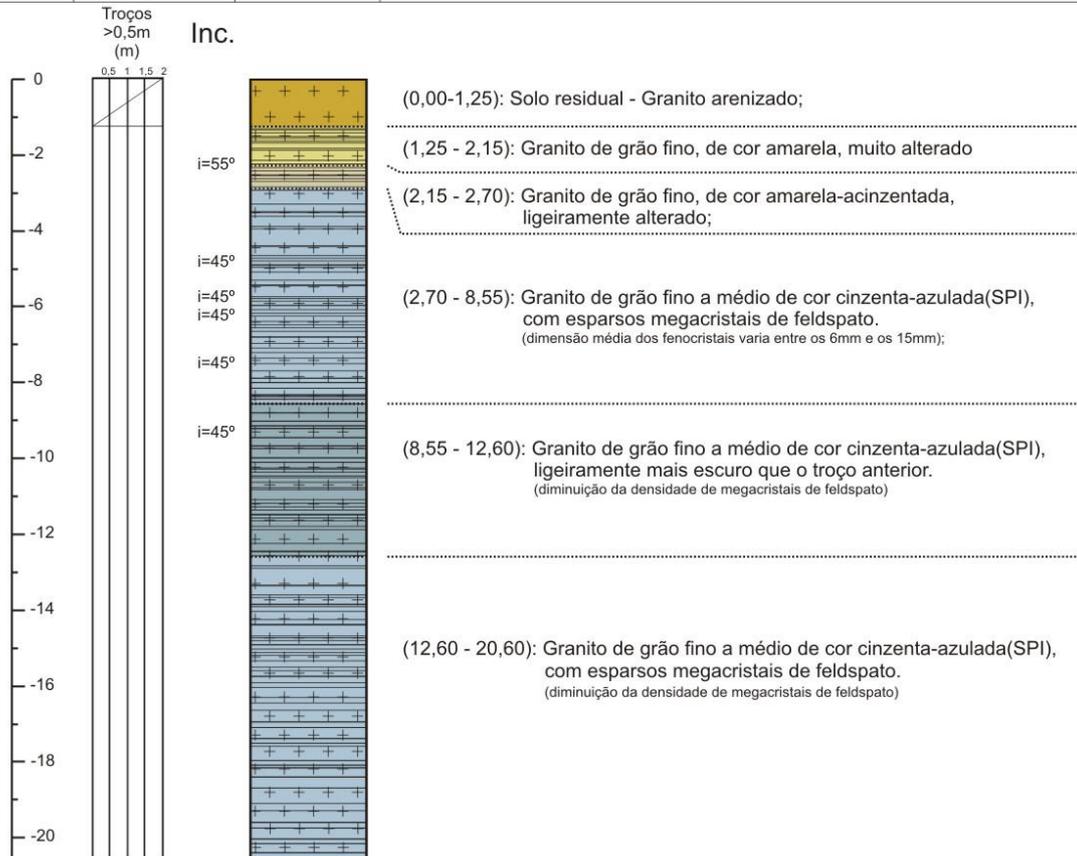


Fig. 33. Log interpretativo da sondagem SCA2, realizada na mancha do Carvalhal

A.1.3.1.5. Aspectos distintivos das áreas de afloramento de Carvalho, Pinheiral e Ribeira de Sôr

No concelho de Nisa a litofácies Granito de Alpalhão aflora em três áreas distintas designadas como Carvalho, Pinheiral e Ribeira de Sôr (total de 1,87km²).

A área de Carvalho é a que ocupa a maior superfície (1,37km²) e aquela onde o potencial ornamental do granito é mais difícil de classificar, dada a intensidade de fracturação frequentemente elevada e diversidade de heterogeneidades. Estas penalizações observáveis nos afloramentos, na pedreira Herdade do Carvalho e várias trincheiras de prospecção, inviabilizam um critério selectivo para efectuar sondagens mecânicas, a única maneira efectiva de conhecer em profundidade a aptidão do granito. Deste modo, só com uma rede de sondagens apertada se poderia reconhecer a qualidade ornamental do granito na totalidade da área, o que implicaria custos não justificáveis para as expectativas.

No entanto, com os indicadores existentes é possível efectuar uma avaliação com reservas da área. Paralelamente às observações realizadas na área à superfície, foi considerada a observação de 7 sondagens efectuadas em Julho/Setembro de 1999 na área da pedreira (atingindo profundidades entre 60 e 87m) e duas sondagens na zona W. Verifica-se que, em geral, os espaçamentos entre fracturas são preferencialmente reduzidos (<50cm) e os encraves são frequentes, de dimensão variável, predominantemente, entre 3-4cm e 10-15cm, embora ocorram dimensões maiores. Também são habituais: veios aplíticos, geralmente estreitos (<5cm), *schlieren* biotíticos e variações na dimensão do grão. Assim, os indicadores de superfície e de profundidade (sondagens) levam a esperar que o granito tenha um potencial ornamental, em geral, baixo.

A área de Pinheiral com 0,26km² é aquela onde o granito apresenta geralmente a granularidade mais fina, homogénea e onde as heterogeneidades são menos frequentes e os espaçamentos entre fracturas menores.

A área de Ribeira de Sôr ocupa uma área de 0,24km² no concelho e apresenta o mesmo tipo de defeitos evidenciados na área de Carvalho. Nesta área diferencia-se uma zona cuja litofácies é muito próxima da de Pinheiral, embora mais fracturada, ocorrendo uma passagem gradual a E, a uma litofácies que se prolonga para fora do concelho, com granularidade ligeiramente mais grosseira e incremento em minerais máficos que lhe dão coloração mais escura. Observam-se também em profundidade variações cromáticas.

A.1.3.2. Granito de Gáfete

A.1.3.2.1. Caracterização macroscópica

Trata-se de um granitóide com características sienograníticas (Solá, 2007), moscovítico-biotítico, de granularidade média a fina com frequentes plagas moscovíticas, de dimensões iguais ou inferiores a 5 mm, que se destacam da matriz quartzo-feldspática (Fig. 34). Revela cor amarela característica, que em profundidade passa a cinzenta.



Fig. 34. Aspecto do Granito de Gáfete

A.1.3.2.2. Caracterização microscópica

Esta variedade tem textura hipidiomórfica a xenomórfica. Os principais minerais são o quartzo (geralmente fracturado e com extinção ondulante), feldspato potássico, plagioclase e moscovite dominante em relação à biotite, vulgarmente cloritizada (Fig. 35). Acessoriamente, apresenta minerais como a ilmenite e o zircão, em geral, inclusos nos cristais de biotite (Solá, 2007).

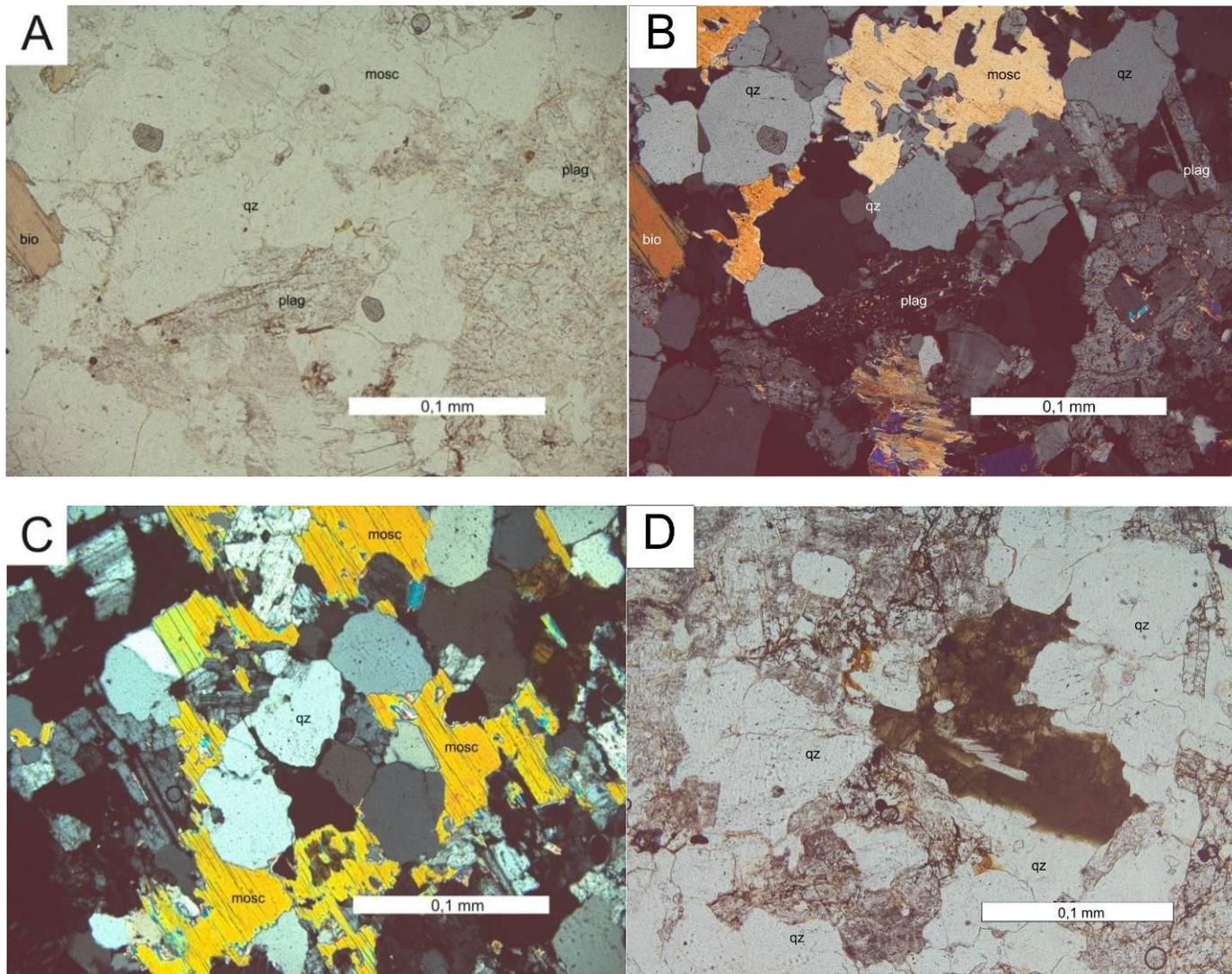


Fig. 35. Microfotografias de luz transmitida mostrando a matriz dos principais minerais constituintes assim como os seus aspectos texturais mais comuns no Granito de Gáfete.

A: Aspecto textural do Granito de Gáfete. (nicóis paralelos)

B: Aspecto textural do Granito de Gáfete. (nicóis cruzados) Note-se que é a imagem anterior, apenas com luz polarizada. (nicóis cruzados)

C: Pormenor da extinção comum de cristais de moscovite, evidenciando que terá sido fracturada pelos outros minerais. (nicóis cruzados)

D: Pormenor de um agregado clorítico (verde escuro) e das impregnações de óxidos de ferro (laranja) em zonas de fracturação (nicóis paralelos)

mosc - moscovite
 bio – biotite
 qz – quartzo
 plag – plagioclase

A.1.3.2.3. Fracturação

As direcções de fracturas mais frequentes observadas no Granito de Gáfete caem no intervalo 20-45° (NNE-NE), possuindo pendores elevados; outras famílias que puderam ser agrupadas têm orientações próximas de E-W e NW-SE (Quadro 10). Todas têm pendores elevados, sendo que as fracturas com orientação aproximada NW-SE mergulham maioritariamente para SW (Fig. 36).

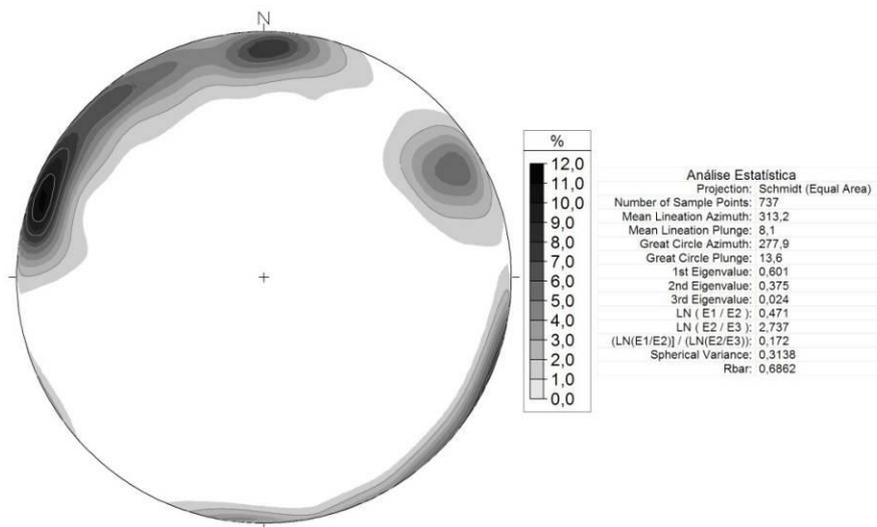


Fig. 36. Estereograma dos dados obtidos em todas as estações e scanlines para o Granito de Gáfete. Diagrama de contornos de densidade (rede de Schmidt – hemisfério inferior)

Quadro 10. Principais famílias de fracturas para o Granito de Gáfete

| Direcção | Inclinação |
|-----------|-------------|
| NNE – SSW | Subvertical |
| E - W | Subvertical |
| NW - SE | Subvertical |

A persistência das diaclases observadas, segundo a classificação ISRM (1978) cai no intervalo de classe médio, nalguns casos é alto. Mas como se afirmou anteriormente, esta medida é um pouco subjectiva, pois está dependente do campo visual de observação.

As aberturas das fracturas observadas, de acordo com a classificação ISRM (1978) são geralmente apertadas (0,1-0,25mm) ou parcialmente abertas (0,25-0,5mm).

As fracturas registadas, geralmente não têm preenchimento. Ocorrem no entanto filonetes de quartzo muito finos mas com elevada continuidade (“fios”), constituindo superfícies de fraqueza, por onde a rocha poderá abrir.

No quadro 11 encontra-se a distribuição estatística das observações nas scanlines efectuadas no Granito de Gáfete, sendo as principais conclusões a retirar da interpretação do referido quadro, as seguintes:

Relativamente às famílias mais preponderantes, a família 20-35°, com pendores maioritariamente subverticais é a mais frequente nos dados de fracturação obtidos em estações. Apresenta acentuada heterogeneidade nos espaçamentos médios.

A família 35-50°, revela uma dispersão elevada. Exibe pendores geralmente muito verticalizados, com tendência de mergulho para SE.

A família 145-160° é a família que apresenta menor dispersão dos dados. Apresenta pendores médios altos, com tendência para o quadrante SW.

Outros agrupamentos de fracturas são menos significativos.

Quadro 11. Dados referentes às scanlines efectuadas no Granito de Gáfete. (μ_a) média aritmética; (dp) desvio-padrão; (cv) coeficiente de variação amostral; (med) mediana; (min) valor mínimo registado; (max) valor máximo registado; (n) número de fracturas subparalelas utilizadas nos cálculos

| Scanline | Sistemas Principais | Espaçamento [m] | | | | | | n | Sistemas Secundários |
|-----------|----------------------|-----------------|------|------|------|------|-------|----|----------------------|
| | | μ_a | DP | CV | Med | Mín | Máx | | |
| 01 | 15-25° ; 75-90° W | 0,37 | 0,21 | 0,57 | 0,37 | 0,09 | 0,66 | 8 | |
| 05 | 145-155° ; 65-80° SW | 0,92 | 0,77 | 0,84 | 0,64 | 0,17 | 2,51 | 10 | |
| | 50-70° ; 80-90° SE | 1,42 | 1,95 | 1,37 | 0,70 | 0,25 | 6,09 | 9 | |
| 06 | 80-100° ; 70-90° N | 0,73 | 0,29 | 0,39 | 0,76 | 0,38 | 1,02 | 5 | |
| | | 0,86 | 0,28 | 0,33 | 0,86 | 0,65 | 1,06 | 3 | 155-165° ; 70-90° SW |
| 07 | 40-55° ; 80-90° SE | 3,56 | 1,50 | 0,42 | 3,87 | 1,47 | 5,10 | 4 | |
| | 20-35° ; 80-90° SE | 3,43 | 2,47 | 0,72 | 2,32 | 1,71 | 6,25 | 4 | |
| | | 0,53 | 0,00 | 0,00 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 3 | 105° ; 65° N |
| 09 | 30-50° - 75-90° SE | 2,09 | 4,12 | 1,97 | 0,70 | 0,15 | 13,01 | 10 | |
| | 25-35° ; 80°-90° | 4,10 | 2,94 | 0,72 | 3,81 | 0,83 | 7,97 | 5 | |
| | | 0,66 | 0,26 | 0,39 | 0,66 | 0,47 | 0,84 | 3 | 150-155° ; 75-80° W |
| 10 | 20-35° ; 80-85° NW | 0,88 | 0,65 | 0,73 | 1,03 | 0,19 | 1,81 | 8 | |
| | | 0,63 | 0,54 | 0,86 | 0,31 | 0,15 | 1,32 | 6 | 0-15° ; 70-90° E |
| 18 | 25-35° ; 90° | 1,14 | 1,16 | 1,02 | 0,59 | 0,10 | 3,84 | 16 | |
| | 40-55° ; 90° | 1,10 | 1,53 | 1,39 | 0,49 | 0,07 | 5,82 | 14 | |
| | | 3,30 | 2,55 | 0,77 | 3,45 | 0,50 | 7,01 | 6 | 100-110° ; 90° |
| 19 | 40-45° ; 75-80° SE | 0,63 | 0,83 | 1,31 | 0,47 | 0,10 | 3,19 | 13 | |
| | | 1,41 | 1,52 | 1,08 | 0,93 | 0,17 | 3,62 | 5 | 80-90° ; 80-90° S |

De um modo geral, o Granito de Gáfete apresenta um estado de fracturação mais intenso do que o Granito de Alpalhão. No entanto, esses dados não estão evidentes no quadro acima referido.

Apesar de na litofácies de Gáfete os sistemas de fracturas apresentarem espaçamentos de ordem de grandeza semelhante aos do Granito de Alpalhão, a grande diferença é que em cada local no Granito de Alpalhão, geralmente, estão apenas definidos dois sistemas de fracturação ortogonais, enquanto no de Gáfete, geralmente coexistem vários sistemas. Relativamente ao índice de espaçamento volumétrico (J_v), todas as localizações estudadas no Granito de Gáfete possuem valores indicativos de blocos não comerciais (Fig. 37). Todavia cabe realçar que todos os dados obtidos são superficiais, logo em profundidade este índice revelador da fracturação deverá ser inferior.

A frequência de fracturação, que representa o número de diaclases por metro, é também desfavorável do ponto de vista ornamental em todas as scanlines, sendo o local da scanline 07 o que apresenta frequência de fracturação mais baixa, logo com maior aptidão ornamental (Quadro 12).

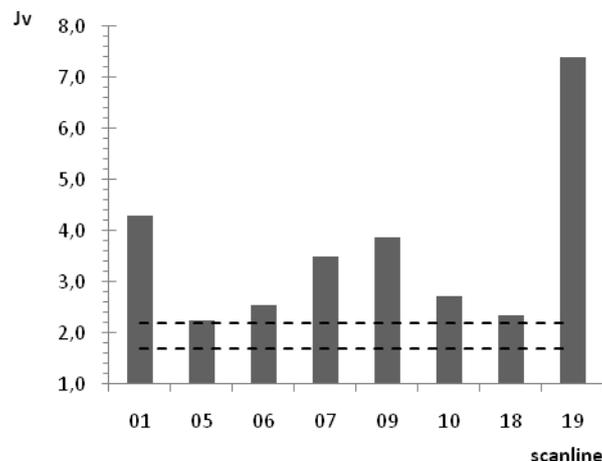


Fig. 37. Gráfico de barras referente ao J_v para o Granito de Gáfete. As linhas tracejadas referem-se aos limites comerciais referenciados no quadro 5

Quadro 12. Frequências de fracturação para o Granito de Gáfete

| Scanline | 01 | 05 | 06 | 07 | 09 | 10 | 18 | 19 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Frequência de fracturação [nº de fracturas / m] | 1,13 | 0,93 | 0,87 | 0,72 | 1,54 | 0,90 | 0,88 | 2,07 |

Embora os principais sistemas de fracturação sejam maioritariamente ortogonais, se a densidade de fracturação evidenciada continuar em profundidade, a produção de blocos pequenos de rocha ornamental também não é viável.

As espessuras de alteração (tonalidade amarela) observadas nas pedreiras abandonadas, indicam uma espessura variável, pois existem locais onde a transição da tonalidade amarela para o cinzento se dá nos primeiros 2-3m de profundidade, enquanto existem outros onde essa profundidade de transição pode chegar acima dos 15m.

A.1.3.2.4. Sondagens

No decorrer dos trabalhos de campo, foram efectuados contactos com a empresa *Granitos da Maceira*, que requereu prestação de serviços da Unidade de Sondagens do LNEG, para efectuar três sondagens nos Granitos de Gáfete nas proximidades da pedreira (Quadro 13), de modo a poder determinar essa mesma espessura de alteração. Cada uma das sondagens atingiu uma profundidade aproximada de 15m, tendo sido o seu principal objectivo a determinação da espessura do granito de tonalidade amarela, verificando o estado de fracturação do maciço rochoso, tendo em vista a aptidão ornamental.

Quadro 13. Localização das sondagens efectuadas no Granito de Gáfete (Sistema de coordenadas Hayford Gauss - Datum 73)

| Sondagem | X [m] | Y [m] |
|----------|---------|----------|
| S3 | 42838,9 | -25487,9 |
| S4 | 42821,8 | -25445,8 |
| S5 | 42784,3 | -25509,3 |

De um modo geral, as três sondagens realizadas (Fig. 38, 39 e 40) revelam um grau de fracturação elevado, com espaçamentos médios entre fracturas da ordem de 30cm, raramente excedendo 1,5m. A fracturação intensa impede mesmo, em geral, a extracção de pequenos blocos. A sondagem S5 apresenta menor densidade de fracturação (2,14 fracturas/m) a que corresponde espaçamento médio próximo de 0,5m, mas o granito é demasiado heterogéneo.

A presença de defeitos é muito frequente. Os mais característicos são agregados de biotite e quartzo, designados na gíria por “rosetas”, conferindo heterogeneidade textural e cromática a este litótipo. São comuns as plagas moscovíticas nas três sondagens efectuadas. Destaca-se ainda a presença de muitos encraves máficos na sondagem S5 com zonas muito ferruginizadas e alteradas. A existência de zonas mais alteradas é comum a S4.

As variações cromáticas, por vezes relacionadas com alinhamentos mineralógicos ou circulação de fluidos em fracturas, penalizam fortemente o potencial do granito, em especial nas sondagens S5 e S4.

No conjunto, a sondagem S3, apesar da fracturação, constitui a única que revela um granito com potencial ornamental, pois as outras sondagens têm além dos defeitos referidos, variações de granularidade.

Nesta área, apesar do fraco potencial de duas das sondagens, estas revelaram uma espessura de granito de tonalidade amarela, significativamente maior que aquela que seria expectável, em função das ocorrências que eram conhecidas. As diferenças observadas nestas sondagens tão próximas entre si, mostram a aleatoriedade das variações que se podem esperar na qualidade do granito e a dificuldade em identificar as áreas com maior potencial.

| | | | | |
|--|--|---|---|----------------------|
|  | | Pinheiral (NISA) | | SONDAGEM: S 3 |
| Lat: 42838,9 Long: -25487,9 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Datum 73)</small> | Cota: 300 m DIRECÇÃO: - INCLINAÇÃO: 90° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) n°: 334 COMP. TOTAL: 15,15m DATA: 18-22/02/2010 | |
| PROF. (M) | FRACTURAÇÃO | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | |

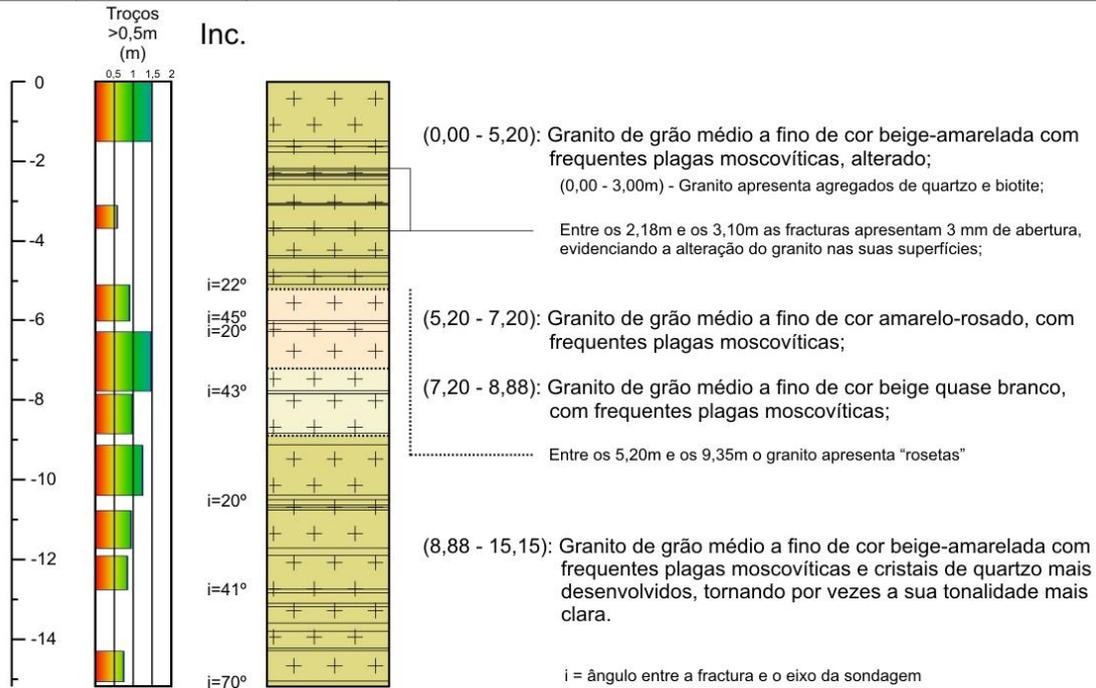


Fig. 38. Log da sondagem S3

| LNEG | | Pinheiral (NISA) | | SONDAGEM: S 4 |
|---|--|--|---------------------------------------|------------------|
| Lat: 42821,8 | Cota: 300 m | SONDA: BE - 1656 | CARTA S.C.E. (1/25000) n°: 334 | |
| Long: -25445,8 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Datum 73)</small> | DIRECÇÃO: - INCLINAÇÃO: 90° | MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | COMP. TOTAL: 15,10m | |
| PROF. (M) | | LITOLOGIA | | DESCRIÇÃO |

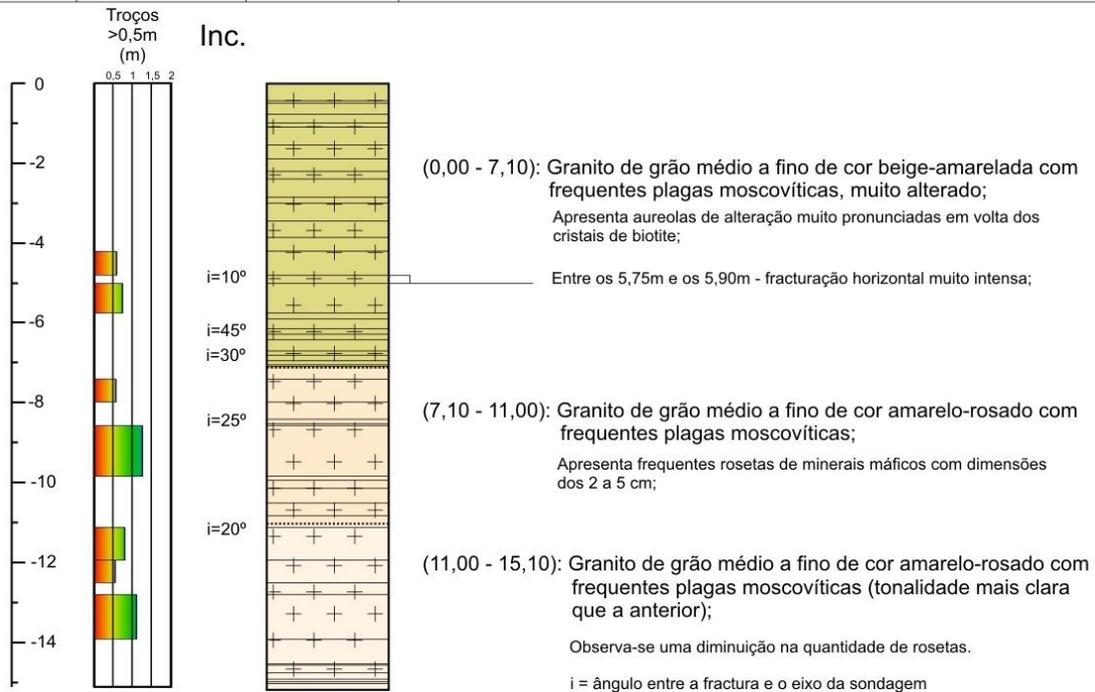


Fig. 39. Log da sondagem S4

| LNEG | | Pinheiral (NISA) | | SONDAGEM: S 5 |
|--|---|--|--|---------------|
| Lat: 42784,3 Long: -25509,3 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Datum 73)</small> | Cota: 300 m DIRECÇÃO: — INCLINAÇÃO: 90° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) n°: 334 COMP. TOTAL: 15,40m DATA: 24-26/02/2010 | |
| PROF. (M) | FRACTURAÇÃO | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | |

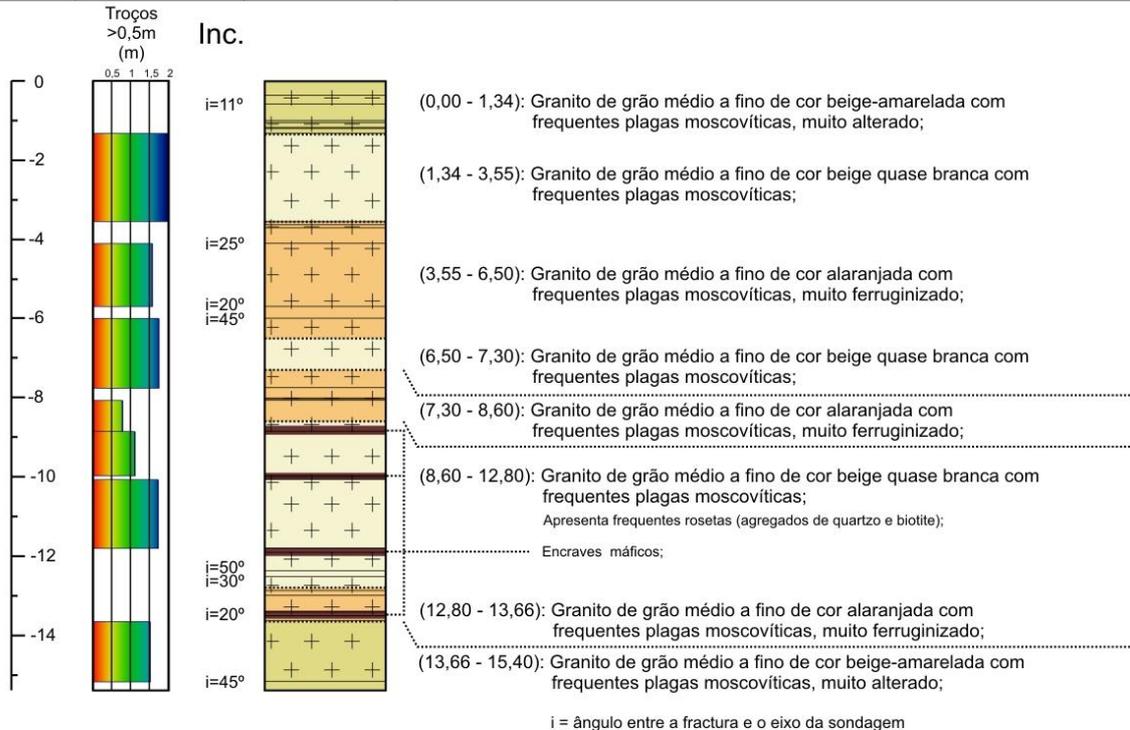


Fig. 40. Log da sondagem S5

A.1.3.2.5. Potencialidade como granito ornamental

No concelho de Nisa, o Granito de Gáfete tem, em geral, menor potencialidade ornamental que o Granito de Alpalhão, apesar da tonalidade amarela que o primeiro apresenta ser significativamente valorizada. A menor potencialidade deve-se à intensa fracturação frequente e outras penalizações manifestas nesta litofácies, já referidas. Assim, nas áreas de afloramento reconhecidas, esta fácies tem reduzido potencial para extracção de bloco (excepto blocos pequenos), mas tem potencial considerável para produção de diferentes classes de cubos e calçada, além de cantaria, perpianho e guias de passeio. As suas características mineralógicas, nomeadamente a ocorrência de grandes plagas de moscovite, não permitem polimentos de elevada qualidade.

A.1.4. Granitos Industriais

Nos granitos com aptidão para fins industriais, agregados, incluem-se além do Granito de Alpalhão e do Granito de Gáfete, o Granito de Nisa.

A.1.4.1. Granito de Nisa

A.1.4.1.1. Caracterização macroscópica

Trata-se de uma variedade de granito de grão muito grosseiro (Fig. 41), porfiróide, com abundantes megacristais de plagioclase e feldspato potássico, cujas dimensões chegam a atingir cerca de 10 x 2 cm. É um granito de duas micas (biotítico-moscovítico). Apresenta por vezes uma tonalidade rosada, derivada da impregnação dos feldspatos (e outros minerais) com pontuações de óxidos de ferro.



Fig. 41. Aspecto do Granito de Nisa

A.1.4.1.2. Caracterização microscópica

O quartzo ocorre na matriz, fracturado ou recristalizado em pequenos cristais, geralmente anédrico de forma arredondada. O feldspato potássico é a microclina ± pertítica. Os cristais de plagioclases, subédricos, possuem uma alteração característica, mais evidente nos núcleos, que destrói parcialmente, e por vezes totalmente, determinados fenocristais. Contudo, cristais alterados e são coexistem lado a lado (Solá *et al.*, 1998b). Possui relativa abundância de minerais acessórios, como a ilmenite, zircão e rútilo.

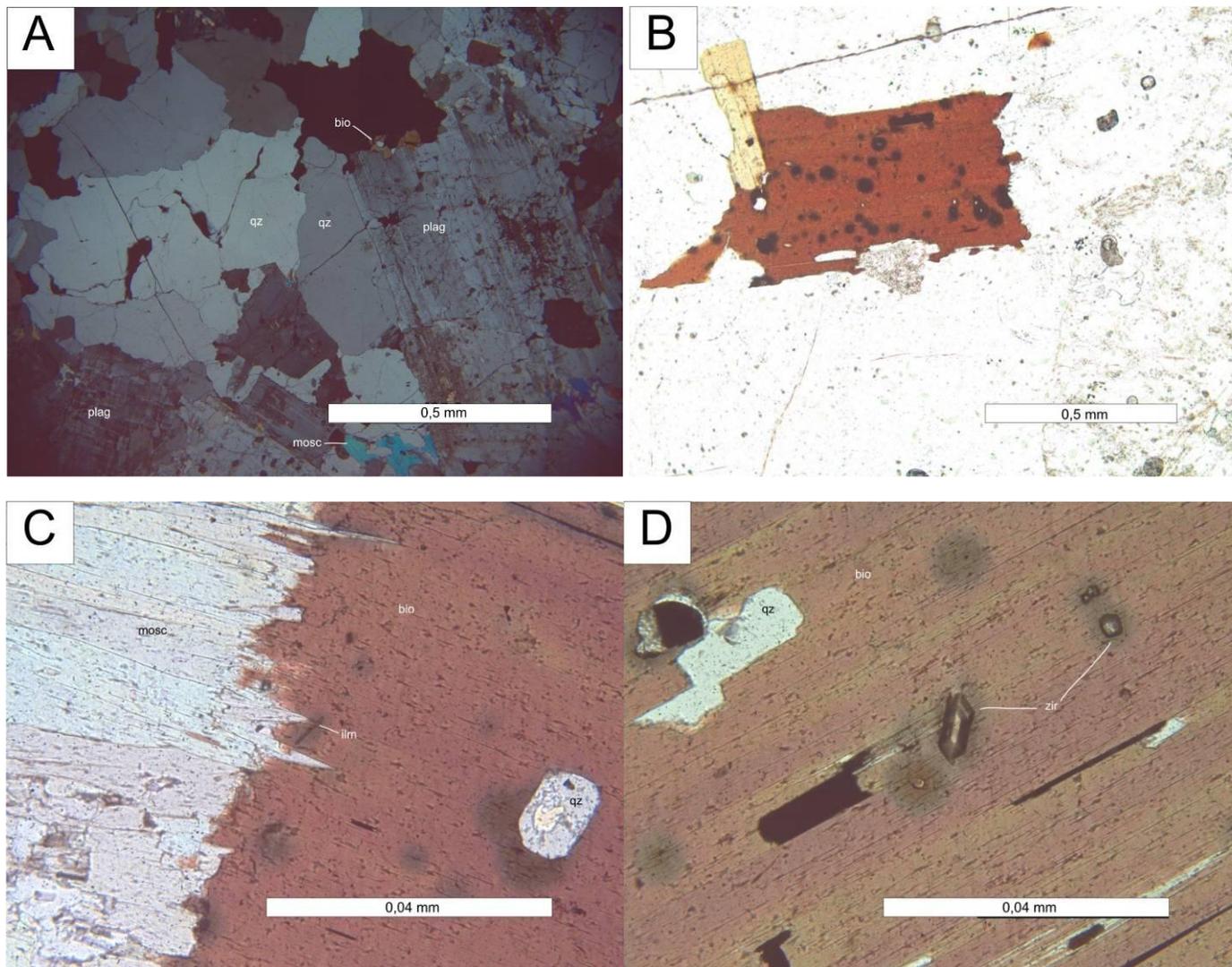


Fig. 42. Microfotografias de luz transmitida mostrando a matriz dos principais minerais constituintes assim como os seus aspectos texturais mais comuns no Granito de Nisa

A: Aspecto textural do Granito de Nisa evidenciando um cristal (à direita) de plagioclase corroída. (nicóis cruzados)

B: Pormenor de inclusões de minerais opacos num cristal de biotite. (nicóis paralelos)

C: Pormenor do contacto entre um cristal de moscovite e um de biotite. Mineral de biotite contendo inclusão de quartzo e de ilmenite. (nicóis paralelos)

D: Pormenor de zircões inclusos num cristal de biotite exibindo halos pleocróicos devido a decaimento radioactivo. (nicóis paralelos)

- mosc - moscovite
- bio - biotite
- qz - quartzo
- plag - plagioclase
- ilm - ilmenite
- zir - zircão

A.1.4.1.3. Fracturação

O estudo fotogeológico da área de afloramento do Granito de Nisa permitiu reconhecer padrões de lineamentos, originados por discontinuidades (Quadro 14). As direcções que sobressaem pela sua persistência são NNW-SSE e NE-SW sendo o principal sistema manifestamente o primeiro.

Quadro 14. Principais direcções de fracturação do Granito de Nisa, obtidas através da foto-interpretação

| Direcção |
|-----------|
| NNW – SSE |
| NE – SW |
| E – W |

De modo a verificar a concordância dos dados obtidos através da foto-interpretação, estes foram cruzados dados de fracturação obtidos em afloramentos, que confirmam a interpretação fotogeológica (Fig. 43).

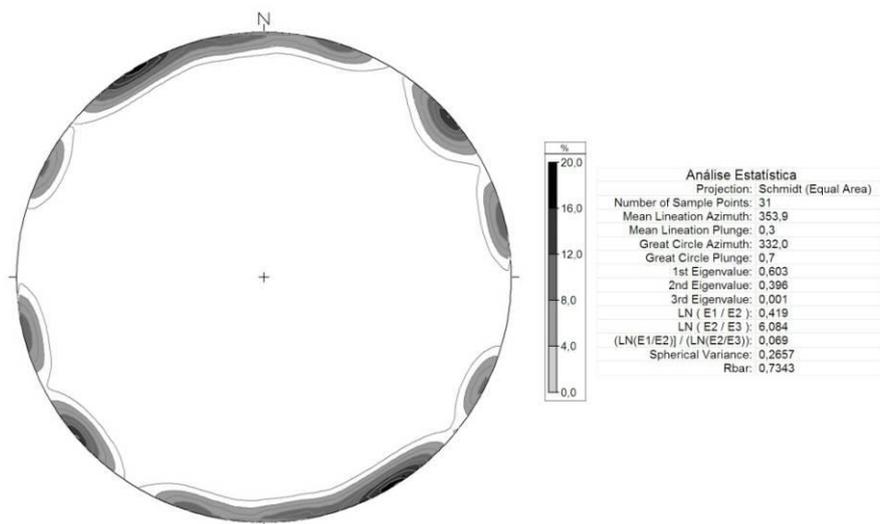


Fig. 43 Estereograma dos dados de fracturação obtidos para o Granito de Nisa. Diagrama de contornos de densidade (rede de Schmidt – hemisfério inferior)

A.1.4.2. Agregados

Embora a ocorrência de recursos em agregados seja generalizada e em quantidade adequada a nível nacional, existem frequentemente carências a nível local. Conflitos de ordenamento do território e os problemas ambientais associados à rápida expansão urbana são os principais factores que contribuem para essas faltas. Por isto, é importante o planeamento a nível municipal deste tipo de recursos.

Em Portugal, os agregados são principalmente usados em pavimentos rodoviários e na indústria da construção, particularmente em cimento e betão.

A.1.4.2.1. Granulados

As potencialidades em granitos para granulados (rachão, tout-venant, britas, gravilhas, pó de pedra e areias) no município de Nisa são elevadas, já que aqueles ocorrem com características adequadas para este fim em áreas vastas. Nomeadamente, o Granito de Alpalhão, um granodiorito a monzogranito de grão médio a fino, corresponde a uma litologia que reflecte das melhores características para a produção de agregados e britas devido, em especial, aos valores elevados de resistência à compressão e ao desgaste. Designadamente, estudos realizados referem a aplicabilidade dos agregados obtidos do Granito de Alpalhão em betão (Gomes *et al.*, 2001) e camadas de base e sub-base de infraestruturas rodoviárias (Conde *et al.*, 2006).

Esta fácies apresenta vantagens sobre o Granito de Gáfete, que se encontra alterado à superfície, é mais heterogéneo e tem maior quantidade relativa de mica (moscovite). O Granito de Nisa, embora já tenha sido explorado para obtenção de brita, tem menor potencialidade para este fim, em especial pela sua textura porfiróide e grão grosseiro. Foi explorado na pedreira de Safarinhas, onde a rocha se apresenta sã e com um granulado ligeiramente menos grosseiro, que o característico da fácies Granito de Nisa.

Pelo exposto, o aproveitamento do Granito de Alpalhão será o mais indicado, fora das áreas com potencial ornamental e nestas, utilizando os rejeitados das pedreiras. Sugerem-se no capítulo A.4, áreas alternativas à do Granito de Alpalhão, em pedreiras esgotadas do granito amarelo de Gáfete ou na pedreira de Safarinhas.

A.1.4.2.2. Saibros e prospecção geofísica

O saibro, correspondente à camada alterada do granito, existe essencialmente nas áreas de afloramento do Granito de Nisa, confinado a pequenas áreas ou ocorrendo em áreas mais extensas. Preferencialmente, para fins industriais é uma mistura arenosa com pouca argila.

O principal objectivo da utilização de métodos geofísicos no seu estudo, era o cálculo da espessura da camada alterada no Granito de Nisa, de modo a poder estimar os recursos em saibros, avaliar a potencialidade dos locais onde actualmente se pratica a extracção, assim como, eventualmente, indicar melhores locais para a sua extracção. Para tal fim foram efectuados vários perfis de refracção sísmica em algumas saibreiras existentes no concelho de Nisa (ver quadro 15).

Quadro 15. Coordenadas do ponto de intercepção dos perfis, relativos a cada um dos locais escolhidos

| Local | X [m] | Y [m] |
|------------------|---------|----------|
| Barragem do Poio | 46650,6 | -16914,1 |
| Carregal | 30775,4 | -17452,7 |
| S. Gens | 39685,5 | -24428,0 |

Foi necessária a determinação da velocidade de propagação de ondas sísmicas no limite da explorabilidade dos agregados (saibros). Para tal efeito foram executados dois perfis-teste situados no fundo de uma saibreira, onde o granito, menos alterado já não era explorado.

Assim, foi definido como velocidade limite os 900 m.s^{-1} , ou seja, valores inferiores a este indicariam que o granito se encontra totalmente alterado e desagregado, sendo os métodos de desmonte tradicionais, viáveis. Pelo contrário, valores superiores a 900 m.s^{-1} indicariam que, apesar da possibilidade do granito se apresentar alterado, os métodos tradicionais de desmonte não são tão favoráveis.

Também como resultado dos perfis-teste, ficou evidente que as saibreiras actualmente em exploração (sazonal) extraem saibros onde as velocidades se propagam a cerca de 400-550 m/s.

Realizaram-se testes nas seguintes saibreiras:

Anta de S. Gens – quanto à espessura da camada alterada os dados de observação directa sugerem cerca de 3m, ao passo que a espessura da 1ª camada sísmica tem uma espessura média nos dois perfis de 2.2 m.

Barragem do Poio – relativamente à espessura da camada alterada, os dados geológicos apontam para cerca de 4m, enquanto os dados sísmicos sugerem uma espessura média de 1.5m nos dois perfis.

Carregal – a espessura média desta 1ª camada sísmica, a que corresponde o maior grau de alteração, é de cerca de 4.4m, enquanto o valor máximo observado *in situ* é de 5m num afloramento situado a cerca de 100m. A velocidade de propagação das ondas sísmicas na 2ª camada é bastante similar e ainda bastante baixa (768 m/s), o que indica que o grau de alteração é bastante significativo e poderá permitir a exploração de saibros até profundidades de 28m, profundidade a que no perfil B foi detectada uma camada já caracterizada por uma velocidade superior (cerca de 1910 m/s), ao limite máximo obtido no perfil teste da saibreira da Anta de S. Gens (cerca de 1200 m/s), adquirido sobre a mesma litofácies.

Os resultados obtidos através da execução dos perfis de refração sísmica permitiram concluir que dos locais estudados, a área da saibreira do Carregal, onde naturalmente já existe actividade extractiva apresenta boas potencialidades para a exploração deste recurso. Verificou-se naquela área uma profundidade média para os saibros de 4,4m, apontando no entanto o modelo geofísico, para que os saibros sejam exploráveis até 20m.

Assim, constata-se que as áreas das saibreiras de Anta de S. Gens e Barragem do Poio terão potencial mais reduzido, ao contrário da área envolvente da saibreira do Carregal, com potencialidades elevadas. Os recursos desta matéria-prima no concelho são elevados, sendo propostas no capítulo A.4 áreas para exploração.

A.2. DEPÓSITOS ARGILOSOS

Actualmente, as argilas no concelho de Nisa constituem a matéria-prima de suporte à indústria oleira tradicional da região. Foram em tempos, exploradas e utilizadas na cerâmica de construção (tijolo e telha), sobretudo na freguesia da Amieira do Tejo. A sul desta localidade, ainda se encontram vestígios da exploração e respectivas instalações, abandonadas, onde se produzia telha portuguesa (meia cana) e “tijolo burro” (Fig. 44 e 45).



Fig.44. Fábricas abandonadas na região da Amieira do Tejo



Fig. 45. Tijolo burro e telha portuguesa (meia cana) nas imediações da fábrica

Estes materiais argilosos têm vindo a ser explorados sazonalmente em desmontes de pequena dimensão de cariz artesanal. Os principais localizam-se a SW da Amieira e também junto ao limite NE desta freguesia, nas proximidades da subestação eléctrica da Falagueira (Fig. 46). Foram estas as zonas onde incidiram

os estudos de maior pormenor, devido às maiores dimensões dos depósitos e consequentes potencialidades económicas, no que diz respeito às argilas da região.



Fig. 46. Barreiro nas proximidades da subestação eléctrica da Falagueira

A.2.1. Enquadramento dos depósitos

Os depósitos argilosos terciários observados nas áreas estudadas (Fig. 47) ocorrem sob a forma de níveis lenticulares de silte, argila e areia em sedimentos mais grosseiros, de carácter fluvial e aluvial. Integram a Formação de Cabeço do Infante, do Grupo da Beira Baixa e, a parte do enchimento sedimentar na interface entre aquela formação e a Formação de Falagueira. Ocorrem também argilas relacionadas com aluviões quaternários de reduzida possança e extensão.

A Formação de Cabeço do Infante, do Eocénico médio a Oligocénico superior (Cunha *et al.*, 2009) aflora numa área aproximada de 13 Km², nas proximidades do rio Tejo. Apresenta espessuras máximas de cerca de 70m na Bacia Terciária do Tejo (Cunha, 1996), mas no concelho, raramente ultrapassa os 40m de espessura.

Na área do concelho de Nisa, esta formação é constituída sobretudo por arcoses grosseiras e friáveis, com grãos de quartzo pouco rolados e de feldspato, mais ou menos alterado, possuindo matriz de tom cinzento, esverdeado ou avermelhado, contendo raras intercalações de leitos ou massas de seixos mal rolados e mal calibrados.

A Formação de Cabeço do Infante assenta discordantemente, quer em rochas xistentas ou graníticas. O limite superior constitui desconformidade com a Formação

de Falagueira, que muitas vezes, recobre os níveis arcósicos, dificultando a sua observação.

A Formação de Falagueira integra o Membro da Murrachinha e o Membro de Chão da Velha, atribuídos ambos ao Pliocénico superior (Cunha, 1996; Cunha *et al.*, 2009). São os afloramentos deste último membro que se encontram em extensos mantos numa área de cerca de 37 Km² no concelho, na sua maioria, localizados junto ao seu limite NW, próximo do rio Tejo. O Membro de Chão da Velha, raramente ultrapassa os 10m de espessura.

É constituído por conglomerados grosseiros, heterométricos, ricos em clastos de quartzito, quartzo, lidito, com frequentes imbricações e possuindo uma matriz arenosa. Os clastos são por vezes, mal rolados e com variações consideráveis de calibre. Na base deste membro observam-se, por vezes, arcoses relacionadas com retoma erosiva de sedimentos arcósicos mais antigos da Formação de Cabeço do Infante. O Membro de Chão da Velha apresenta cor ocre, por vezes esbranquiçada ou avermelhada. Os cortejos argilosos exibem quase exclusivamente argilas caulínicas (Cunha, 1996).

Grande parte da unidade assenta na sobre a Formação de Cabeço do Infante, apesar de alguns retalhos desta, se sobreporem directamente ao xisto e até mesmo ao granito.

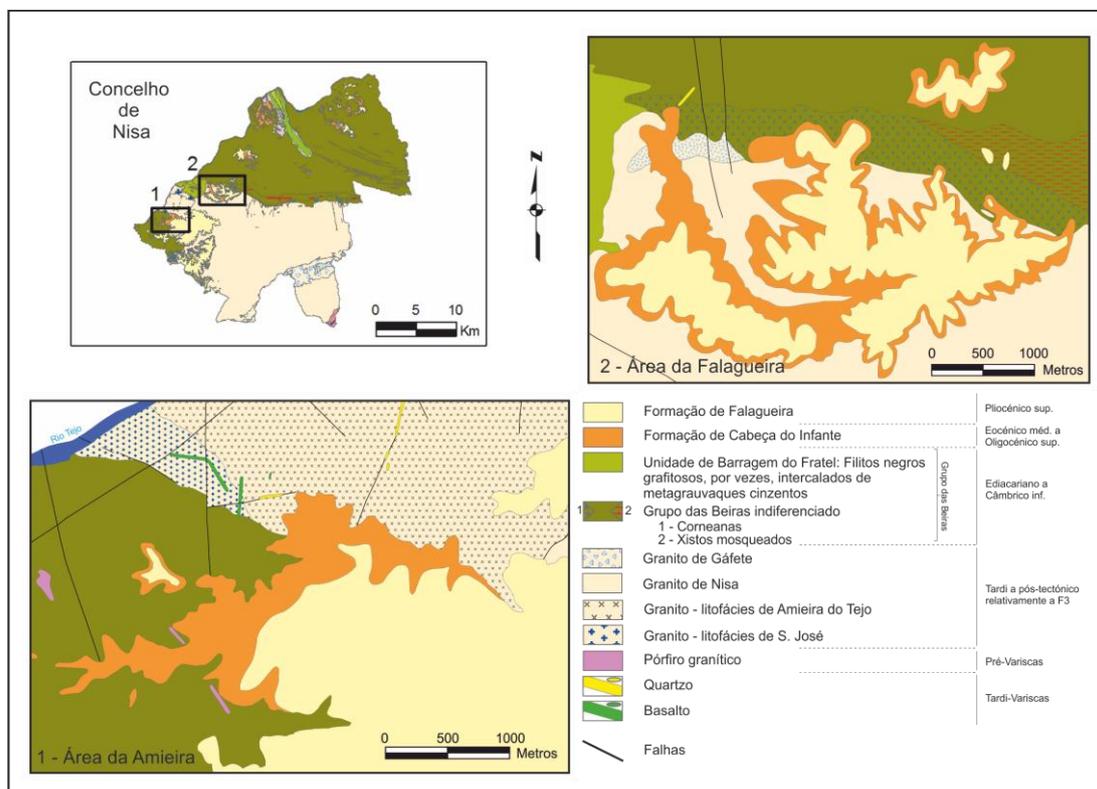


Fig. 47. Localização das áreas estudadas

A.2.2. Metodologia

Os métodos utilizados para a caracterização dos depósitos argilosos compreenderam uma componente de trabalho de campo e laboratorial. Durante a primeira se compilou-se a informação necessária e fez-se a cartografia de recursos paralelamente à amostragem das matérias-primas a estudar. A componente laboratorial compreendeu caracterização composicional e tecnológica das argilas, tendo em vista as suas potencialidades de utilização.

A.2.2.1. Trabalhos de campo

O levantamento cartográfico dos depósitos sedimentares com potencialidade em argilas constituiu uma componente indispensável do estudo realizado. Como base cartográfica foram utilizadas as folhas da Carta Militar de Portugal (à escala 1:25.000), 323 (Amieira), 324 (Niza), 314 (Vila Velha de Ródão) e 315 (Montalvão). Como suporte de apoio ao reconhecimento geológico das áreas foram usadas as folhas da Carta Geológica de Portugal (1:50.000) 28-A Mação (Romão, 2006) e a 28-B Nisa (Ribeiro, O., *et al.*, 1965).

Os estudos no terreno compreenderam, para além do reconhecimento geológico regional, estudos detalhados das duas áreas já referidas anteriormente. Optou-se por representar as áreas onde se cartografaram recursos argilosos, a maior escala (1:10.000), tendo assim resultado dois mapas correspondentes às áreas da Amieira e da Falagueira. É nestas áreas que ocorrem as explorações de argila do concelho com maiores potencialidades, apesar de geralmente inactivas.

Depois de adquiridos os dados no decorrer dos trabalhos de campo, procedeu-se à digitalização da cartografia, geoprocessamento e edição das cartas (Anexo 1) utilizando o package ArcGIS versão 9.3 da ESRI, nomeadamente as aplicações ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox. Com base nas cartas foram realizados cortes geológicos interpretativos, para uma melhor compreensão da estrutura dos depósitos.

A.2.2.1.1. Amostragem

No decorrer dos trabalhos de cartografia, foram colhidas 13 amostras, localizadas na carta litológica e de recursos argilosos (áreas da Amieira e da Falagueira), em anexo. A amostragem incidu sobretudo em barreiros (inactivos ou com exploração ocasional), embora algumas amostras tenham sido colhidas em sanjas já existentes, ravinas ou afloramentos em cortes de estrada ou caminhos. Sempre que possível, efectuou-se uma amostragem colunar dos níveis potencialmente interessantes. Foram obtidas 7 amostras de níveis argilosos na área de Amieira (amostras 1 a 7) e 6 amostras na área de Falagueira (amostras 8 a 13).

A colheita de amostras foi dificultada e limitada por diversos factores associados às características próprias dos sedimentos, modo de jazida e de afloramento.

Nomeadamente, a morfologia do terreno e a sequência sedimentar no conjunto, com abundantes níveis areníticos e conglomeráticos muito heterométricos, são propícias à ocorrência dos depósitos de cobertura verificados nas áreas de estudo. Por isto, os afloramentos são escassos, limitando-se aos locais referidos. Esta circunstância implicou que a distribuição geográfica da amostragem fosse descontínua, havendo áreas onde se verificou uma concentração de amostras e outras onde não foi possível fazer amostragem.

A.2.2.2. Trabalhos de laboratório

A caracterização das amostras e da fácies que elas representam, em termos geoquímicos, mineralógicos e tecnológicos foi efectuada tendo em vista a referenciação estratigráfica, dos litótipos argilosos com maior potencial para eventual uso como matérias-primas. Pretendeu-se, igualmente, contribuir para o conhecimento dos padrões genéticos da fácies representadas.

O trabalho de Laboratório é indispensável para a elaboração de uma proposta de classificação tipológica das unidades geológicas amostradas. Os ensaios e as técnicas analíticas seguidamente expostos foram realizados no Laboratório do LNEG (acreditado pelo I.P.A.C). Os procedimentos referentes aos ensaios foram efectuados de acordo com normas nacionais, internacionais ou desenvolvidas pelo Laboratório. Realizaram-se as seguintes análises e ensaios:

- Análise granulométrica;
- Análise mineralógica, por difracção de raios X e análises térmicas;
- Análise química por fluorescência de raios X e determinação do pH;
- Ensaio cerâmicos de caracterização tecnológica:
 - colorimetria de pós em seco e após cozedura a 900°C,
 - plasticidade (limites de Atterberg e índice de plasticidade),
 - avaliação da retracção verde/seco, seco/cozido e retracção total a 900°C,
 - resistência mecânica à flexão em cru e após cozedura a 900°C,
 - determinação da capacidade de absorção de água após cozedura a 900°C,
 - aspecto dos provetes e das respectivas fracturas após tratamento térmico.

A investigação laboratorial forneceu indicações composicionais, sobretudo quanto à sequência sedimentar e argilas identificadas, que funcionaram como guias mineralógicos e possibilitaram a posterior aferição da sequência identificada cartograficamente. Esta contribuição foi importante, pois além das dificuldades anteriormente referidas, quanto à cartografia dos depósitos em geral, e dos depósitos argilosos em particular, existem por vezes incertezas, na sua correlação estratigráfica e interpretação estrutural.

Entre as causas destas incertezas, destacam-se:

- a frequente semelhança litológica e cromática, sobretudo nos depósitos argilosos; a presença de séries monótonas sem níveis de referência;
- a existência de paleorrelevos, que condicionam a distribuição espacial das unidades ou litótopos propostos.

A.2.3. Caracterização das matérias-primas – textura, composição, propriedades e comportamento cerâmico

A.2.3.1. Características texturais e composicionais

A composição dos materiais estudados excluindo os sedimentos mais grosseiros arcóscicos, consiste maioritariamente de filossilicatos (>50%) e minerais não argilosos, dos quais o quartzo é predominante.

A textura das amostras é com frequência grosseira, todas com partículas inferiores a 4mm, sendo as mais grosseiras, as amostras 10 e 4; as amostras 2 e 12 têm ainda percentagem de areia muito fina significativa na sua constituição; as restantes (amostras 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13) são silto-argilosas, com percentagem reduzida de areia (<10%); destas as mais argilosas são as amostras 3, 1 e 6 (Quadro 16).

Quadro 16. Análise granulométrica das amostras, com principais fracções analisadas. DP – Desvio-Padrão

Nota: a cinzento, as amostras com menor fracção areia; nas amostras com partículas de dimensão de areia (>63 µm) superior a 20% mostram-se as percentagens de partículas nos intervalos 63-500 µm e 500-4000 µm.

| Amostra | <63 µm | 63-4000 µm | 63-500 µm | 500-4000 µm | >4000 µm |
|--------------|--------|------------|-----------|-------------|----------|
| 1 | 91,2 | 8,8 | | | 0,0 |
| 2 | 72,6 | | 17,6 | 9,8 | 0,0 |
| 3 | 92,1 | 7,9 | | | 0,0 |
| 4 | 69,7 | | 13,8 | 16,5 | 0,0 |
| 5 | 81,5 | 18,5 | | | 0,0 |
| 6 | 90,6 | 9,4 | | | 0,0 |
| 7 | 83,4 | 16,6 | | | 0,0 |
| 8 | 89,7 | 10,3 | | | 0,0 |
| 9 | 85,1 | 14,9 | | | 0,0 |
| 10 | 64,9 | | 15,5 | 19,6 | 0,0 |
| 11 | 88,8 | 11,2 | | | 0,0 |
| 12 | 77,0 | | 17,1 | 5,9 | 0,0 |
| 13 | 85,2 | 14,8 | | | 0,0 |
| Média | 82,45 | 12,49 | 16,00 | 12,95 | 0,00 |
| DP | 8,84 | 3,77 | 1,72 | 6,23 | 0,00 |

Os resultados da análise semiquantitativa da composição mineralógica das amostras estudadas e moídas a dimensão de grão inferior a 200mesh (74 µm) constam no quadro 17. As amostras, globalmente, em termos médios, são constituídas em proporções variáveis, por caulinite e ilite/mica sendo individualmente o quartzo, o mineral, em geral, mais abundante. A esmectite (montmorilonite) constitui fase presente na maioria das amostras, embora em quantidade geralmente reduzida. Na amostra 1 constatou-se a ocorrência de teor significativo de palygorskite. O feldspato alcalino registou-se na quase totalidade das amostras (excepto amostra 8), em geral, em quantidades pouco significativas, só se tendo detectado plagioclase na amostra 10, muito feldspática. Acessoriamente reconheceu-se goetite e hematite, em proporções reduzidas.

Na fracção de grão de calibre inferior a 2 µm há naturalmente um forte enriquecimento nos minerais argilosos das amostras, que não diferem substancialmente dos minerais identificados nas amostras integrais correspondentes, salvo no seu teor mais elevado (Quadro 18). Constata-se haver um aumento mais significativo da proporção de caulinite relativamente à ilite/mica, em relação aos valores da fracção integral, pelo que se deduz este mineral concentrar-se mais que a ilite/mica na fracção argila. O conteúdo em esmectite não varia significativamente.

A maioria das argilas são caulínico-ilíticas, com montmorilonite, em geral, pouco significativa. A lepidocrocite é vestigial nalgumas amostras.

Quadro 17. Composição mineralógica semiquantitativa obtida por DRX das amostras totais. Mont: montmorilonite; Caul: caulinite; Qtz: quartzo; FK: feldspato potássico; FNa: feldspato sódico-cálcico; Hemat: hematite; Palygors: palygorskite; Vest: vestígios

| Amostra | Mont | Caul | Ilite | Qtz | FK | FNa | Goetite | Hemat | Palygors |
|---------|------|------|-------|-----|-------|-----|---------|-------|----------|
| 1 | 5 | 8 | 37 | 21 | 4 | - | 2 | 1 | 22 |
| 2 | 3 | 25 | 17 | 45 | 10 | - | - | Vest. | - |
| 3 | 3 | 21 | 35 | 32 | 7 | - | 1 | 1 | - |
| 4 | 2 | 41 | 23 | 26 | 6 | - | 2 | - | - |
| 5 | 3 | 27 | 18 | 46 | 5 | - | 1 | - | - |
| 6 | 2 | 22 | 40 | 32 | 3 | - | 1 | - | - |
| 7 | 4 | 17 | 31 | 44 | 3 | - | 1 | - | - |
| 8 | | 46 | 30 | 23 | Vest. | - | 1 | - | - |
| 9 | | 35 | 23 | 39 | 1 | - | 2 | - | - |
| 10 | 14 | 9 | | 54 | 21 | 2 | - | - | - |
| 11 | | 51 | 24 | 23 | 1 | - | - | 1 | - |
| 12 | 4 | 38 | 9 | 43 | 6 | - | - | - | - |
| 13 | | 35 | 13 | 48 | 1 | - | 3 | - | - |

Quadro 18. Composição mineralógica semi-quantitativa obtida por DRX da fracção argila (<2µm). Mont: montmorilonite; Caul: caulinite; Qtz: quartzo; FK: feldspato potássico; FNa: feldspato sódico-cálcico; Hemat: hematite; Palygors: palygorskite; Vest: vestígios

| Amostra | Mont | Caul | Ilite | Qtz | FK | FNa | Goetite | Hemat | Palygors |
|---------|-------|------|-------|-----|----|-------|---------|-------|----------|
| 1 | 3 | 18 | 22 | 11 | 12 | 2 | - | - | 32? |
| 2 | 1 | 62 | 33 | 4 | - | - | Vest. | - | - |
| 3 | 4 | 37 | 52 | 5 | - | 1 | 1 | - | - |
| 4 | 2 | 62 | 32 | 3 | - | Vest. | - | 1 | - |
| 5 | Vest. | 65 | 29 | 4 | - | 1 | - | 1 | - |
| 6 | 2 | 48 | 40 | 9 | - | 1 | - | - | - |
| 7 | 3 | 56 | 35 | 5 | - | 1 | - | - | - |
| 8 | - | 53 | 43 | 3 | - | Vest. | Vest. | Vest. | - |
| 9 | - | 64 | 34 | 2 | - | Vest. | - | - | - |
| 10 | 27 | 35 | 24 | 14 | - | - | - | - | - |
| 11 | Vest. | 70 | 28 | 1 | - | - | 1 | Vest. | - |
| 12 | 2 | 75 | 19 | 4 | - | - | - | - | - |
| 13 | - | 62 | 34 | 3 | - | 1 | Vest. | Vest. | - |

No quadro 19 apresentam-se os resultados da análise química por fluorescência de raios X efectuada em amostras integrais seleccionadas. Os teores dos óxidos dos principais elementos correlacionam-se com as características mineralógicas observadas. Nomeadamente, a sílica e a alumina, os principais óxidos, apresentam valores que são concordantes com os teores de quartzo e minerais argilosos reconhecidos nas amostras.

No conjunto das amostras estudadas, os resultados da análise química revelam conteúdo elevado de sílica (média=62,7%) e conteúdo relativamente baixo de alumina (média =18,7%).

A sílica reflecte a composição quartzosa da maioria das amostras. Os valores de Al_2O_3 , nalguns casos mais elevados, relacionam-se com as amostras mais argilosas, cauliníticas e/ou ilíticas.

A razão SiO_2/Al_2O_3 é em geral elevada (média=3,36), quando comparada com o valor típico daquela razão ($\leq 2,9$) em argilas especiais (Grade *et al.*, 1980) e é concordante com composições ricas em quartzo e feldspatos. Os resultados obtidos para aquela razão, assim como o teor médio de Fe total (5,98 %), são compatíveis com o tipo de argilas em estudo – argilas comuns.

Os teores de ferro são globalmente elevados maioritariamente superiores a 5%, excepto para as amostras 9 e 12. São assim muito superiores aos valores médios desejados para argilas de qualidade (Grade & Moura, 1980; Carvalho *et al.*, 1999). Admite-se que parte do ferro se encontre em óxidos amorfos ou criptocristalinos e, ainda, na rede cristalina dos minerais argilosos, nomeadamente da ilite,

montmorilonite, e feldspato, já que os minerais de ferro, goethite e hematite têm representação reduzida.

As quantidades reduzidas de óxidos de cálcio e magnésio, reflectem a ausência de minerais carbonatados, gesso ou talco. Os teores ligeiramente superiores de MgO estarão relacionados com a presença de montmorilonite.

Nos alcalis o K₂O é predominante devido à componente ílítica das amostras e também devido à ocorrência de feldspato-K.

Os valores de óxido de titânio são baixos e estarão relacionados com a estrutura cristalina da mica moscovite, da caulinite e possivelmente com vestígios de rútilo associado ao quartzo. As quantidades de titânio são na maioria inferiores a 1%, pelo que praticamente não influem na cor da argila (Santos, 1985).

Os teores de outros óxidos, MnO e P₂O₅, estão no limite de quantificação ou são muito baixos.

Os valores de P.R. reflectem a composição argilosa e também os hidróxidos existentes. São geralmente baixos, devido ao carácter silicioso e ílítico da maioria das amostras, aumentando quando a percentagem dos minerais argilosos aumenta relativamente à dos não argilosos.

Quadro 19. Composição química obtida por FRX, dos elementos maiores (%) das amostras integrais. P.R.: perda ao rubro

| Amostra | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe total | MnO | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | P,R, |
|---------|------------------|--------------------------------|----------|------|------|------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| 1 | 57,03 | 17,45 | 6,44 | 0,10 | 0,29 | 3,40 | 0,29 | 3,15 | 0,82 | 0,15 | 10,77 |
| 2 | 64,2 | 17,77 | 5,29 | 0,02 | 0,05 | 0,75 | 0,36 | 2,32 | 0,9 | 0,04 | 8,1 |
| 3 | 59,97 | 17,62 | 7,87 | 0,04 | 0,07 | 1,2 | 0,32 | 2,94 | 1,2 | 0,05 | 8,49 |
| 5 | 60,81 | 19,5 | 6,6 | 0,02 | 0,04 | 0,53 | 0,2 | 2,19 | 0,93 | 0,04 | 8,88 |
| 6 | 61,14 | 17,69 | 6,93 | 0,04 | 0,04 | 1,14 | 0,28 | 2,99 | 1,19 | 0,06 | 8,28 |
| 8 | 61,12 | 20 | 6,71 | 0,02 | 0,04 | 0,49 | 0,2 | 2,25 | 1,34 | 0,04 | 7,79 |
| 9 | 67,51 | 17,66 | 4,73 | 0,02 | 0,04 | 0,45 | 0,2 | 1,75 | 0,9 | 0,07 | 6,69 |
| 10 | 70,77 | 13,84 | 2,75 | 0,02 | 0,05 | 1,03 | 0,43 | 2,34 | 0,55 | 0,07 | 8,04 |
| 11 | 58,68 | 22,03 | 6,28 | 0,02 | 0,04 | 0,34 | 0,2 | 1,79 | 0,91 | 0,06 | 9,62 |
| 12 | 68,16 | 17,11 | 3,43 | 0,02 | 0,06 | 0,53 | 0,2 | 1,49 | 0,65 | 0,04 | 8,19 |

Os teores dos iões de maior mobilidade verificados nas amostras são indicativos da intensidade de alteração sofrida pelas argilas (Oliveira *et al.*, 1980).

Assim, relacionando a composição química das amostras com as unidades geológicas, é patente uma menor concentração de iões alcalinos e alcalino-terrosos nas amostras atribuídas à Formação de Falagueira, o que pressupõe uma maior lixiviação química destes sedimentos relativamente aos da Formação de Cabeço do Infante.

Os valores de pH de todas as amostras integrais colhidas (Quadro 20) com média de 5.45 são inferiores a 6, próprios de argilas cerâmicas com caulinite, à excepção da amostra 1 (pH=7.93), facto atribuído à presença de palygorskite.

Quadro 20. Valores de pH obtidos após medições ao fim de 1 minuto e após um intervalo de 15 minutos

| Amostra | pH | |
|---------|------|------|
| | 1' | 15' |
| 1 | 7,91 | 7,93 |
| 2 | 5,12 | 5,15 |
| 3 | 5,61 | 5,6 |
| 4 | 5,15 | 5,15 |
| 5 | 5,44 | 5,46 |
| 6 | 5,38 | 5,41 |
| 7 | 5,5 | 5,4 |
| 8 | 5,12 | 5,13 |
| 9 | 5,27 | 5,31 |
| 10 | 5,26 | 5,06 |
| 11 | 4,87 | 4,91 |
| 12 | 5,55 | 5,22 |
| 13 | 5,08 | 5,15 |

A.2.3.2. Caracterização tecnológica – propriedades e comportamento cerâmico

As matérias-primas argilosas amostradas apresentam coloração em cru predominantemente amarelo acastanhado a castanho avermelhado.

No Quadro 21 constam os parâmetros de cor CIELab observados nestas amostras em seco e após tratamento térmico.

Relativamente aos parâmetros CIE foram medidos em todas as amostras, valores positivos para a^* e b^* , quer em seco ou após tratamento térmico, pelo que a cor tende preferencialmente para vermelho e amarelo e não para verde e azul. A luminosidade, em geral, é moderada a elevada.

As amostras foram todas sujeitas a cozedura à temperatura de 900°C, verificando-se um escurecimento progressivo na maioria das amostras. Há uma redução acentuada do parâmetro L após o tratamento térmico a 900°C (Quadro 21).

O grau de vermelho acentua-se, igualmente, bastante após a cozedura a 900°C, devido ao elevado teor de ferro e também do titânio, que embora em valores baixos contribui para o escurecimento.

A facilidade de conformação das pastas, bem como a aptidão destas à extrusão, são factores fundamentais para a caracterização cerâmica. Neste sentido, o índice de plasticidade é frequentemente utilizado como guia indicativo para o conhecimento da trabalhabilidade e extrudabilidade dos materiais argilosos.

Os limites de consistência de Atterberg e os índices de plasticidade foram determinados para todas as amostras. De acordo com a classificação proposta por Bruguera (1985) e Caputo (1998) a maioria das amostras têm plasticidade elevada (IP>15).

Quadro 21 Parâmetros de cor CIELab das amostras em seco (100°C) e após cozeduras a 900°C. *L**-luminosidade; *a**- eixo verde-vermelho; *b**- eixo azul-amarelo

| Amostra | L* | | a* | | b* | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 100 °C | 900 °C | 100 °C | 900 °C | 100 °C | 900 °C |
| 1 | 69,5 | 55,8 | 13,0 | 21,7 | 26,4 | 23,9 |
| 2 | 67,8 | 58,5 | 19,8 | 26,7 | 30,9 | 29,0 |
| 3 | 65,4 | 50,2 | 21,0 | 29,3 | 33,1 | 29,9 |
| 4 | 69,1 | 52,4 | 18,4 | 30,5 | 31,9 | 34,0 |
| 5 | 72,3 | 53,0 | 13,2 | 29,3 | 32,2 | 28,3 |
| 6 | 68,7 | 49,0 | 14,2 | 27,4 | 32,0 | 29,0 |
| 7 | 70,6 | 49,5 | 14,7 | 27,7 | 30,6 | 29,3 |
| 8 | 61,8 | 53,8 | 23,5 | 25,8 | 26,4 | 22,1 |
| 9 | 71,4 | 55,4 | 11,5 | 26,2 | 25,1 | 23,0 |
| 10 | 84,8 | 56,0 | 1,8 | 17,7 | 10,5 | 25,5 |
| 11 | 68,8 | 56,3 | 17,2 | 30,0 | 31,1 | 28,1 |
| 12 | 76,9 | 59,4 | 12,6 | 24,3 | 19,8 | 26,7 |
| 13 | 69,6 | 56,7 | 15,3 | 28,2 | 29,3 | 26,3 |

Bain & Highley (1978) propõem um gráfico com base no índice de plasticidade definindo dois campos de trabalhabilidade (moldabilidade), óptima e aceitável. O outro parâmetro considerado, o limite de plasticidade, é indicativo pela sua posição no gráfico, da retracção verde-seco qualitativa provável. A projecção das amostras no gráfico (Fig. 48) mostra que a maioria das amostras terá uma trabalhabilidade aceitável. As amostras 1 e 10 apresentam elevado limite de plasticidade, acima do campo de trabalhabilidade aceitável e a que corresponderá uma retracção crescente. Estas amostras têm em comum, mineralogicamente, a presença de esmectite e, geralmente, baixo teor de caulinite.

Com base nos campos definidos por Gippini (1969) no diagrama de Casagrande (Fig. 49), os dados de plasticidade mostram que a grande maioria das amostras se situa como seria de esperar, abaixo da linha *a* (siltes inorgânicos) e no campo da extrusão ótima e satisfatória existe um número significativo de amostras. Considerando os valores do limite de liquidez e do índice de plasticidade de Atterberg, é de esperar menor apetência para a extrusão, nas amostras que caem fora dos campos definidos. Nomeadamente, nas amostras 1 e 10, com limite de liquidez superior a 60% são expectáveis problemas na extrusão, pela sua excessiva plasticidade.

Assim, com base neste diagrama, verifica-se que as amostras situadas na zona com características de moldabilidade aceitável, no gráfico de Bain & Highley, deverão apresentar extrusão ótima a satisfatória.

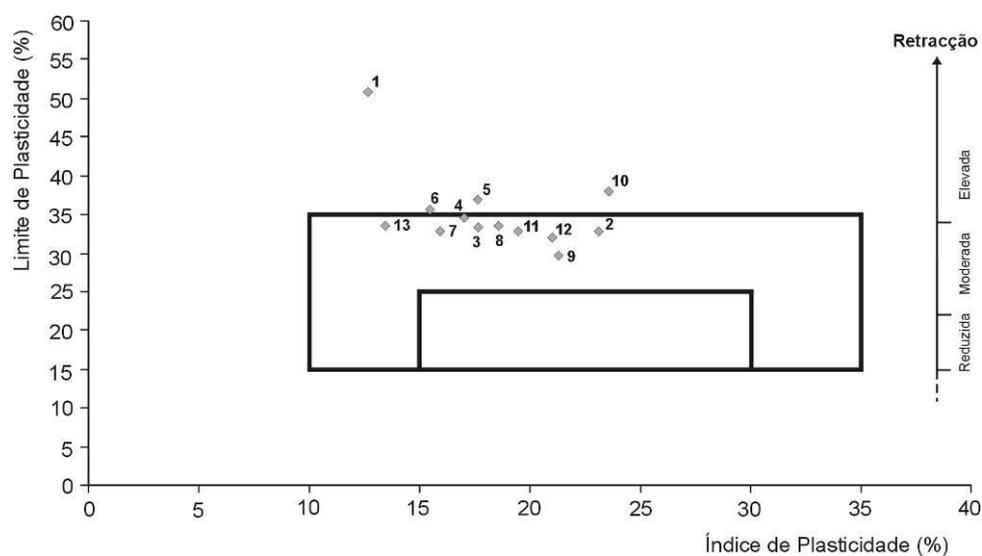


Fig. 48. Diagrama de trabalhabilidade de argilas adaptado de Bain & Highley (1978): aceitável (rectângulo maior) e ótima (rectângulo interno)

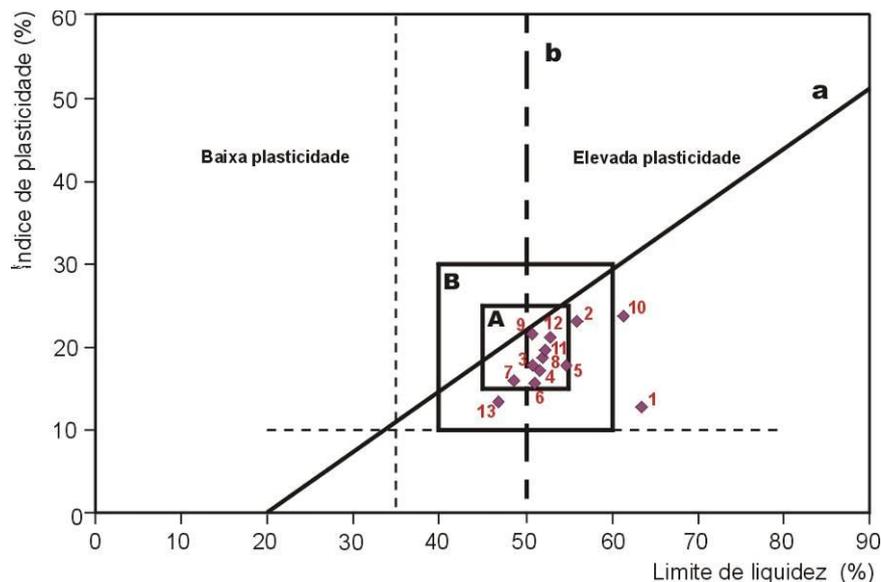


Fig. 49. Diagrama de Casagrande com os domínios relativos à extrusão de matérias-primas cerâmicas segundo Gippini (1969): A-ótimo, B-satisfatório; a linha *a* corresponde a uma fronteira empírica que separa as argilas inorgânicas (acima da linha) dos siltes inorgânicos e solos orgânicos; a linha *b* faz a separação entre os materiais com baixa e elevada plasticidade

No quadro 22 constam os parâmetros cerâmicos das amostras em seco e sujeitas a tratamento térmico (900°C).

A resistência mecânica à flexão (RMF) é uma das propriedades mais importantes na definição da aplicabilidade das matérias-primas argilosas nos diferentes usos cerâmicos. Admite-se que os factores mais determinantes nos valores da RMF sejam a natureza mineralógica, tamanho relativo dos grãos e o conseqüente empacotamento. Embora a moagem das amostras (<60 mesh) atenuem o efeito granulométrico natural do material ensaiado, as amostras com fracção argila mais elevada são as que geralmente apresentam RMF mais elevada.

Relativamente à RMF em cru, no presente trabalho, os valores calculados para esta propriedade tecnológica, são moderados a baixos ($x_m = 26 \pm 11 \text{ kg/cm}^2$), verificando-se os últimos valores, preferencialmente, na área da Falagueira (Quadro 22).

Após cozedura a 900°C, os valores de RMF das amostras evidenciam heterogeneidade, ligeiramente superior ao registado para os valores observados desta propriedade, em seco, para a mesma população.

A resistência mecânica à flexão em seco (valor médio = 26 kg/cm^2) e em cozido a 900°C (valor médio = 69 kg/cm^2) das amostras ensaiadas satisfazem geralmente na área da Amieira os valores mínimos, respectivamente, de 15 kg/cm^2 e 55 kg/cm^2 exigidos para o fabrico de tijolo (Santos, 1985), mas na região da Falagueira, aqueles valores são deficientes em metade das amostras. As características mecânicas requeridas para matérias-primas destinadas ao fabrico de telha

($RMF_{seco} \geq 30 \text{ kg/cm}^2$, $RMF_{cozido} \geq 65 \text{ kg/cm}^2$, Santos, *op. cit.*) são atingidas plenamente apenas em duas amostras. Consta-se que os níveis mais elevados na coluna sedimentar, têm valores de RMF mais baixos que os níveis da zona inferior da coluna.

A retracção que um corpo argiloso sofre, quer após secagem, quer após cozedura, é normalmente superior quando as argilas são mais plásticas e apresentam maior quantidade de partículas de dimensão coloidal.

No conjunto, os valores de retracção verde-seco das amostras são moderados a altos ($x_m = 8 \pm 1\%$), correspondendo os valores mais baixos às amostras arenosas. Os valores mais elevados deste parâmetro estão relacionados, quer com a maior quantidade de minerais argilosos, quer, especificamente, com a presença de esmectite.

Depois de cozedura verifica-se que os valores de retracção seco-cozido são baixos ($x_m = 1 \pm 1\%$). O facto deve-se principalmente à quantidade elevada de minerais não argilosos, em grande parte das amostras. A maior retracção seco-cozido está normalmente associada, como no caso da retracção verde-seco, à esmectite, com componente de volume variável e a uma proporção maior dos minerais argilosos e, conseqüentemente, a uma proporção menor de quartzo e feldspato. Estas características implicam uma perda de água mais lenta. O valor de retracção total média a 900°C é de $9 \pm 2\%$.

A cozedura cerâmica dos materiais amostrados proporciona para a temperatura de 900°C , produtos finais porosos com capacidade de absorção de água entre 15 e 29%, a que corresponde uma média de cerca de 21% (Quadro 22).

A elevada absorção de água observada deve-se, principalmente, às características granulométricas das amostras, que são siltosas, e possuem baixa percentagem de fracção argila. As amostras com menor capacidade de absorção de água foram obtidas na área de Falagueira. No domínio da cerâmica de construção, considerando os valores médios obtidos para esta propriedade, os materiais ensaiados têm aptidão para produzir tijolo e abobadilha, requerendo na maioria, uma correcção com argilas mais gordas. Para o fabrico de telha ou outros produtos cerâmicos mais nobres necessitam de ser lotados com outras argilas.

Ao nível das propriedades e comportamento cerâmico das amostras nas duas áreas estudadas não se verificam diferenças significativas o que traduz a continuidade das características das formações geológicas. As diferenças mais significativas observam-se na RMF, com valores mais favoráveis na área da Amieira. Aliás, apesar de comparativamente nas duas áreas, as variações nas restantes

propriedades estudadas serem ténues, observa-se uma tendência para melhores valores das propriedades cerâmicas na área da Amieira.

Quadro 22. Parâmetros cerâmicos das amostras em seco e sujeitas a tratamento térmico (900°C). Abs - capacidade de absorção de água (%); RMF - resistência mecânica à flexão em cru e em cozido (kg/cm^2); Retracção verde-seco, seco-cozido e total (%)

| Amostra | Abs _{900°C} | RMF | | Retracção | | |
|---------|----------------------|-----|--------|-----------|----------|-------|
| | | cru | cozido | v-seco | s-cozido | total |
| 1 | 28,49 | 22 | 65 | 9 | 1 | 10 |
| 2 | 19,65 | 25 | 103 | 9 | 1 | 10 |
| 3 | 19,17 | 41 | 96 | 6 | 1 | 7 |
| 4 | 20,25 | 28 | 44 | 9 | 1 | 10 |
| 5 | 22,6 | 26 | 60 | 10 | 0 | 10 |
| 6 | 19,55 | 38 | 120 | 7 | 3 | 10 |
| 7 | 19,73 | 20 | 54 | 9 | 2 | 11 |
| 8 | 23,02 | 15 | 35 | 8 | 0 | 8 |
| 9 | 18,43 | 23 | 77 | 9 | 1 | 10 |
| 10 | 15,06 | | 67 | 9 | 2 | 11 |
| 11 | 24,73 | 16 | 39 | 8 | 1 | 9 |
| 12 | 15,77 | 47 | 110 | 9 | 1 | 10 |
| 13 | 21,68 | 13 | 30 | 5 | 1 | 6 |

A argila para tijolo, abobadilha, telha e outros cerâmicos de construção é uma argila grosseira com quantidade apreciável de silte e areia, com teor em argila baixo (30 a 50%). Considerando as propriedades das argilas estudadas, a sua utilização mais adequada será para o fabrico de tijolo e abobadilha.

Actualmente, as argilas que são exploradas destinam-se a olaria. A argila para olaria é uma argila plástica ou gorda, de composição normalmente complexa, com diversos minerais argilosos e não argilosos, possuindo baixos teores de alumina (15-25%) e teores baixos a médios de óxidos de ferro (<10%). Os recursos em argilas com estas características são substancialmente menores, mas satisfazem inteiramente as necessidades da matéria-prima.

A.2.4. Eventuais potencialidades alternativas de argilas

No conjunto das amostras colhidas e analisadas verificou-se a existência de uma amostra argilosa com composição esmectítica e outra atapulgítica (com argilas fibrosas), o que suscitou a possibilidade destes materiais argilosos poderem ocorrer na região, em especial o segundo, com características adequadas para utilizações mais nobres, das quais seguidamente se faz uma breve referência.

As aplicações industriais das argilas fibrosas, palygorskite e sepiolite, devem-se às suas propriedades ad-absorventes e catalíticas, aglutinantes e elevada viscosidade. São utilizadas em fármacos, como excipientes (aglutinantes) ou agentes activos, em lamelas de sondagens, alternativamente à bentonite (esmectite), já que não floculam na presença de electrólitos e, no mercado do “cat litter”, os grânulos absorventes e desodorizantes nas camas dos animais de estimação. Presentemente, este constitui um importante sector de aplicação das argilas fibrosas.

Também em muitos casos da saúde humana verifica-se actualmente, um crescente interesse e preferência por tratamentos envolvendo meios naturais, em alternativa ou complementarmente, aos tratamentos da medicina convencional.

Os materiais geológicos pelíticos ou lutíticos, como a argila, têm sido usados desde a Antiguidade em geomedicina, não só para aplicações externas (peloterapia), sob a forma de banhos de argila/lama ou cataplasmas, mas também para ingestão (geofagia) dadas as suas propriedades curativas, além da utilização referida em fármacos e cosméticos (Gomes, 2002).

Estas aplicações terapêuticas devem-se às propriedades adsorventes e absorventes das argilas, que para terem interesse medicinal devem possuir determinadas características: granularidade fina, capacidade de troca catiónica e superfície específica elevadas, baixa taxa de arrefecimento, elevado calor específico, manuseamento fácil e agradáveis quando aplicadas directamente sobre a pele (Gomes, 2002).

Embora as associações minerais possam ser diversas, incluindo minerais argilosos como a caulinite, a illite, a esmectite e minerais não argilosos, mais vulgarmente, quartzo, feldspato, óxidos/hidróxidos de ferro e calcite, verifica-se que certas argilas que contêm esmectite e palygorskite como componentes principais, satisfazem mais frequentemente, as características antes referidas. O facto deve-se sobretudo à elevada capacidade absorvente e adsorvente destes minerais argilosos.

Assim, quando aplicadas externamente, argilas contendo caulinite, esmectite, palygorskite e sepiolite são usadas no tratamento de diferentes patologias de pele, como psoríase, seborreia e acne, assim como reumáticas, artropatias, condições pós-traumáticas e luxações musculares. A incorporação destes argilominerais em formulações farmacêuticas e de alimentos para animais deve-se à sua capacidade, para absorver certos compostos químicos, bem como toxinas, bactérias e vírus, pois dada a reduzida dimensão das partículas de argila, estas podem revestir ou encapsular células bacterianas que perdem actividade e podem ser eliminadas.

Argilas com esmectite e palygorskite como componentes principais são comumente e amplamente utilizadas para o tratamento de desordens intestinais. A palygorskite, em especial, entra em formulações antidiarreicas de certos medicamentos, sobretudo devido à sua própria alta capacidade de absorção de líquidos.

A maioria das argilas amostradas no concelho apesar de apresentarem uma composição geoquímica e mineralógica, por vezes favorável, não terão potencial para aplicação medicinal, devido à sua granulometria geralmente grosseira, pelo que em princípio não se justificaria os necessários custos de beneficiação. Contudo, a amostra 1, colhida na área de Amieira do Tejo, de granulometria fina e rica em palygorskite tem potencial para os fins referidos.

Esta argila atribui-se ao Complexo atapulgítico terciário da parte oriental da bacia do Tejo (Carvalho, 1968) e aflora nos níveis basais da sequência sedimentar próximo do contacto com os metassedimentos do Grupo das Beiras. A fracção argila deste complexo, segundo Carvalho (*op. cit.*), têm uma composição mineralógica atapulgítica, montmorilonítica e íltica, sendo por vezes constituída só por atapulgite. A composição mineralógica da amostra 1, além da presença de palygorskite tem um teor pouco significativo em esmectite e significativo em ilite e em quartzo, que penaliza o potencial da argila, mas existe a possibilidade de ocorrência desta litofácies na área da Amieira do Tejo com características composicionais mais adequadas a uma exploração para utilização a nível regional ou local.

Relativamente à amostra 10, com composição esmectítica, o interesse na ocorrência de argilas de fácies semelhante estaria dirigido para o campo da peloterapia, caso estas tivessem características adequadas para o efeito.

Assim, embora sejam de esperar recursos relativamente reduzidos, o que inviabiliza uma exploração tendo em vista as aplicações industriais de argilas fibrosas antes referidas, a existência das Termas da Fadagosa de Nisa, vocacionadas para terapêuticas do foro das doenças metabólico-endócrinas, do aparelho respiratório,

da pele, reumáticas e músculo-esqueléticas, pode proporcionar um campo de aplicação deste recurso potencial no próprio município onde ocorre.

A.2.5. Cartografia dos recursos argilosos potenciais e cortes

A cartografia geológica dos níveis argilosos da região teve como objectivo a representação dos recursos geológicos do concelho, realçando sempre que possível, as zonas com maior interesse económico.

Na área correspondente às folhas 28-A – Mação e 28-B – Nisa (Esc. 1:50.000), utilizaram-se para a cartografia, parte dos limites entre formações representados naquelas folhas, detalhando alguns, devido à maior escala e, adaptando-os ao critério cartográfico litológico definido neste trabalho.

As características litológicas constituíram o principal critério para a definição das litótopos representados, embora tendo em consideração as unidades litostratigráficas anteriormente definidas pelos autores antes citados.

A interpretação estrutural e dimensional dos níveis argilosos foi dificultada pelas condições de afloramento, como a cobertura vegetal e os depósitos de cascalheiras, que revestem grande parte da sequência sedimentar. Também os métodos de desmonte dos barreiros, locais preferenciais de realização dos perfis, raramente permitem ter uma percepção da coluna sedimentar, fornecendo apenas uma exposição parcial. Deparam-se, geralmente, três situações:

- Nas frentes do barreiro, os níveis argilosos que são explorados sazonalmente são cobertos nos intervalos de inactividade;
- Com o fim do um nível argiloso ou conjunto de níveis na base do Barreiro, a reposição de terras é quase imediata para a recuperação topográfica;
- Alguns dos barreiros foram explorados há muito tempo, fazendo com que se encontrem cobertos por densa vegetação.

Assim, devido à inexistência de afloramentos em grandes superfícies da área cartografada, as topologias representadas nas cartas foram nessas áreas inferidas com base em: relações estratigráficas, reconhecimento da profundidade dos níveis em barreiros e, um log de sondagem na área da Amieira (Fig. 54).

A cartografia efectuada cobre uma área de 24,3 km².

Relativamente a acidentes estruturais, foram foto-interpretados e assinalados lineamentos, que poderão corresponder a falhas ocultas a partir do soco, mas não foram observadas evidências no campo destes acidentes.

Os litótipos definidos nos depósitos de cobertura são predominantemente conglomeráticos, areníticos e siltosos, tendo-se definido do topo para a base, um conjunto de 3 litótipos principais, com características composicionais próximas, na área de Falagueira e Amieira do Tejo, cuja sequência consta nas colunas litológicas-tipo e nos cortes dos mapas das duas áreas e que são descritos seguidamente.

Depósitos de cascalheiras predominantes

Correspondem, dominantemente, a conglomerados grosseiros com matriz arenosa e cor característica ocre a amarelada. Podem exibir nas fácies mais arenosas, preferencialmente da base, tons avermelhados ou esbranquiçados. Estes depósitos, de um modo geral, correspondem à Formação de Falagueira e constituem uma cobertura mais ou menos espessa, sobre os outros litótipos (Fig. 50).

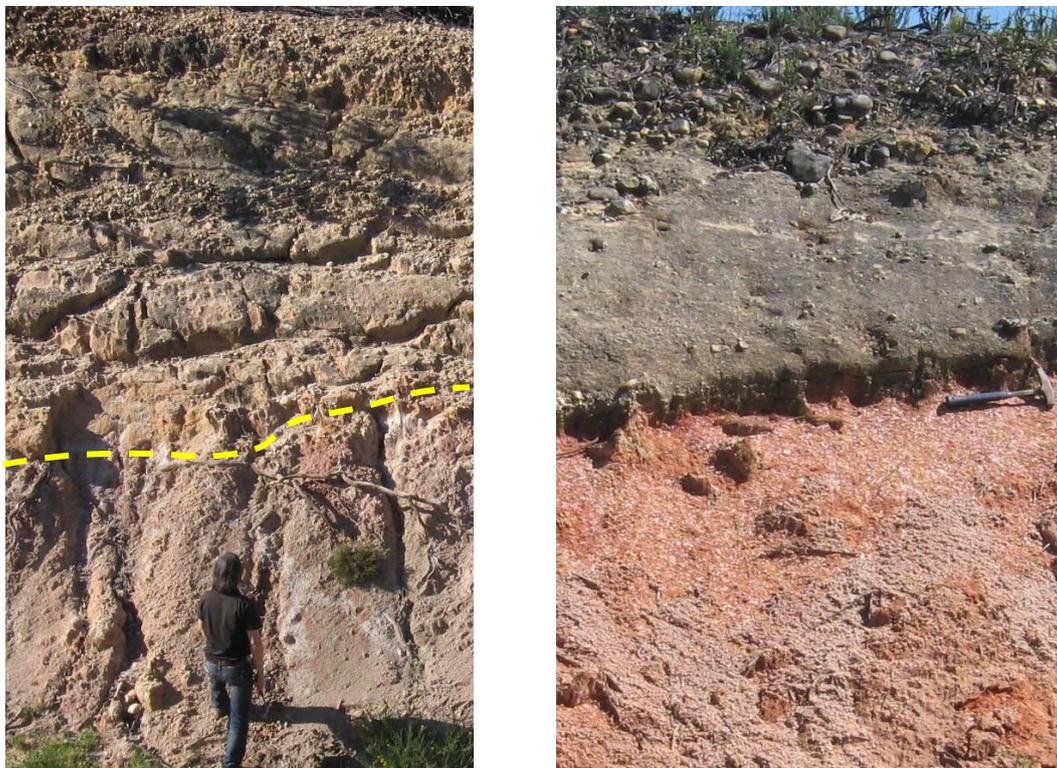


Fig. 50. **Depósitos de cascalheiras predominantes:** (esquerda) Aspecto destes depósitos junto à sub-estação da Falagueira e contacto (tracejado) com depósitos argilosos da **Sequência argilosa grosseira**, abaixo; (direita) contacto com o Granito de Nisa (martelo) no cruzamento da estrada Arêz – Amieira, com IP2.

Depósitos argilosos

Sob esta designação genérica incluem-se depósitos constituídos, predominantemente, por grãos da dimensão do silte e argila (lutitos) e areia, com características adequadas para utilização na Cerâmica de Construção. As argilas com aptidão para olaria são relativamente frequentes, mas ocorrem em níveis pouco possantes onde são pontualmente exploradas.

Na área da Falagueira, subjacente aos **Depósitos de cascalheiras predominantes** ocorre uma sequência siltosa, arenosa e argilosa de cor predominante avermelhada, com variações ou laivos cinzentos e ocres, que integra também arenitos arcósicos finos. Esta sequência com espessura variável até aproximadamente 6m, tem acentuada continuidade lateral no sector W da mancha de depósitos onde se diferenciou como **Sequência argilosa grosseira** (Fig. 51). Nesta litofácies podem ocorrer intercalados por vezes níveis areníticos e mesmo conglomeráticos, lenticulares ou com reduzida continuidade lateral e com espessura inferior a 1m, geralmente decimétrica.

Na parte inferior do enchimento sedimentar ocorre uma sequência de níveis menos possantes, que inclui siltes argilosos com areia feldspática, intercalados com arenitos finos feldspáticos e argilosos, de cor cinzenta a ocre, com laivos acastanhados. Esta sequência designou-se por **Argilas e arcoses finas** (Fig. 52). Esta sequência é menos grosseira que a superior. A coluna litológica sintética para a área da Falagueira está representada na Carta em anexo.

Os **depósitos argilosos** na área da Amieira têm características semelhantes aos da Falagueira, ocorrendo também em duas sequências ou conjuntos de níveis, separados por arenitos geralmente feldspáticos com conglomerados disseminados. Estas sequências observam-se no log da sondagem SAT1 (Fig. 54) e na coluna litológica sintética para a área da Amieira do Tejo, no respectivo mapa (Anexo).

As características cromáticas dos depósitos são semelhantes aos da área de Falagueira, mas a sequência superior da Amieira é mais argilosa e menos arenosa, tendo portanto, maior aptidão cerâmica; a sequência de níveis argilosos na parte inferior do enchimento é constituída por argilas geralmente mais plásticas, embora também com areia feldspática disseminada. Foi também em níveis argilosos próximos da base do enchimento, que se encontraram argilas com palygorskite.



Fig. 51. **Depósitos argilosos:** aspecto da **Sequência argilosa grosseira** em barreiro junto à sub-estação da Falagueira e contacto (nível conglomerático) com **Depósitos de cascalheiras predominantes** (sup. esquerda); pormenor de outro aspecto da **Sequência argilosa grosseira** com cor avermelhada cerca de 800 a SE de Albarrol (sup. direita); a mesma sequência, mais argilosa, 200m a N do do v.g. Amieira Sul (inf. esquerda) ; **Sequência argilosa grosseira** em pequeno barreiro na Amieira200m a NE do do v.g. Amieira Sul (inf. direita)barreiro na Amieira200m a NE do do v.g. Amieira Sul



Fig. 52. **Depósitos argilosos**: aspecto das **Argilas e arcoses finas**, 750m a SW do v.g. Amieira Sul (esquerda); aspecto da mesma litofácies na área da Falagueira, cerca de 750 a SE de Albarrol (direita)

Refere-se ainda que as sequências inferiores, nas áreas da Falagueira e Amieira, constituem litótopos argilosos usualmente com maior aptidão para olaria.

Os Depósitos argilosos, representados através de cortes geológicos interpretativos anexos aos mapas, estratigraficamente pertencem, em geral, à Formação de Cabeço do Infante, mas ocorrem também, no caso da sequência argilosa superior, na Formação de Falagueira próximo da sua base.

Arenitos feldspáticos e conglomerados

Estes depósitos de fácies grosseiras englobam arenitos grosseiros, frequentemente feldspáticos, sobretudo na sua parte inferior, conglomerados e pequenas lenticulas silto-argilosas. Correspondem à Formação de Cabeço do Infante (Fig. 53).



Fig. 53. Base do litótipo **Arenitos feldspáticos e conglomerados** num talude a sul da Amieira do Tejo, junto à ribeira de S. Pedro. O martelo assinala o conglomerado base e abaixo o granito alterado da litofácies Amieira do Tejo.

A.2.6. Estimativa de recursos argilosos

A quase ausência de afloramentos argilosos já referida, explica as escassas manchas cartográficas assinaladas, correspondentes aos depósitos argilosos.

Esta circunstância dificultou o cálculo de recursos em argila, que assim corresponde a uma estimativa, sempre com incerteza elevada. Para o procedimento subdividiram-se as áreas de ocorrência dos afloramentos em pequenos sectores, considerando para cada um deles a espessura média mínima dos depósitos argilosos ali ocorrentes. Foi considerada uma penetração até 10m de sobrecarga.

| | | | | |
|--|--|--|---|------------------------|
|  | | Amieira do Tejo (NISA) | | SONDAGEM: SAT 1 |
| Lat: 26805,1 Long: -18400,5 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Datum 73)</small> | Cota: 276m DIREÇÃO: — INCLINAÇÃO: 90° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 131mm T6 | CARTA S.C.E. (1/25000) n°: 323 COMP. TOTAL: 36,70m DATA: 22-30/03/2010 | |
| PROF. (M) | LITOLOGIA | Legenda | | |

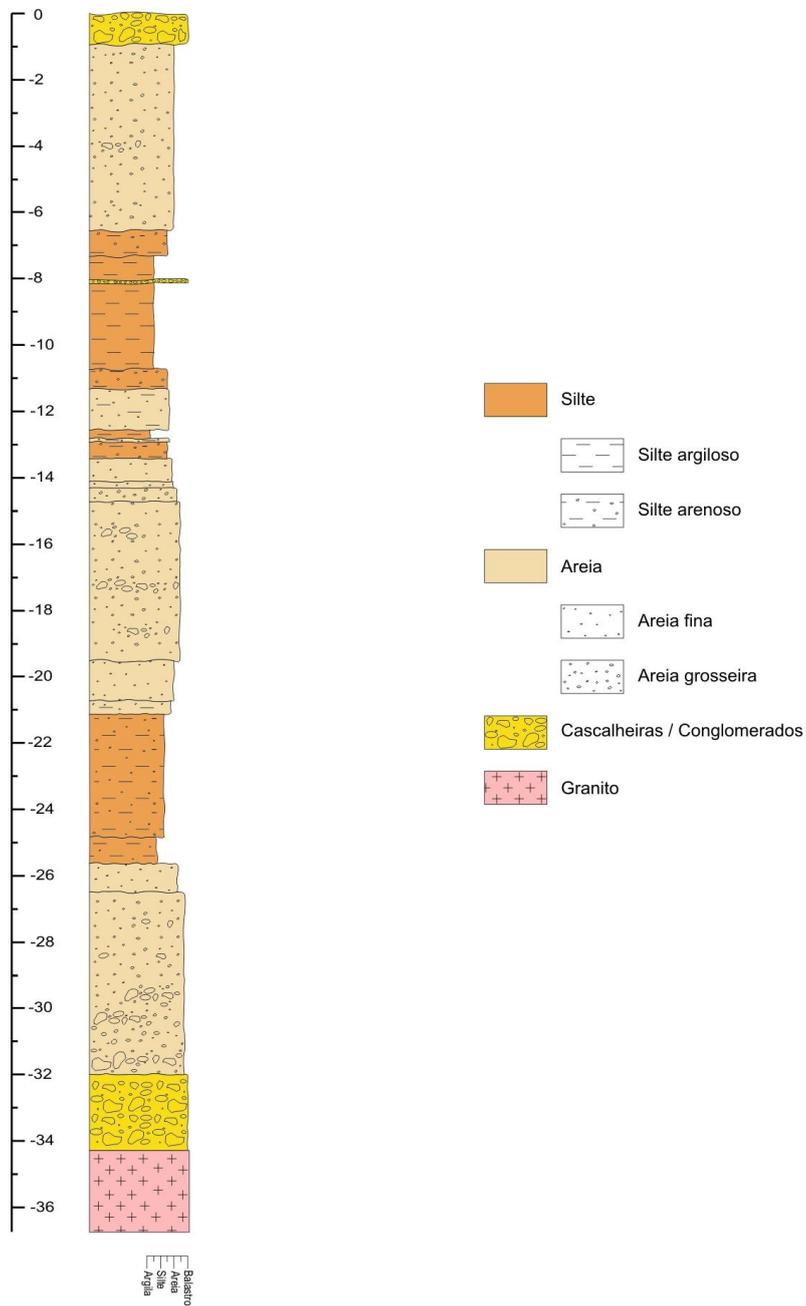


Fig. 54. Log da sondagem realizada na área da Amieira do Tejo

A estimativa do volume de recursos argilosos, perante os dados disponíveis, reveste-se de um grau de incerteza elevado. A ocorrência de afloramentos argilosos distanciados e à mesma cota, apesar do carácter lenticular, parece traduzir continuidade das camadas, o que pode constituir indício de recursos em argila avultados. No entanto, a ocorrência de depósitos de vertente não permitiu a sua confirmação.

O volume de recursos até agora extraído nas áreas já exploradas (recuperadas ou não) e em exploração é pouco significativo. A área da Amieira foi explorada em vários locais, para produção de telha e tijolo, mas de modo quase artesanal, pelo que os volumes extraídos não se podem considerar muito importantes. A actividade cessou nos anos 80 (séc. XX). Na área da Falagueira a extracção mantém-se de modo intermitente, para satisfazer as necessidades locais das olarias.

O volume total de recursos argilosos estimado no concelho de Nisa é da ordem de 2 milhões de m³. Este valor considera o volume total de recursos, que será superior, dado as estimativas terem sido calculadas por defeito. Se atribuirmos um valor médio 2, também por defeito, à densidade dos depósitos argilosos, obteremos um total mínimo de 4 milhões de toneladas para o recurso. Do volume total calcula-se que 1,5 milhões de m³ correspondam aos depósitos na Falagueira e 0,6 milhões de m³ aos depósitos na Amieira.

Os recursos restantes distribuem-se por pequenas áreas nos depósitos cenozóicos e quaternários. Nestas áreas, apenas foi possível registar ocorrências argilosas nas imediações de pequenos barreiros. Não obstante, as características dos depósitos observados não parecem indiciar nas áreas estudadas, massas minerais de argila que traduzam recursos assinaláveis.

Em síntese, se considerarmos os valores actuais do consumo de matéria-prima numa unidade cerâmica de pequena a média dimensão (consumo de 50 a 60.000 t/ano), os recursos estimados permitem antever reservas efectivas para 6 décadas de laboração.

A.3. PEGMATITOS – POÇO DA LANÇA

Nos granitos, especialmente no granito porfiróide (Granito de Nisa) ocorrem filões e, por vezes, relacionadas com estes, concentrações pegmatíticas e aplo-pegmatíticas. Até ao presente, as ocorrências observadas são de pequena dimensão, pelo que desprovidas de interesse económico, embora se verifiquem indícios de recursos com qualidade. Assim, deste tipo de recursos conhecidos, a massa pegmatítica de Poço da Lança, localizada próxima do Monte do Penedo Furado, cerca de 500m a E das Termas da Fadagosa, e que no passado já foi alvo de exploração, é aquela que suscita maior interesse mineiro.

A ocorrência pertence à categoria de jazigos pegmatíticos simples, sendo a forma de depósito mais comum em filões e massas irregulares. É composto por quartzo, predominando a variedade fumado, feldspato e mica (biotite e moscovite), mas é pelas variedades cromáticas de quartzo existentes, que é mais conhecido.

Em 1981 houve pedido de concessão mineira para quartzo e feldspato, por parte da empresa *Sociedade Mineira de Jade, Lda.* à antiga Circunscrição Mineira do Sul (Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos). Esta foi posteriormente deferida, para a demarcação provisória dos vértices do polígono da exploração com uma área de 50ha, denominada de Poço da Lança nº2, com dois cortes (esboços simples), que previam um desmonte a céu aberto, com degraus (Fig. 55).

Segundo um relatório facultado pela CMN (Geoestudos, 1991), tal massa pegmatítica teria aproximadamente 10x12m, com maior desenvolvimento vertical. Também segundo informações recolhidas no local, esta exploração teria atingido os 20m de profundidade, partindo da massa principal, ramificações filoneanas orientadas azimutalmente 280°, que teriam sido exploradas em galerias subterrâneas.

Estas corresponderiam às galerias referidas na bibliografia. Mais recentemente, as ocorrências filoneanas terão sido pesquisadas através de sanjas verificadas junto ao poço a sul.

Nas paredes do poço, é possível observar uma massa pegmatítica filoneana, essencialmente constituída por quartzo, feldspato potássico e mica branca (moscovite) dominante. À superfície na escombreira ocorrem muitos fragmentos de quartzo fumado predominantemente, com variações de tonalidades desde amarelo claro, quase hialino, a negro, por vezes com zonamentos.

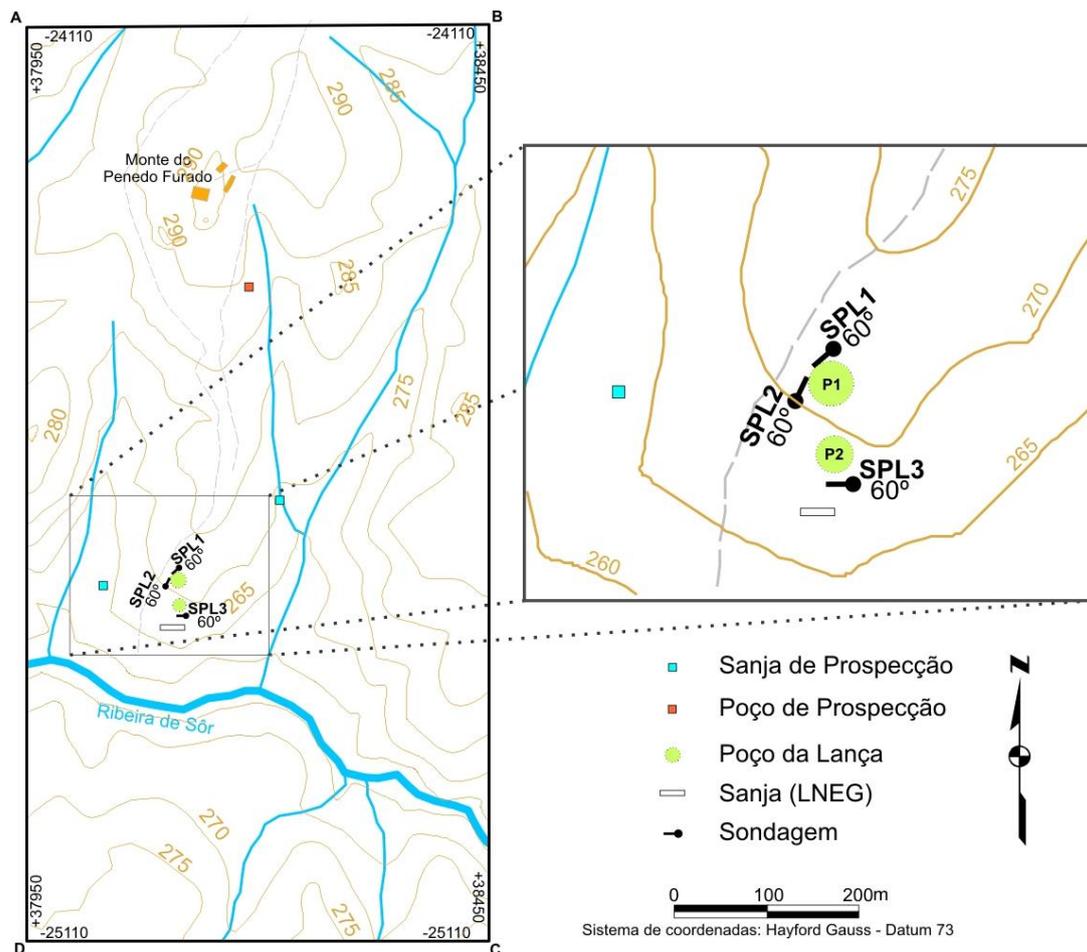


Fig 55. Área de concessão do Poço da Lança. P1-Poço da Lança; P2-2º poço; S1 e S2 correspondem às sanjas referenciadas no contrato de prospecção e pesquisa

O quartzo hialino (cristal rocha) é menos frequente. Ocorre também quartzo leitoso, agregados de moscovite e grandes cristais de feldspato alcalino (róseo); este tem frequentemente textura gráfica (com quartzo disseminado), que é indicativo de zonas marginais do corpo pegmatítico. Estes aspectos estão ilustrados na fig. 56.

A cor do quartzo fumado deve-se a defeitos na rede cristalina do quartzo provocada provavelmente por radioactividade que estará relacionada com substituição do silício por alumínio para formar um grupo $[AlO_4]^-$ em vez de $[SiO_4]^-$ e, presença de cátions monovalentes H^+ para compensar o desequilíbrio da carga na rede.



Fig. 56. Variações cromáticas do quartzo entre fumado escuro e amarelo claro (1), quartzo hialino (2), feldspato potássico sem contaminações (3) e com quartzo disseminado (textura gráfica) (4), quartzo leitoso sem contaminações (5)

A alusão na bibliografia referida, a pedras de muitas cores, nomeadamente as verdes, azuis e vermelhas, estará relacionada, provavelmente, com efeito óptico, iridescência, devida à refração da luz nas fracturas apresentadas pelo quartzo, com se verificou nalguns fragmentos.

A orientação de fractura predominante N10-20°E predominante na área coincide com a orientação dos dois poços existentes o que parece indiciar uma estrutura do corpo pegmatítico em “halter”, o qual teria ramificações filoneanas. Aquela orientação coincide com o sistema de falhas NNE-SSW, subvertical, com movimentação esquerda, referida por Romão (2006), cujo traçado está frequentemente marcado por esmagamento com quartzo brechificado e óxidos de ferro associados. Estas fracturas de origem varisca foram reactivadas nos episódios tardi-variscos e no Cenozóico, durante a deformação Alpina. Amostras de brecha de quartzo (Fig. 57), recolhidas na antiga escombreira da exploração, parecem indiciar uma associação a este sistema de fracturas, que poderá terá facilitado a circulação de fluidos hidrotermais.



Fig. 57. Amostra de brecha do Poço da Lança, com clastos angulosos de quartzo fumado e cimento constituído por lepidocrocite e goethite

A importância desta jazida reside no facto de, não serem conhecidas outras ocorrências de quartzo fumado no Alentejo, existindo em Portugal referências a quartzo fumado, apenas no distrito de Viseu (Venturinha, concelho de Penalva do Castelo), no distrito da Guarda (Pedreira de Bendada, concelho de Sabugal, e Aldeia Nova, concelho de Almeida, Braga e na Serra do Gerês (concelho de Montalegre); outras ocorrências como as existentes em Monchique, não são significativas.

O quartzo pode possuir aptidão industrial para diferentes aplicações, nomeadamente na indústria cerâmica e óptica, no caso do quartzo hialino, que denota elevada pureza. As gemas poderão constituir a principal aptidão das variedades de quartzo fumado ocorrentes.

O feldspato potássico é abundante mas além de quartzo, apresenta grãos de biotite disseminados, facto que constitui penalização, pois implica no tratamento industrial de beneficiação, que o feldspato seja reduzido à granulometria das penalizações, para se efectuar a separação. Poderá contudo, ter potencial para a indústria cerâmica.

Quanto à mica moscovite, esta não se revela muito abundante.

As três sondagens realizadas (fig. 58, 59 e 60) com uma inclinação de 60° e orientadas de modo a prospectar a área envolvente próxima da antiga exploração comprovaram a estrutura referida acima para o corpo pegmatítico. Assim, o núcleo da massa corresponderia aos poços, já explorados, tendo sido também

provavelmente extraído o pegmatito existente em apófises (filões) do corpo principal. Foi intersectada uma galeria que corresponderia a um filão principal com quartzo e feldspato, como se conclui pelo testemunho da sondagem SPL2.

As sondagens não revelam que o jazigo de quartzo e feldspato do Poço da Lança tenha actualmente potencial económico: encontrou-se quartzo e feldspato apenas num corpo pegmatítico a mais de 20m de profundidade e com características que denotam periferia em relação ao corpo de maior interesse que terá sido explorado como atesta a galeria interceptada; quanto à pequena massa pegmatítica interceptada pela sondagem SPL2, aquela não apresenta interesse como recurso.

| | | | | |
|---|---|---|--|-----------------|
|  | | Poço da Lança (NISA) | | SONDAGEM: SPL 1 |
| Lat: 38114,1 Long: -24695,8 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Ponto Central)</small> | Cota: 275 m DIRECÇÃO: 210° INCLINAÇÃO: 60° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) n°: 334 COMP. TOTAL: 35,20 m DATA: 3-6/05/2010 | |
| PROF. (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | | |

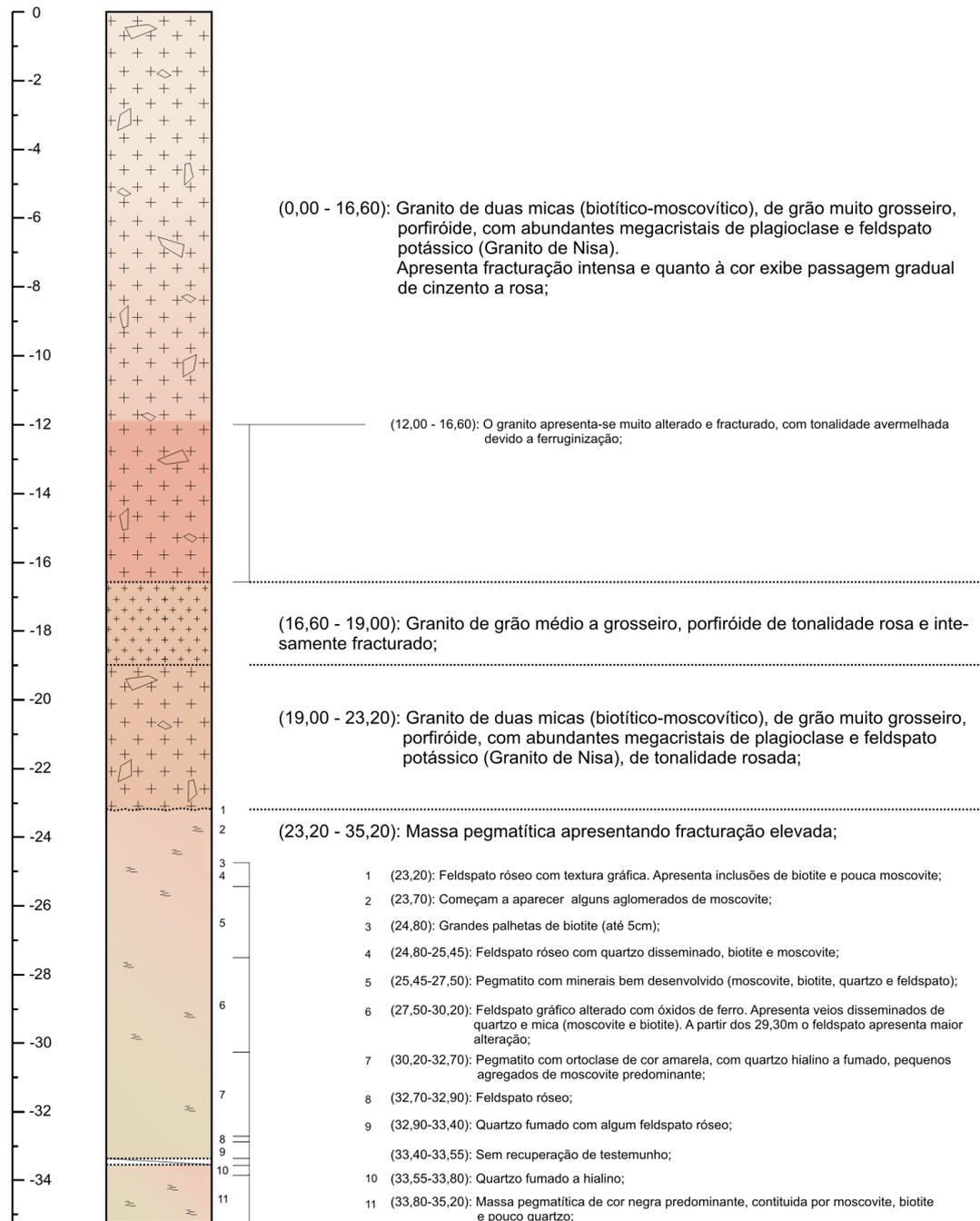


Fig. 58 - Log da sondagem SPL1 inclinada (60°) realizada no bordo N do poço principal

| | | | | |
|---|---|---|---|------------------------|
|  | | Poço da Lança (NISA) | | SONDAGEM: SPL 2 |
| Lat: 38096,9 Long: -24720,1 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Ponto Central)</small> | Cota: 270 m DIREÇÃO: 25° INCLINAÇÃO: 60° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) nº: 334 COMP. TOTAL: 33,35 m DATA: 7-14/05/2010 | |
| PROF. (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | | |

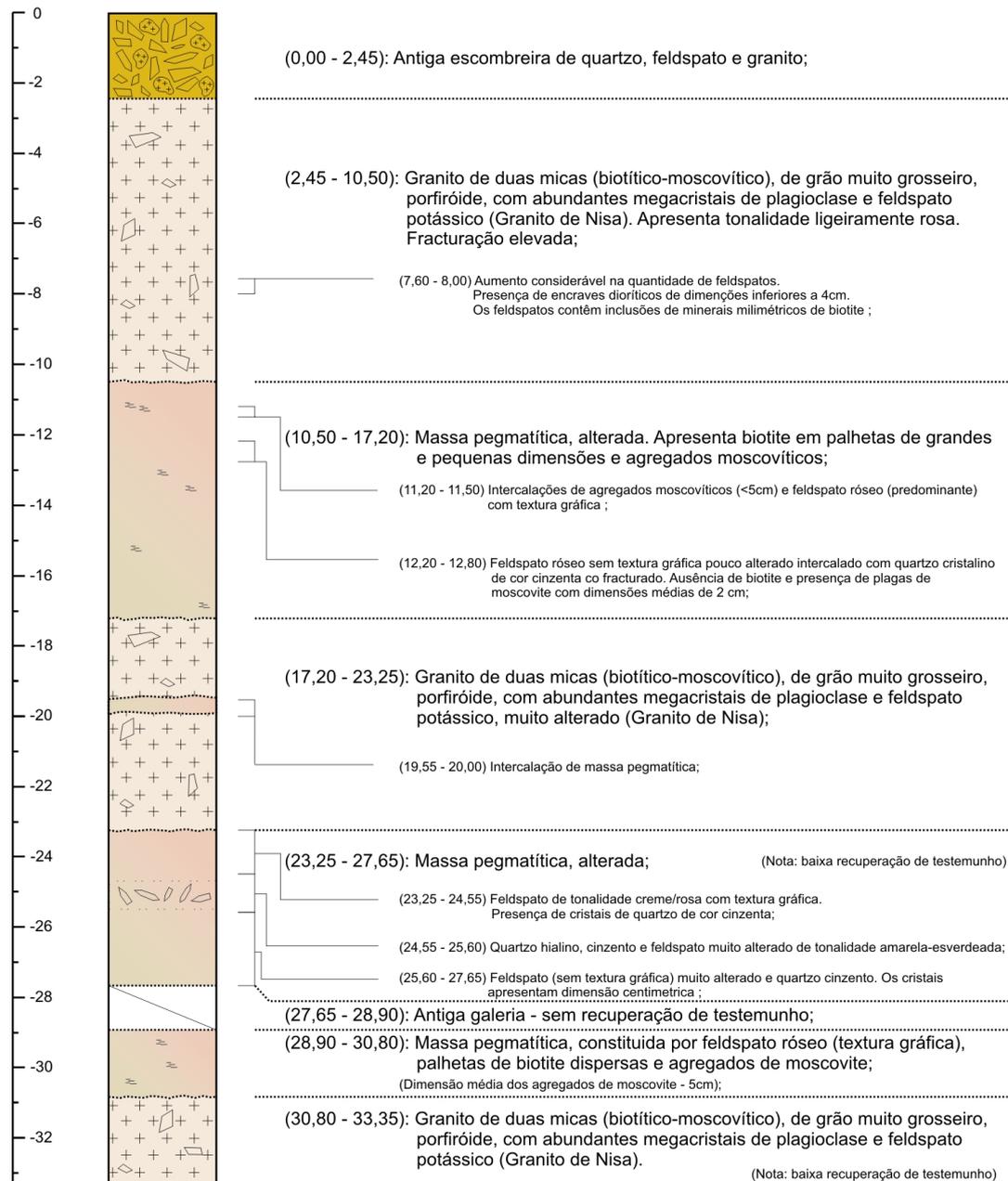


Fig. 59 - Log da sondagem SPL2 inclinada (60°) realizada no bordo W do poço principal

| | | | | |
|---|---|---|--|------------------------|
|  | | Poço da Lança (NISA) | | SONDAGEM: SPL 3 |
| Lat: 38122,1 Long: -24758,9 <small>(Sistema de Coordenadas Hayford Gauss - Ponto Central)</small> | Cota: 267 m DIRECÇÃO: 270° INCLINAÇÃO: 60° | SONDA: BE - 1656 MÉTODO: DIÂMETRO: 49mm NQ | CARTA S.C.E. (1/25000) nº: 334 COMP. TOTAL: 25,15 m DATA: 17-29/05/2010 | |
| PROF. (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO | | |

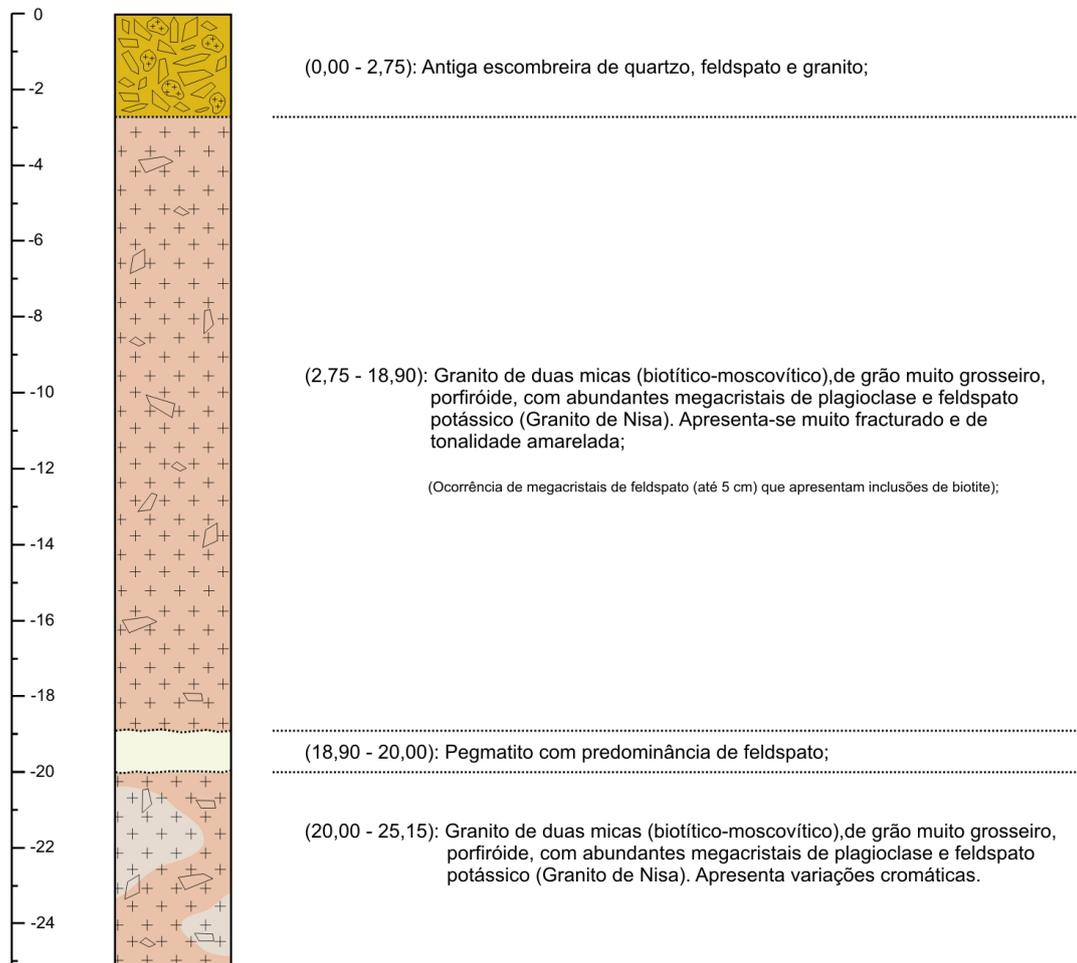


Fig. 60 - Log da sondagem SPL3 inclinada (60°) realizada no bordo S do poço secundário

Durante os trabalhos de campo observou-se cerca de 2,5km a NE da ocorrência do Poço da Lança (ver Mapa de Áreas Potenciais de Recursos Geológicos Não Metálicos em anexo), a existência de uma pequena área onde ocorrem disseminados fragmentos de quartzo, de variedade predominantemente fumada (desde quase hialino a fumado escuro), geralmente de pequena dimensão, com as mesmas características dos encontrados no Poço da Lança. O facto de estes clastos se encontrarem em conjunto com numerosos fragmentos de cerâmica romana, onde ainda ocorrem telhas quase intactas, sugere que tenham sido para ali transportados o que levaria a supor que a exploração do pegmatito já dataria do período de

ocupação Romano. Esta seria uma explicação plausível pois não há registo nem vestígios de qualquer exploração de quartzo com aquelas características nesta pequena área.

Também se constatou numa área próxima, a existência do que aparenta ser uma pequena escombreira ou restos de pesquisa de quartzo leitoso com fragmentos de dimensão até 40x20cm. O quartzo tem elevada qualidade pois, macroscopicamente, não apresenta quaisquer contaminações (Fig. 56). Contudo não foi possível detectar a orientação de corpos filoneanos.

A.4. ESPAÇOS DE INDÚSTRIA EXTRACTIVA PARA RECURSOS GEOLÓGICOS NÃO METÁLICOS

Na sequência do estudo dos recursos minerais não metálicos do Concelho de Nisa apresenta-se a proposta de Espaços de Indústria Extractiva (EIE) para aqueles recursos, que estão representados no mapa de Espaços de Indústria Extractiva (escala 1:50.000) em Anexo.

Os EIE obedecem aos critérios da Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (2005):

Área de Exploração Consolidada - Área onde ocorre uma actividade extractiva produtiva significativa, e cujo desenvolvimento deverá ser objecto de uma abordagem global, tendo em vista o aproveitamento do recurso geológico dentro dos valores de qualidade ambiental.

Área de Exploração Complementar - Área de exploração que poderá, ou não ser adjacente à área de exploração consolidada consigo relacionada. O ritmo e as áreas de exploração serão condicionadas pelo nível de esgotamento das reservas disponíveis e/ou pela evolução da recuperação paisagística da(s) respectiva(s) área(s) de exploração consolidada(s).

Área Potencial - Área de reconhecido potencial geológico, em que o aprofundar do seu conhecimento a torna passível de dar origem a eventuais “Áreas de Exploração Consolidada” e “Áreas de Exploração Complementar”.

No município de Nisa, os recursos minerais não metálicos com potencialidades económicas são os granitos ornamentais ou industriais e as argilas comuns, visto outras litologias ocorrentes, como as fácies xistentas e corneanas não terem potencial económico.

Assim, neste mapa constam as Áreas de Exploração Consolidada, de Exploração Complementar e Áreas Potenciais, propostas para extracção de granitos ornamentais, industriais (saibros e granulados mecânicos) e para argilas comuns, com potencialidade para cerâmica de construção e olaria. Também estão assinalados no mapa, todos os locais onde se reconheceu actividade extractiva.

Entre as litologias graníticas, o granito de Alpalhão é o que apresenta maior potencial ornamental e industrial, sendo actualmente o único onde incide actividade extractiva. Nesta litofácies são definidas duas Áreas de Exploração Consolidada, correspondentes a áreas em exploração activa, uma Área de Exploração Complementar para granito ornamental, numa envolvente da sondagem SCA1 (que indicou granito com aptidão ornamental), além das Áreas de Exploração

Complementar para granitos ornamentais e industriais, indiferenciadas. A indiferenciação entre granitos ornamentais e industriais deve-se à imprevisibilidade geológica nestas áreas, que dificulta a demarcação separada das duas potencialidades do granito.

Relativamente ao Granito de Gáfete, também não é viável a demarcação separada, de EIE para granito ornamental e industrial, pelo que são consideradas as duas aplicações conjuntas, nas áreas propostas. Esta opção deve-se às razões acima referidas e, particularmente, às características texturais heterogéneas deste granito e ao seu estado de fracturação, que em geral, quando muito, permite a extracção de pequenos blocos. No entanto, este é um granito que, além de possuir aptidão como rocha industrial, tem potencial ornamental, devido à sua cor e textura.

As Áreas Potenciais para granitos ornamentais e industriais, correspondem à área de afloramento dos granitos de Gáfete e de Alpalhão não incluída nos EIE já definidos.

Relativamente aos recursos em argilas consideraram-se as argilas com potencial conjunto para cerâmica de construção e para olaria, e as argilas com aptidão para olaria. Nas áreas de ocorrência das primeiras, envolvendo uma volumetria de recursos significativa, existem níveis de argilas grosseiras e de argilas mais gordas, com aptidão para os dois fins.

A reduzida dimensão de algumas das manchas de depósitos onde ocorrem argilas mais gordas, actualmente exploradas para olaria, não têm significado como recursos para cerâmica de construção, que implicam uma volumetria muito superior. Estas pequenas áreas e níveis foram portanto demarcadas, como Áreas de Exploração Complementar de argilas para olaria. Apenas se demarcou uma Área de Exploração Consolidada, na área de Falagueira, onde a extracção é mais significativa.

As Áreas Potenciais para cerâmica de construção e olaria correspondem a áreas de afloramento dos sedimentos da Formação de Cabeço do Infante e Formação de Falagueira, consideradas mais favoráveis para estes recursos e não incluídas nos EIE acima definidos.

Estão também representadas as áreas de exploração complementar para quartzo e feldspato. As áreas com ocorrências filoneanas de quartzo, sobretudo na zona Este do concelho (Fig. 3), não foram consideradas devido à sua reduzida aptidão. Também os quartzitos ocorrentes na Serra de S. Miguel (Formação do Quartzito Armoricano), apesar da sua aptidão para agregados, não foram abrangidos neste mapa, devido à sua localização, e cuja possibilidade de exploração implicaria um impacto ambiental e paisagístico, elevado e injustificável, considerando a abundância de matérias-primas graníticas para agregados existentes no concelho.

A.5. CONCLUSÕES

No Concelho de Nisa destaca-se a nível de Património Geomineiro e Geológico, respectivamente, o Conchal do Arneiro e a ocorrência de blocos pedunculados, devidamente enquadrados no Geoparque Naturtejo. Neste relatório, além destes recursos patrimoniais, é dada particular importância à geomorfologia granítica, sobre a qual pouca informação existia. Pelo facto são agora referenciadas outras formas graníticas ocorrentes, que pela sua originalidade se incluem no património geomorfológico do concelho.

No respeitante aos granitos, como recurso mineral não metálico, a sua importância é particularmente condicionada pela fracturação, pelo que os trabalhos incidiram especialmente neste factor.

Os granitos ornamentais correspondem ao Granito de Alpalhão e de Gáfete, não tendo o Granito de Nisa aptidão ornamental.

O Granito de Alpalhão é o que tem maior aptidão ornamental que varia em função da sua homogeneidade textural, geralmente elevada, do seu estado de fracturação, variável, e estado de alteração, em geral limitado aos primeiros metros. Aflora em três manchas: Pinheiral, Ribeira de Sôr e Carvalhal. Actualmente, apenas duas pedreiras se encontram em actividade a extrair blocos, na primeira e segunda manchas.

A mancha do Pinheiral é onde o granito aparenta ser mais homogéneo, com menos penalizações e fracturação mais espaçada. Apesar da mancha estar quase limitada à pedreira *Tapada da Pedra Azul*, uma sondagem realizada demonstrou o seu elevado potencial em profundidade. A análise conjunta dos dados da estatística descritiva, do índice de espaçamento volumétrico (J_v) e frequência de fracturação corroboram ser a rocha menos fracturada no local da scanline 04, onde se obterão os maiores blocos.

Na mancha de Ribeira de Sôr, a rocha apresenta-se mais fracturada e na parte próxima do limite do concelho apresenta uma granularidade ligeiramente mais grosseira que a litofácies da mancha anterior, é menos homogénea e está mais fracturada. Os dados de fracturação traduzem espaçamentos irregulares, com clusters de fracturas, que no entanto podem permitir bons espaçamentos. É o caso da pedreira activa (*Herdade da Fonte dos Bagos*) da scanline 02. Aí, a ocorrência de

clusters de fracturas muito próximas resultam num valor do J_v a indicar bloco no limite do comercial, no entanto, a frequência da fracturação é das mais baixas. Também a estatística descritiva mostra estas características para a fracturação.

A mancha do Carvalho é a que tem maior superfície, apresentando potencialidade elevada em recursos do tipo inertes (gravilhas, britas de diversos calibres, areia lavada, pó de pedra, rachão e agregados de granulometria extensa) de qualidade, para trabalhos de engenharia civil e construção rodoviária. A qualidade dos inertes deve-se às características composicionais da rocha, que se apresenta inalterada e com acentuada homogeneidade em profundidade, como se verificou nas sondagens. A fracturação, em geral acentuada constitui também factor favorável para este fim. Pelo contrário, o estado de fracturação torna a potencialidade em granitos ornamentais mais limitada. Na área a W os indicadores de homogeneidade e fracturação não são favoráveis, mas são-no a E, facto que se comprovou pela sondagem SCA 1. Contudo, esta área com potencialidade para granito ornamental é limitada, pois na maior superfície da mancha, a rocha apresenta-se bastante fracturada e com heterogeneidades. Estas, embora irrelevantes para granito industrial, são penalizantes do ponto de vista ornamental.

Envolvendo o Granito de Alpalhão, o Granito de Gáfete apesar da cor amarela favorável do ponto de vista ornamental, apresenta-se heterogéneo, por vezes alterado e, com fracturação frequentemente elevada. Assim, esta fácies tem baixa aptidão para extracção de bloco (excepto blocos pequenos), mas tem potencial considerável para produção de diferentes classes de cubos e calçada, além de cantaria, perpianho e guias de passeio. As suas características mineralógicas, nomeadamente a ocorrência de grandes plagas de moscovite, não permitem polimentos de elevada qualidade.

Cabe salientar que os resultados aqui obtidos, sobretudo no respeitante à fracturação, tanto em superfície quer em profundidade, são extrapoláveis apenas para as áreas contíguas aos locais estudados, e mesmo assim com reservas, pois a fracturação em maciços graníticos tem uma componente de aleatoriedade elevada.

Relativamente aos granitos industriais (granulados mecânicos e saibros), pelas suas características composicionais, texturais e mecânicas, os granitos com melhor aptidão para granulados, por ordem decrescente, são o Granito de Alpalhão, de Gáfete e de Nisa. Relativamente ao primeiro, com muito boa aptidão, será de escolher zonas mais fracturadas, mas com reduzida alteração. O Granito de Nisa tem bom potencial para ocorrência de saibros.

As argilas vermelhas, actualmente são apenas exploradas esporadicamente para satisfazer necessidades do artesanato em olaria, em vários locais do concelho.

As maiores potencialidades verificam-se nas áreas da Amieira e da Falagueira, para as quais se elaboraram mapas litológicos e de recursos argilosos. No conjunto da amostragem as argilas da área da Falagueira são mais grosseiras, mas os recursos são mais elevados. Os parâmetros de caracterização das argilas para cerâmicos de construção (tipo tijolo e abobadilha) são satisfatórios nas amostras da Amieira e deficientes em parte dos níveis amostrados na área da Falagueira, o que não é impeditivo do seu aproveitamento, pois estes materiais podem ser lotados com níveis de argilas mais gordas ocorrentes na área.

Os recursos nesta matéria-prima são consideráveis, permitindo a instalação de uma unidade cerâmica de média dimensão, para produção de cerâmicos de construção, nomeadamente tijolo e abobadilha. Estimou-se um total mínimo de 4 milhões de toneladas para o recurso. Do volume total calcula-se que 1,5 milhões de m³ correspondam aos depósitos na Falagueira e 0,6 milhões de m³ aos depósitos na Amieira.

Actualmente, verifica-se uma tendência de evolução dos mercados para uma maior especificação dos produtos e das suas características, ou seja uma maior exigência do consumidor, o que abre a possibilidade de criação de empresas mais pequenas, e conseqüentemente produções mais pequenas, para nichos de mercado com produção personalizada. Assim, por exemplo, a instalação de pequenas unidades de produção de cerâmicos específicos como telha antiga ou tijolo burro, para restauro, com material da região constitui uma possibilidade.

Ainda a referir no respeitante às argilas, a ocorrência verificada em duas amostras de argilas especiais tipo esmectítico e fibrosas (palygorskite), respectivamente. Estes tipos de argilas podem ter aplicações industriais e terapêuticas, pelo que seria interessante um estudo mais pormenorizado do potencial destas argilas na região.

Relativamente a recursos em quartzo e feldspato ocorrentes em corpos pegmatíticos e filões, o pegmatito do Poço da Lança, pelas referências de que tem sido objecto ao longo tempo e pelos indícios existentes à superfície foi alvo de prospecção mais pormenorizada. Conclui-se que o corpo com maior potencial em quartzo e feldspato já foi explorado, não sendo de esperar na área envolvente dos poços ocorrências

com interesse económico, já que a eventualmente existirem, encontram-se a uma profundidade onde a exploração actualmente não é rentável, em função dos métodos de extracção geralmente utilizados para este tipo de matérias-primas.

O facto do corpo principal do Poço da Lança já ter sido explorado, não inviabiliza a existência da Área de Exploração Complementar assinalada na região do Monte do Penedo Furado (Poço da Lança) e do vértice geodésico de Ceiceira devido à possibilidade de ocorrência de outros corpos pegmatíticos com interesse económico. Relativamente à primeira área, existe um antigo poço de prospecção, próximo do Monte do Penedo Furado e alinhado com o Poço da Lança segundo a direcção de fractura N10-20°E referida, onde existem à superfície fragmentos de quartzo e feldspato, supostamente retirados do poço. Este facto leva a assumir a possibilidade de outras ocorrências pegmatíticas na área, potencialmente com interesse económico, no entanto, a existirem, não ocorrem também à superfície.

Quanto à área do v.g. de de Ceiceira, a demarcação da Área de Exploração Complementar, teve como base a escombreira observada, de quartzo de elevada pureza, já que não se observam outros indícios à superfície.

Assim, em síntese são propostos no município de Nisa, os seguintes Espaços de Indústria Extractiva:

Áreas de Exploração Consolidada (3)

- a) 2 para granito ornamental (Granito de Alpalhão)
- b) 1 para argilas comuns (olaria)

Áreas de Exploração Complementar (22)

- a) 4 para granito ornamental e industrial em Granito de Alpalhão
 - i. 1 para ornamental
 - ii. 3 para ornamental e industrial
- b) 1 para granito ornamental e industrial em Granito de Gáfete
- c) 1 para granito industrial (brita) em Granito de Nisa
- d) 7 para saibro

- e) 7 para argilas comuns (cerâmica de construção e olaria)
 - i. 2 para olaria
 - ii. 5 para cerâmica de construção e olaria
- f) 1 para quartzo
- g) 1 para quartzo e feldspato

9 Áreas Potenciais:

- a) 2 para granito ornamental e industrial em Granito de Alpalhão
- b) 7 para argilas comuns (cerâmica de construção e olaria)

BIBLIOGRAFIA

Arthaud, F. & Matte, P. (1975) - Les décrochements tardihercyniennes du sudouest de L'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation. *Tectonophysics*, 25, 139-171.

Bain, J.A. & Highley, D.E. (1978) – Regional appraisal of clay resources – a challenge to the clay mineralogist. In: M.M. Mortland and V.C. Farmer (Editors), *Proceedings VI International Clay Conference, Developments in Sedimentology 27*, Elsevier, Amsterdam, pp. 437-446.

Brook, G.A. (1978) - A new approach to the study of inselberg landscapes, *Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Supplementband 31*, 138–160.

Bruguera, J. (1985) – Manual práctico de cerámica. Omega, DL, XVI, Barcelona, 335 p.

Campbell, E. M. (1997) - Granite landforms. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 80 101-112,

Campbell, E.M.; Twidale, C.R. (1995) - The various origins of minor granite landforms. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, Vol. 20, pp. 281-306.

Campos, A. B. A. & Pereira, L. C. Gama (1991a) - Aspectos da estrutura do Complexo Xisto-grauváquico ante-Ordovícico e do Ordovícico da Serra de S. Miguel - Nisa (Alto Alentejo), *Memórias e Notícias*, Pub. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra, n. 112, p. 81-95.

Campos, A. B. A. & Pereira, L. C. Gama (1991b) - A arquitectura e a fracturação no granito de Nisa (Alto Alentejo - Portugal), *Memórias e Notícias*, Pub. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra, n. 112, p. 121-133.

Bruguera, J. (1985) – Manual práctico de cerámica. Omega, DL, XVI, Barcelona, 335 p.

Carvalho, A.M.G. (1968) – Contribuição para o conhecimento geológico da Bacia Terciária do Tejo. Memória nº 15 – (Nova Série), Serviços Geológicos de Portugal, 210p.

Carvalho, C.; Grade, J.; Moura, A.C. (1999) – Classificação tipológica de argilas. Uma contribuição para o conhecimento do jazigo de Monsarros (Anadia). *Estudos, Notas e Trabalhos*, Instituto Geológico e Mineiro, 41, pp. 49-58.

Carvalho, J.; Lisboa, J.V.; Torres, L.; Mendes-Victor, L.A. (2000) - Rock-Mass Evaluation Using In-Situ Velocity and Attenuation Measurements. *European Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, Vol. 5, No 1, 2000, pp. 15-31.

Cox, M. (1999) - Static corrections for seismic reflection surveys. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma, 532 pp.

Cunha, P. P. (1992) - *Estratigrafia e sedimentologia dos depósitos do Cretácico Superior e Terciário de Portugal Central, a leste de Coimbra*. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, 262 pp.

Cunha, P. P. (1996) - Unidades litostratigráficas do Terciário da Beira Baixa (Portugal). *Comum. Inst. Geol. e Mineiro*, Lisboa, T. 82, pp. 87-130.

Cunha, P. P. (1999) - Testemunhos geomorfológicos e sedimentológicos cenozóicos da transição da colmatção sedimentar para a gliptogénese, na área de Sarzedas-Vila Velha de Ródão (sector NE da Bacia do Baixo Tejo), *Encontros de Geomorfologia (Comunicações)*, Coimbra, p. 61-68.

Cunha, P. P. (2000) - Importância do património geológico e geomorfológico da região de Vila Velha de Ródão. *II Jornadas do Quaternário da APEQ (Resumos)*, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 12-13 de Outubro de 2000, 3 p.

Cunha, P. P.; Martins, A. A. (2000) - Património geológico e geomorfológico da área de Vila Velha de Ródão (*Geological and geomorphological heritage of the Vila Velha de Ródão area*). *Estudos do Quaternário*, Revista da Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário, nº 3, APEQ, Lisboa, pp. 91-104.

Cunha, P. P.; Martins, A. A. (2001) - Encaixe fluvial quaternário na área de Vila Velha de Ródão (sector NE da Bacia do Baixo Tejo). *V Reunião do Quaternário Ibérico / 1º Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas (Actas)*, 23-27 de Julho de 2001, Lisboa, p. 25-28.

Cunha, P. P.; Martins, A. A. (2002a) - Principais aspectos geomorfológicos de Portugal central – a relação com os depósitos sedimentares e a relevante importância do controlo tectónico. *Encontro sobre a Geomorfologia do Noroeste Peninsular (Resumos)*, 11-13 de Abril de 2002, Fac. Letras da Univ. Porto, 2 p.

Cunha, P. P.; Martins, A. A. (2004) - Principais aspectos geomorfológicos de Portugal central, sua relação com o registo sedimentar e a importância do controlo tectónico. In: *Geomorfologia do NW da Península Ibérica*. M. A. Araújo & A. Gomes (Editores), Faculdade de Letras da Universidade do Porto, pp. 155-182.

Cunha, P. P.; Martins, A. A.; Daveau, S.; Friend, P. F. (2004) - Controlo tectónico da incisão do rio Tejo durante o final do Cenozóico, no troço Vila Velha de Ródão - Gavião (Portugal central). *II Congresso Nacional de Geomorfologia (Resumos)*, 11 a 13 de Novembro de 2004, Coimbra.

Cunha, P.P. & Martins, A.A. (2005) - Património Geológico e Geomorfológico das Portas de Ródão e suas Imediações – Proposta de classificação das Portas de Ródão, Julho 2005, 32 pp.

Cunha, P. P.; Martins, A. A.; Daveau, S.; Friend, P. F. (2005a) - Tectonic control of the Tejo river fluvial incision during the late Cenozoic, in Ródão – central Portugal (Atlantic Iberian border). *Geomorphology*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 64, pp. 271-298.

Cunha, P. P.; Martins, A. A.; Daveau, S.; Friend, P. F. (2005b) - Tectonic control of the Tejo fluvial incision during the Cenozoic, in Ródão. 6th International Conference on Geomorphology, Zaragoza, 9 -11 September 2005

Cunha P.P., Pais, J., Legoinha, P., (2009) - Evolução geológica de Portugal continental durante o Cenozóico – sedimentação aluvial e marinha numa margem continental passiva (Ibéria ocidental). 6º Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico MIA09 1-5 de diciembre de 2009 Oviedo, 10 pp.

Eguiluz, L.; Ibarguichi, J.I.G.;Abalos, B.; Apraiz, A. (2000) - Superposed Hercynian and Cadomian orogenic cycles in the Ossa Morena Zone and related areas of the Iberian Massif.: *GSA Bulletin*, v. 112, p. 1398-1413.

Feio, M. & Martins, A. (1993) - O relevo do Alto Alentejo. *Finisterra, Revista Portuguesa de Geografia*, XXVIII, 55-56, pp. 149-198.

Fernandes, A.P. (1971) - A Geologia da Província Uranífera do Alto Alentejo, comunicação ao I congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica. Tomo II secção I - Geologia. Lisboa-Madrid. pp 491-504.

Fernandes, A., Perdigão, J., Carvalho, H. e Peres, A. (1973) - Notícia explicativa da folha 28-D, Castelo de Vide. *Serviços Geológicos*.

Ferreira N.; Iglésias M., Noronha F., Pereira E., Ribeiro A., Ribeiro M.L. (1987) - Granitóides da zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: F. Bea, A. Carmina, J.C. Gonzalo, M.L. Plaza, J.M.L. Rodrigues (Eds.), *Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*. Libro Homenaje a L.C.G. Figueirola. Editorial Rueda, Madrid. 37 – 53.

Figueiredo, J.F. (1956) – Monografia da Notável Vila de Nisa. Imprensa Nacional, Casa da Moeda. Câmara Municipal de Nisa.

Garcia E. O. (1995) – Investigación de yacimientos. In:C. López Jimeno (Ed.). *Manual de Rocas Ornamentales*. Madrid, Entorno Gráfico S.L., 139-174.

Geoestudos (1991) – Câmara Municipal de Nisa – Plano Director Municipal, Volume I – Recursos minerais, Geoestudos.

Gerrard, J. (1988) - *Rocks and Landforms*. Academic Division of Unwin Hyman Ltd., London, 319 pp.

Gippini, E. (1969) – Contribution à l'étude des propriétés de moulage des argiles et des mélanges optimaux de matières premières. *L'Industrie Céramique*, 619, Juin 1969, pp. 423-435.

Goudie, A.S. (ed.) (2004) - Encyclopedia of Geomorphology (Vol. 1). Routledge Ltd., London, 1156 pp.

Grade, J. & Moura, A.C. (1980) – Geologia, características e potencialidades do Jazigo Sedimentar de Aguada de Cima. Congresso 80 da Ordem dos Engenheiros. Tema 5, Comun. 12, Coimbra, 23-29 Março 1980, 23 p.

I.S.R.M. (1978) – Suggested Methods for the quantitative description in rock masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts (15), 319-368.

Jeremias, F. T. (2003) – Aspectos geotécnicos dos estudos de reconhecimento de sítios para a exploração de agregados. Seminário sobre agregados – Laboratório Nacional de Engenharia Civil/Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Lisboa.

Julivert, M.; Fontboté, J.; Ribeiro, A.; Conde, L. (1974) - Memória explicativa del Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. Escala 1/ 1000000. Inst. Geol. Min. España, Madrid. 133 pp.

La Pointe, P. R.; Hudson, J.A. (1985) – Characterization and interpretation of rock mass joint patterns. Special paper – Geological Society of America, 199.

Lisboa, J. V.; Oliveira, D. (2003) - Maciços graníticos de Esmolfe e Antas – Matança (Portugal): Reconhecimento, caracterização e definição de áreas com potencialidade para exploração de granito ornamental. Boletim Paranaense de Geociências, n. 52, pp. 19-40. Editora UFPR.

Lisboa, J. V.; Oliveira, D. (2005) – Granitos de Esmolfe e Antas – Matança (Portugal): Petrografia e influência da fracturação no estabelecimento de áreas potenciais para a exploração de granitos ornamentais. Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe, Vol. 30, pp. 11-38. Coruña.

Lotze, F. (1945) - Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. Geotekt. Forsch. 6, 78 – 92.

Martins, A. A. & Cunha, P. P. (2002) - Evolução da drenagem e controlo tectónico na área de Carvoeiro-Rodão (sector NE da Bacia Cenozóica do Baixo Tejo). 1º Seminário de Geomorfologia (Resumos), organiz. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, 14-16 de Março de 2002, Fac. Letras da Univ. Lisboa, p. 35.

Martins, R.; Moreira, P.; Santos Pereira, C.; Neto, E.; Pereira, A. M.; Teixeira, J.; Vieira, A.; Chaminé, H. I. (2006) - A técnica de amostragem linear aplicada a estudos de compartimentação de maciços rochosos no Norte de Portugal. Actas do 10º Congresso Nacional de Geotecnia. Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Universidade Nova de Lisboa, 1: 255-264.

Mendes, F. (1967-1968) - Contribution à l' étude géochronologique, par la méthode au strontium, dès formations cristallines du Portugal. Bol. Mus. Labor. Miner. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Lisboa, 11, 1: 3-155.

Menéndez, L. G. (1998) - Petrologia y geoquímica del batolito granítico de Nisa-Alburquerque, Phd Thesis, Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada. 223p.

Menéndez, L. G. (2002) - Petrología del batolito granítico de Nisa-Alburquerque. Revista de la Sociedad Geológica de España, Vol. 15, nº 3-4 (Diciembre 2002), pp. 233-246.

Menéndez, L. G. ; Azor, A. (2006) - Estructura interna del batolito granítico de Nisa-Alburquerque. Geogaceta. nº 40, p. 131-134.

Metodiev, D. & Romão, J., (2008) - Novos dados sobre a estrutura em sinclinal complexo de Vila Velha de Ródão (bordo SW da Zona Centro-Ibérica). Memória nº 13, Museu Lab. Miner. e Geológico da Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, pp.30-34.

Metodiev, D., Romão, J., Dias, R. & Ribeiro, A., (2009) – Sinclinal de Vila Velha de Ródão (Zona Centro-Ibérica, Portugal): litostratigrafia, estrutura e modelo de evolução da tectónica Varisca. Comunicações Geológicas do LNEG, Vol. 96, Lisboa, pp. 5-17.

Moreira, A.D. (1994a) – Granitos de Alpalhão (Nisa) – Definição de área útil para exploração. Relatório interno, Instituto Geológico e Mineiro, 19 pp.

Moreira, A.D. (1994b) – Reconhecimento Geológico, estrutural, Petrográfico e Geoquímico dos Granitos de Alpalhão, Gáfete e Quareleiros (Alto Alentejo). Separata do tomo 36, de «Estudos, Notas e Trabalhos» do Instituto Geológico e Mineiro.

Moura, J.D.G.M. (1982) – Memória Histórica da Notável Vila de Niza. *Fac-Simile* da edição de 1855. Imprensa Nacional, Casa da Moeda, Lisboa.

Oliveira, J.M.S.; Moura, A.C.; Grade, J. (1980) – Argilas especiais da região de Barracão-Pombal: aplicação da análise matemática multivariada ao seu estudo e caracterização. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 1989, t. 66, pp. 195-208.

Palácios, T.; Vidal, G. (1992) - Lower Cambrian Acritarchs from Northern Spain - the Precambrian Cambrian Boundary and Biostratigraphic Implications. *Geological Magazine* 129 (4): 421-436.

Palmer, D., (1980) - The generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation. K. B. S. Burke (Ed.), Society of Exploration Geophysicists. Tulsa, Oklahoma, 104 pp.

Palmer, D. (1981) - An introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation. *Geophysics*, Vol. 46, pp. 1508-1518.

Palmström, A. (1982) - The volumetric joint count—a useful and simple measure of the degree of rock jointing. Proc. 4th Int. Cong. Int. Assoc. Eng. Geol., vol. 5. A.A. Balkema, pp. 221–228.

Palmström, A., (2001) – Measurement and characterization of rock mass jointing. In: Sharma, V.M., Saxena, K.R. (Eds.), In-situ characterization of rocks. Balkema Publishers, pp. 49-97.

Penha, H.; Arribas, A. (1974) - Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles. Boletín Geológico y minero de España, 85, 271-273.

Pinto, M.S.; Casquet, C.; Ibarrola, E.; Corrétege, L.G.; Pereira, M.R. (1987) - Síntese geocronológica dos granitóides do Maciço Hespérico. In: F. Bea, A. Carnicero, J.C. Gonzalo, M. López-Plaza and M.D. Rodrigues Alonso, Editors, Geologia de los granitoides y rocas asociadas del macizo Hespérico, Libro de homenagem a L.C.G. Figuerola. Editorial Rueda, Madrid (1987), pp. 69–86.

Pye, K., Goudie, A.S. and Watson, A. (1986) Petrological influence on differential weathering and inselberg development in the Kora area of Central Kenya, *Earth Surface Processes and Landforms* 11, 41–52.

Ribeiro, A.; Antunes, M.T.; Ferreira, M.P.; Rocha, R.B.; Soares, A.F.; Zbyszewsky, G. - Introduction à la géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1979.

Ribeiro, M.A.; Sousa, M.B.; Noronha, F. (1993) – A Formação de Envendos e as rochas ácidas associadas. Publ. Mus. Min. Geol. Fac. Ciênc. Porto (Nova série), 7, pp. 5-20

Ribeiro, M.L. (1993) – Granitos do ocidente ibérico: contribuição para a sua interpretação geodinâmica. Cuaderno Lab. Xeológico de Laxe (Corunha), 18, pp. 7-25

Ribeiro; M.L.; Moreira, A.; Moreira, M.E.; Moreira, M.; Ferreira, P.; Torres, L. (1995). Geoquímica das fácies internas do complexo eruptivo de Nisa (NE Alentejo). IV Cong. Nac. Geol. Mem. nº 4. Univ. Porto - Fac. Ciên. Mus. Lab. Min. Geol., Porto, pp. 801-804.

Ribeiro, O. (1943a) - Novas observações geológicas e morfológicas nos arredores de Vila Velha de Ródão. Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciências do Porto, 2.^a série, 32, p. 5-24.

Ribeiro, O. (1943b) - Evolução da falha do Ponsul. Comun. Serv. Geol. de Portugal, Lisboa, XXIV, p. 109-123.

Ribeiro, O. (1949) - Le Portugal Central (livret-guide de l'excursion C). XVI Congr. Inter. Géogr. Lisbonne 1949, (1982, Reimpressão da primeira edição), 180 p., 22 pl., 10 cartas.

Ribeiro, O., Teixeira, C., de Carvalho, H., Peres, A., Fernandes, A.P., Torre de Assunção, C., Pilar, L. 1965. Notícia Explicativa da Folha 28-B (Nisa) da Carta Geológica de Portugal. Escala 1:50000: Lisboa. Serviços Geológicos de Portugal. 29 pp.

Ribeiro, O.; Teixeira, C.; FERREIRA, C. (1967) - Notícia explicativa da folha 24-D, Castelo Branco. Serviços Geológicos de Portugal.

Roberts, S.; Sanderson, D.; Gumiel, P.; Dee, S. (1991). Tectonic and fluid evolution of auriferous quartz veins from La Codesera area, SW Spain. *Economic Geology*, 86, 1012-1022

Romão, J. 2006. Notícia Explicativa da Folha 28-A (Mação) da Carta Geológica de Portugal. Escala 1:50000: Instituto Geológico e Mineiro, 77pp.

Santos, P.S. (1985) – *Tecnologia de Argilas*. Vol. 1-Fundamentos e Vol. 2-Aplicações. Ed. Edgar Blucher, Universidade de São Paulo, São Paulo, 795 p.

Singhal, B.B.S. ; Gupta, R.P. (1999) - *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1999, 400 pp.

Solá, A.R.; Moreira, M.; Moreira, M.E.; Ribeiro, M.L. (1997) - Relações geoquímicas e magnéticas nas fácies do Complexo Eruptivo de Nisa (NE Alentejo) - I Congresso Ibérico de Geoquímica, Sória. CEDEX editor. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Espanha. pp. 28

Solá, A.R.; Ribeiro, M.L.; Moreira, M.E.; Moreira, M. (1998 a) - Complexo Eruptivo de Nisa - Cartografia geoquímica e mecanismo de implantação. Comunicações do IGM. Actas do V Congresso Nacional de Geologia, tomo 84, Fasc.1 Lisboa. pp. B-39/42.

Solá, A.R.; Ribeiro, M.L.; Mateus, A.; Ramos, J.F. (1998 b) - Circunstâncias geoquímicas e estruturais na base de defeitos de rocha ornamental (Região de Nisa - NE alentejano). Comunicações do IGM, Actas do V Congresso Nacional de Geologia, tomo 84, Fasc.1, Lisboa. pp. B-99/102.

Solá, A.R. (1999) - Petrogeoquímica do Complexo Eruptivo de Nisa. Relatório de estágio, Rel. int. IGM. 33pp e Anexos.

Solá, A.R. (2007) - Relações Petrogeoquímicas dos Maciços Graníticos do NE Alentejano, Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, Portugal, 405 pp.

Solá, A.R.; Williams, I.S.; Neiva, A.M.R.; Ribeiro, M.L. (2009) - U–Th–Pb SHRIMP ages and oxygen isotope composition of zircon from two contrasting late Variscan granitoids, Nisa-Albuquerque batholith, SW Iberian Massif-Petrologic and regional implications. *Lythos* (111), 156-167, Elsevier.

Sousa, L.M.O.; Coelho Pires, C. A. (1998) - A influência da fracturação na exploração de rochas ornamentais: o caso do granito de Pedras Salgadas (Vila Real, Norte de Portugal). *Cuadernos Lab. Xeológico de Laxe*, Vol. 23, pp. 59-69. La Coruña.

Sousa, L.M.O. (2001) – Prospecção e avaliação de granitos ornamentais, Série didáctica ciências aplicadas, 172. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

Sousa, L.M.O. (2007) – Granite fracture index to check suitability of granite outcrops for quarrying. *Engineering Geology* (92), 146-159, Elsevier.

Tereno, J.; Vintém, C.S.; Cruz, C.A. (1971) – Contribuição para o conhecimento geológico da região da Amieira (Nisa). *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc.*, Lisboa, Vol.12, Fasc. 1, pp. 47-54.

Toyos, J. M.; Taboada, J.; Lombardero, M.; Romero, J. A.; Menendez, A. (1994) - Estudio de las discontinuidades en yacimientos de roca ornamental. *Bol. Geol. Y Minero*, 105(1), 110-118.

Twidale, C. R. 1993. The research frontier and beyond: granitic terrains. *Geomorphology*, 7, pp. 187-223
Twidale (1982, 1993)

Twidale, C. R. & Romaní, J.RV. 2005. Landforms and Geology of Granitic Terrains. Taylor & Francis Group, London, 267 pp.

Vidal Romani, J. R.; C. R., Twindale; E. M., Campbell; Centeno, J. D. (1995) – Pruebas morfológicas y estructurales sobre el origen de las fracturas de descamación. *Cuad. Lab. Xeolóxicos de Laxe*, 20, 307-346.

Zbyszewsky, G.; Carvalhosa, A.; Gonçalves, F. (1981) - Notícia explicativa da folha 28-C, Gavião. Serviços Geológicos de Portugal.

PARTE B – RECURSOS MINERAIS METÁLICOS E ENERGÉTICOS

B.1. OS RECURSOS MINERAIS METÁLICOS NO CONCELHO DE NISA

Historicamente o Concelho de Nisa é conhecido pelas suas ocorrências de urânio, volframite, barite, galena e ouro. Algumas destas ocorrências foram alvo de exploração a diversas escalas.

Barite e galena – A exploração destes minérios foi feita de filões espessos, zonados, constituídos por quartzo, barite, galena e calcedónia. Conhece-se a concessão da Tapada da Farinheira na Freguesia de Póvoa e Meadas que tem a particularidade de conter além da galena, minerais acessórios de urânio. Nota referir que a maior porção desta concessão encontra-se situada no concelho vizinho de Castelo de Vide com apenas uma curta ponta no Concelho de Nisa que contém urânio e por isso está contemplada na figura 1, como sendo de urânio.

Ouro – O ouro conhecido no Concelho de Nisa associa-se a acarreios sedimentares provenientes dos retalhos das Arcoses da Beira Baixa provenientes de formações geológicas mais antigas, ex. em S. Matias, rochas filoneanas na Freguesia de Montalvão e do conchal presente em Santana.

Volframite – A volframite encontra-se geralmente em filões com orientação NW-SE e contém além da volframite, alguma cassiterite. A concessão responsável por alguma produção deste minério encontra-se no Poio (Fig. 1) perto da barragem.

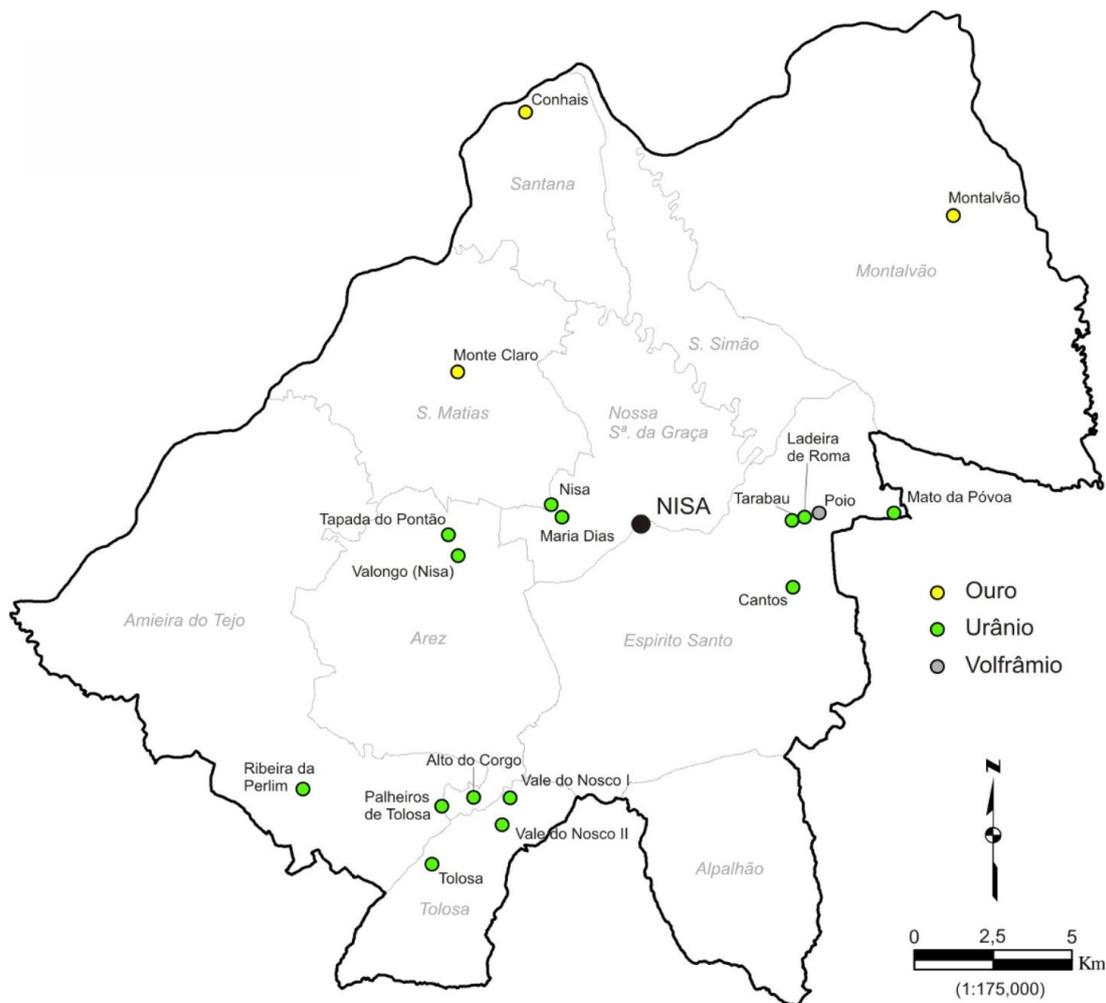


Fig. 1. Localização das ocorrências de U, W e Au no concelho de Nisa

Tal como foi referido no relatório da fase A deste trabalho são fracos os indicadores superficiais explícitos das potencialidades do concelho de Nisa em recursos minerais metálicos. As ocorrências pontuais de minérios como o ouro, chumbo ou volframite tornam-se pouco rentáveis e são de pouca apetência para entidades mineiras que procuram grandes tonelagens e tempos de vida de mina longos para justificar os elevados investimentos necessários. Realça o facto de nos últimos anos, mesmo no auge dos preços dos minérios, não ter havido a procura por parte de empresas mineiras para este tipo de minérios no concelho.

B.2. OS RECURSOS MINERAIS ENERGÉTICOS NO CONCELHO DE NISA

Os Recursos Energéticos em Nisa, estão relacionados com as reservas de minérios de urânio desde há muito tempo reconhecidas e devidamente avaliadas nesta região. Nomeadamente, a jazida de Nisa, localizada entre Nisa e a povoação de Monte Claro que ocorre em disseminações no xisto na zona de contacto a N do batólito granítico. Esta, a de maior importância, tem salvaguardados os interesses de uma exploração pelo decreto de lei nº 338/72 de 25 de Agosto. Ocorrem ainda mineralizações associadas aos filões de quartzo brechificados junto ao contacto dos granitos com os metassedimentos do complexo xisto-grauvaque, sendo um dos mais representativos o conhecido por Tarabau, localizado cerca de 5 km a E de Nisa. A cerca de 2,5 km a NW de Tolosa existe outra importante área mineralizada em urânio, localizada geologicamente no granito de Nisa.

Assim, os principais jazigos do concelho de Nisa são:

Jazigo de Nisa

O jazigo de Nisa está situado a W da vila de Nisa, nas freguesias de Senhora da Graça e de Monte Claro, estendendo-se por cerca de 5km sobre 800m de largura. O acesso faz-se pela estrada nacional nº359 que liga aquela vila à povoação de Monte Claro, ao longo da qual se estende o jazigo. O estudo do maciço granítico do Alto Alentejo – que se impunha por haver indicação da existência de mineralização uranífera em jazigos de apatite na região – foi conduzido desde 1957. A descoberta do jazigo de Nisa deveu-se à campanha de prospecção com cintilómetro auto-transportado realizada pelos serviços da JEN. O jazigo localiza-se no bordo N do batólito granítico de Nisa-Castelo de Vide em xistos maclíferos do Complexo xisto-grauváquico das Beiras, numa peneplanície que começou a ser atacada pela erosão proveniente dos afluentes do Tejo. Esta área de aplanção, que está bem conservada na zona granítica, encontra-se, na zona xistenta, irregularmente erodida, nela restando da referida área de aplanção alguns retalhos de depósitos que se supõe teriam coberto grande parte da região.

A orla de contacto do granito com o xisto compreende uma faixa irregular de metamorfismo mais intenso, constituído por corneanas pelíticas e quartzo-pelíticas mosqueadas e não excede 1km.

O centro mais mineralizado em urânio situa-se a cerca de 700m do contacto entre os xistos e o granito da mancha de Nisa – Castelo de Vide.

No xisto, os sistemas filoneanos quartzosos apresentam-se no geral sem interesse quando têm a orientação média N60°W, que é a predominante.

A mineralização uranífera com interesse económico no xisto maclífero apresenta-se no interior de uma faixa de orientação E-W com cerca de 5km de extensão.

Foram abertas pelo menos 305 sanjas, com profundidade média de 1m. Ficaram definidas pelo menos 32 bolsadas com o teor ponderado de 0.19% U₃O₈. Foram também efectuados centenas de sondagem e poços. No conjunto dos dois planos de sanjas de Nisa e Maria Dias foram delimitadas à superfície do terreno 40 bolsadas mineralizadas tendo por envolvente a curva de isoteor 0,05% U₃O₈ com a extensão aproximada de 3268m, largura média de 7,37m e o teor médio de 0,21% U₃O₈ (Plano de Lavra, 1998).

Ferrão (1960a) levou a cabo na zona de Nisa um levantamento de prospecção eléctrica, incluindo resistividade e potencial espontâneo numa área de 150,3ha, compreendido por 11 perfis com medidas espaçadas de 10m e totalizando 12674 medições, com o objectivo de definir as estruturas mineralizadas. A resistividade eléctrica foi efectuada com o dispositivo Wenner com uma linha de emissão de 60m e profundidade de investigação estimada de 15m. Simultaneamente a estes, foi efectuado um levantamento radiométrico.

Palheiros de Tolosa

As estruturas uraníferas são constituídas por uma série de pequenas falhas e fracturas ferruginosas e argilosas, com a formação de uma brecha granítica argilosa e muito ferruginosa nos pontos em que as falhas estão muito próximas. As fracturas apresentam grande irregularidade. A mineralização uranífera associa-se às fracturas argilosas com pequena dispersão no granito encaixante; por vezes elas são numerosas e estão situadas muito próximas umas das outras, o que faz com que a mineralização atinja larguras interessantes. Esta é constituída por autunite, autunite-uranocircite, na maioria, mas também aparecem torbernite e sabugalite.

A direcção média destas estruturas é de N15°E para S do cruzamento do jazigo com a estrada e N45°E para N (Farinas d'Almeida, 1959).

Tarabau

A mineralização uranífera - sabugalite, torbernite, provável fosfuranilite, uranocircite e autunite-uranocircite impregna uma brecha quartzítica com produtos argilosos,

para um e outro lado do filão. Há uma intercalação de bandas de diferenciação aplito-pegmatíticas (Plano de Sondagens, 1960).

O encaixante é o granito porfiróide médio a grosseiro, de duas micas, com biotite predominante, turmalínífero, com feldspatos ligeiramente caulinizados e ferruginosos; também percorre a zona dos xistos micáceos mosqueados. Em alguns furos observa-se hematização, sericitização, jaspe, pirites e palhetas de minerais secundários de urânio.

Ferrão (1961b) levou a cabo na zona do Tarabau um levantamento de prospecção eléctrica totalizando 4171 medições para as sondagens e 1240 medições para o rectângulo: Estes trabalhos tiveram o objectivo de esclarecer os problemas de continuidade de algumas estruturas subsidiárias de estrutura mineralizada não só para Norte como para Sul, e reunir assim os elementos indispensáveis para a implantação de trabalhos de pesquisa, destinados ao estudo completo da ocorrência em extensão e profundidade. Simultaneamente a estes levantamentos, foi efectuado um levantamento radiométrico.

Estas três principais áreas estão marcadas no mapa de recursos representado na Fig. 1 da parte B1.

Ocorrem ainda outras mineralizações devidamente inventariadas pela Junta de Energia Nuclear e posteriormente pela Empresa Nacional de Urânio que são:

Tolosa - Foram identificadas 6 zonas radioactivas em granito porfiróide grosseiro de duas micas em fracturas ferruginosas e argilosas com orientação geral respectivamente N30-40E.

Vale do Nosco 1 - Com duas faixas com uma direcção média de N26°W e N53°E. A mineralização é de autunite.

Vale do Nosco 2 - A mineralização aparece em dois grupos de brechas quartzo-filonianas com direcções médias conjugadas M13°W e N19°E.

Alto do Corgo - Onde o minério aparece à superfície do terreno, é constituído por autunite, sabugalite (cristais amarelos) e talvez alguma torbernite, impregnando o granito alterado e a argila ferruginosa de esmagamento em fracturas de cisalhamento, ao longo de faixas orientadas em 3 direcções principais; duas que parecem ser conjugadas, têm as orientações N30° a 40° E e N30° a 40° W a da

terceira é N-S, sobre a bissectriz das anteriores. A possança da caixa argilosa de esmagamento varia entre 5 e 20cm.

Valongo - Onde o jazigo é do tipo filoniano com uma direcção média de N10°E, inclinando entre a vertical e 75° para E. Definiu-se uma bolsada uranífera com cerca de 29m de extensão com o teor médio de 0,31% U₃O₈ na largura média de 1,1m nas várias sanjas.

Fonte do Cego - Esta fica a 2,5 Km a E de Nisa onde se assinalam-se estruturas quartzo-ferruginosas com direcções N25-30°W e N70°W. A radiometria deu um máximo de 3000 cps. Identificaram-se 73 anomalias numa área coberta de mais de 10 Km²

Os locais assinalados encontram-se nas imediações da Fonte do Cego, fonte esta cuja água apresenta uma radiometria de 600 cps.

Ribeira de Perlim - onde foram efectuadas para a sua caracterização 9 sanjas e onde se observa um campo de fracturação no granito com direcções N50°E a N10°W, com faixa radioactiva de anomalias alinhadas cujo alinhamento é de N10°E com uma extensão de 90m.

Maria Dias (Nisa) - onde foram efectuadas para a sua caracterização pelo menos 13 sanjas. Esta encontra-se na proximidade do jazigo de Nisa na zona de metamorfismo de contacto pelo granito, que gerou xisto mosqueado. A xistosidade tem direcção média local de N60°W. O afloramento do granito encontra-se a cerca de 400m a S. Junto do limite do granito com o xisto metamórfico, a S da casa “Maria Dias”, encontra-se um delgado filão de qz brechificado e ferruginoso com direcção média N-S e encostos em granito esmagado e ferruginoso de grão fino, que revelou pequenas anomalias radioactivas. A direcção média desta área anómala é de N70°E.

Cantos - Encontra-se no alinhamento sul de da mineralização de Tarabau e apresenta mineralização de carácter supergénico à superfície do terreno, sobre brechas argilosas de esmagamento em estruturas de cizalhamento quase verticais. Estas são acompanhadas por silicificações com alguma calcedónia, jaspe vermelho e óxidos de Fe limoníticos, com direcção média E-W, encaixados em granito porfiróide grosseiro.

Ladeira de Roma - que é uma mineralização constituída por duas brechas filoneanas paralelas e afastadas, em média, de 5m, com quartzo branco, brechificado e ferruginoso, por vezes individualizando-se em filão com possança que atinge 0,5m com quartzo defumado e jaspe vermelho, óxidos de Fe limoníticos e restos de pirites, de direcção N10°W. Nesta foram definidas 3 bolsadas uma de 15m de extensão, com teor médio 0,10% U₃O₈ com largura de 1,20m; outra com 35m de comprimento e teor médio de 0,39% U₃O₈ em 1,36m de largura; a terceira com 37m de comprimento, teor médio de 0,25% U₃O₈ para a largura média de 4m. Há um troço estéril de 45 m entre as duas bolsadas maiores.

Outras mineralizações de urânio, menos estudadas pela ENU, no concelho de Nisa:

Tapada do Pontão - Mineralização localizada a Norte da mineralização de Valongo. Trata-se de um filão em granitos, de torbernite e autunite em granitos tardi-orogénicos.

Zona de Albarrol que ocorre em metassedimentos.

Zona de Amieira – Monte Claro no contacto entre o granito e os metassedimentos e também os depósitos mio-pleistocénicos.

Zona de Poio que se localiza a cerca de 5,5 Km a E de Nisa, no contacto.

Zona da Amieira – Comenda em depósitos terciários que constituem o bordo oriental da bacia do Tejo.

Zona de Alagoinha – Vale da Pega que ocorre no granito.

Zona de Carrascal A mineralização ocorre no granito, em estrutura quartzosa de direcção N5-10E subvertical com quartzo branco e defumado, calcedónia, associando-se por vezes alguns fenómenos de jasperização. Nos encostos com o granito desenvolve-se uma brecha quartzo-limonítica onde são frequentes diversos sulfuretos e onde ocorrem também minerais corados de U.

Bibliografia

Farinas d'Almeida, R. 1959. "Relatório de Execução do Plano de Sanjas Nº252 – Palheiros de Tolosa". J.E.N. 4ª Brigada de Prospeção, Maio de 1959

Ferrão, C. A. N. (1960a). Plano de Prospeção Eléctrica nº 4 – Nisa. *Junta de Energia Nuclear*, 24p.+ anexos.

Ferrão, C. A. N. (1960b). Plano de Prospecção Eléctrica nº 11 – Tolosa. *Junta de Energia Nuclear*, 15p.+ anexos.

Ferrão, C. A. N. (1961b). Plano de Prospecção Eléctrica nº 21 – Tarabau. *Junta de Energia Nuclear*, 11p.+ anexos.

Plano de Lavra – Mina de Nisa, 1998. Empresa Nacional de Urânio, S.A.

Relatório de Execução do Plano de Sondagens Nº135 – Vale do Nosco. J.E.N.
1960 “Plano de Sondagens Nº33 – Tarabau”. J.E.N.

PARTE C. RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS

PROPOSTA DE DEFINIÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTECÇÃO

1. O PERÍMETRO DE PROTECÇÃO DE UMA CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

As águas subterrâneas são vulneráveis a diversos tipos de poluição, normalmente relacionados com o desenvolvimento de actividades antropogénicas.

Uma das formas mais antigas de proteger as captações de águas subterrâneas consiste no restringir da utilização do terreno adjacente.

Actualmente, os perímetros de protecção, e respectivas restrições associadas, constituem uma ferramenta de protecção de aquíferos muito utilizada em todo o mundo.

Um perímetro de protecção consiste numa área de superfície e subsuperfície envolvente de uma ou mais captações destinadas ao abastecimento público, onde as actividades que são susceptíveis de alterar a qualidade da água subterrânea são proibidas ou limitadas. Os limites da zona de protecção são definidos de modo a que os potenciais poluentes que alcancem a água subterrânea (na fronteira da zona de protecção ou fora dela), se degradem ou se tornem inofensivos antes de alcançarem a captação.

De entre os diversos usos a que se destinam as águas subterrâneas, é o abastecimento público que se apresenta mais sensível aos impactos externos.

A delimitação dos perímetros de protecção em torno de uma captação pretende alcançar os seguintes objectivos (Moinante, 2002):

- evitar a chegada de substâncias poluentes à captação, devido a (1) variações do fluxo de água subterrânea como consequência de variações na extracção de água na captação, (2) eventuais descargas ou deposições, acidentais ou não, em zonas mais vulneráveis, e (3) infiltração de águas pluviais ou excedentes de águas de rega e de lavagem;
- assegurar a atenuação do poluente durante o seu percurso entre o foco de poluição e a captação, por actuação dos processos naturais de diluição e de autodepuração;

- permitir tempo suficiente para recorrer a fontes de abastecimento alternativas, em caso de descargas acidentais de poluentes que coloquem em perigo o sistema de abastecimento público;
- garantir a protecção das águas subterrâneas no interior da zona de contribuição da captação.

2. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

A importância assumida pelas águas subterrâneas no abastecimento público reforça cada vez mais a necessidade urgente de as proteger devidamente.

Em Portugal, a definição das dimensões dos perímetros de protecção das captações de águas subterrâneas esteve muito tempo a cargo da Norma Portuguesa Definitiva NP 836, datada de 1971, sem carácter obrigatório. Nesta norma estabeleciam-se duas zonas de protecção sanitária para as captações, com o objectivo de reduzir os riscos de contaminação da água captada: uma zona de protecção próxima, delimitada por vedação, e outra de protecção à distância, definindo-se as estruturas e/ou actividades que não deveriam existir no seu interior, mas sem carácter proibitivo. A extensão das duas zonas correspondia a uma área circular em torno da captação e cujo raio variável era apenas função da permeabilidade e da capacidade de filtração do terreno. As distâncias estipuladas poderiam ser reduzidas nos lados onde se previa que a água não fluía para a captação (Moinante, 2002).

A 22 de Setembro de 1999 foi aprovado o Decreto-Lei 382/99, legislação actualmente em vigor, que estabelece as normas e os critérios de delimitação dos perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas, com a finalidade de proteger a qualidade das águas dessas captações.

O Artigo 1º obriga à definição da zona de protecção imediata em todas as captações destinadas ao abastecimento público, e à definição de todas as zonas de protecção previstas no D.L no caso de captações destinadas ao abastecimento público de aglomerados populacionais superiores a 500 habitantes ou cujo caudal de exploração seja superior a 100 m³/dia.

No Artigo 3º é dada a definição de perímetro de protecção, sendo apresentadas as três zonas de protecção que o constituem:

- **Zona de protecção imediata ou de restrições absolutas**

É uma zona de prevenção de acidentes onde é proibido qualquer tipo de actividade e/ou instalação, excepto as que se prendem com o funcionamento da captação. Constitui a zona mais próxima da captação e por isso deve estar protegida por uma vedação que impeça o acesso a pessoas não autorizadas. Deste modo, o mais indicado é que seja propriedade do operador da captação, que deverá controlar cuidadosamente todas as actividades relacionadas com a extracção de água, de modo a evitar qualquer possibilidade de poluição.

Na sua delimitação pode ser utilizado um critério temporal ou uma área fixa de pequena extensão.

- **Zona de protecção intermédia ou de restrições máximas**

É uma zona que envolve a anterior, de extensão variável, tendo em conta as condições geológicas e estruturais do sistema aquífero. A sua função é proteger o aquífero contra a poluição microbiológica (bactérias, vírus, etc.), favorecendo a sua diluição ou eliminação, antes de alcançar a captação. Deve também permitir, após ser detectada a poluição, um tempo de resposta suficiente para que sejam tomadas as medidas necessárias antes do poluente atingir a captação.

O seu dimensionamento utiliza normalmente um critério temporal.

- **Zona de protecção alargada ou de restrições moderadas**

É a área de superfície de terreno contígua exterior à zona de protecção intermédia, destinada a proteger as águas subterrâneas de poluentes persistentes, ou seja, de difícil atenuação (e.g. poluição química não degradável ou poluição radioactiva).

Deve permitir, após ser detectada a poluição, um tempo de resposta suficiente para que seja encontrada uma fonte de água alternativa para consumo humano.

O critério utilizado na sua delimitação pode ser temporal (aproximadamente 10 anos) ou hidrogeológico, englobando neste caso a área de recarga da captação.

A definição das mencionadas zonas deve ter como base estudos hidrogeológicos e económicos que permitam definir as características do aquífero, as condições da captação e os caudais de exploração. Caso não seja possível a realização dos

estudos hidrogeológicos, a definição das zonas de protecção pode ser feita recorrendo ao método do raio fixo calculado ou a outro método considerado mais adequado.

São também referidas zonas de protecção especial, nomeadamente no caso de aquíferos carsificados ou fissurados, e também no caso de zonas costeiras, contra o avanço da cunha salina.

O Artigo 6º refere-se a servidões administrativas e restrições de utilidade pública, i.e., interdita ou condiciona, em cada uma das zonas de protecção, as actividades e instalações susceptíveis de contaminar as águas subterrâneas (Quadro 1).

No Anexo deste D.L. são estabelecidas as dimensões de cada uma das três zonas constituintes do perímetro de protecção, para cada tipo de aquífero (Quadro 2).

Para a zona de protecção imediata são fixados valores de r (raio da zona de protecção), enquanto que para as zonas de protecção intermédia e alargada, r deverá ser o maior valor entre o valor estipulado e o obtido pela equação volumétrica seguinte, em função de determinado tempo t , também referido nesse anexo:

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

em que,

$r(t)$ - raio da zona de protecção (m),

Q - caudal de exploração (m³/dia),

t - tempo necessário para o poluente alcançar a captação (dia),

n - porosidade eficaz (%),

H - espessura saturada na captação (m).

A aplicação deste método exige as seguintes condições:

- a captação é o único elemento drenante do aquífero;
- na captação convergem todas as linhas de fluxo;
- não existem direcções privilegiadas de fluxo.

Quadro 1 - Actividades e instalações interditas ou condicionadas no interior das zonas de protecção definidas no D.L. nº 382/99, de 22 de Setembro.

| Actividades e instalações que podem ser interditas ou condicionadas | Actividades e instalações interditas |
|--|--|
| Zona de protecção imediata | |
| - | -todas, excepto as que estão directamente relacionadas com a conservação, manutenção e melhor exploração da captação |
| Zona de protecção intermédia | |
| <ul style="list-style-type: none"> - pastorícia - usos agrícolas e pecuários - aplicação de pesticidas móveis e persistentes na água ou que possam formar substâncias tóxicas persistentes ou bioacumuláveis - edificações - estradas e caminhos de ferro - parques de campismo - espaços destinados a práticas desportivas - estações de tratamento de águas residuais - colectores de águas residuais - fossas de esgoto - unidades industriais - cemitérios - pedreiras e quaisquer escavações - explorações mineiras - lagos e quaisquer obras ou escavações destinadas à recolha e armazenamento de água ou quaisquer substâncias susceptíveis de se infiltrarem - depósitos de sucata. | <ul style="list-style-type: none"> - infra-estruturas aeronáuticas - oficinas e estações de serviço de automóveis - depósitos de materiais radioactivos, de hidrocarbonetos e de resíduos perigosos - postos de abastecimento e áreas de serviço de combustíveis - transporte de hidrocarbonetos, de materiais radioactivos ou de outras substâncias perigosas - canalizações de produtos tóxicos - lixeiras e aterros sanitários |
| Zona de protecção alargada | |
| <ul style="list-style-type: none"> - utilização de pesticidas móveis e persistentes na água ou que possam formar substâncias tóxicas persistentes ou bioacumuláveis - colectores de águas residuais - fossas de esgoto - lagos e quaisquer obras ou escavações destinadas à recolha e armazenamento de água ou quaisquer substâncias susceptíveis de se infiltrarem - estações de tratamento de águas residuais - cemitérios - pedreiras e explorações mineiras - infra-estruturas aeronáuticas - oficinas e estações de serviço de automóveis - postos de abastecimento e áreas de serviço de combustíveis - depósitos de sucata | <ul style="list-style-type: none"> - transporte de hidrocarbonetos, de materiais radioactivos ou de outras substâncias perigosas - depósitos de materiais radioactivos, de hidrocarbonetos e de resíduos perigosos - canalizações de produtos tóxicos - refinarias e indústrias químicas - lixeiras e aterros sanitários |
| Zonas de protecção especial e contra o avanço da cunha salina | |
| - | -todas, excepto as que estão directamente relacionadas com a conservação, manutenção e melhor exploração da captação |

Quadro 2 - Valores de r estipulados no D.L. nº 382/99, de acordo com o tipo de aquífero.

| Formações constituintes do sistema aquífero | Zona de Protecção | | |
|---|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Imediata | Intermédia | Alargada |
| Formações Porosas | r (m) | r é o maior valor entre | r é o maior valor entre |
| Aquífero Confinado | 20 | 40 m r (50 d) | 350 m r (3500 d) |
| Aquífero Livre | 40 | 60 m r (50 d) | 500 m r (3500 d) |
| Aquífero Semiconfinado | 30 | 50 m r (50 d) | 400 m r (3500 d) |
| Formações Carbonatadas | 60 | 280 m r (50 d) | 2400 m r (3500 d) |
| Formações Fissuradas | 60 | 140 m r (50 d) | 1200 m r (3500 d) |
| Formações Fissuradas e/ou Alteradas | 40 | 60 m r (50 d) | 500 m r (3500 d) |

3. CRITÉRIOS DE DELIMITAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

São vários os critérios para a delimitação dos perímetros de protecção:

- Distância: critério mais simples e rápido, que se baseia na delimitação simples de uma área definida por um círculo cujo centro é ocupado pela própria captação;
- Rebaixamento: critério que define o cone de rebaixamento ou área de influência. Este critério considera as alterações que ocorrem na direcção do fluxo e o aumento da velocidade de chegada da água à captação, devido à extracção de água, o que poderá originar ou acelerar a propagação do poluente em direcção à captação;
- Tempo de Propagação: O tempo de propagação traduz o tempo que a água subterrânea e/ou um poluente gasta para atingir a captação, partindo de um ponto no interior da zona de contribuição. Com base neste critério são definidas isócronas (linhas de igual tempo) referentes a períodos de tempo seleccionados; a área contida numa isócrona pode ser referida como zona de transporte e ser utilizada como zona de protecção;

- Hidrogeológico / Fronteiras de Fluxo: Estes critérios baseiam-se na definição da área geográfica que contribui com água subterrânea para a captação, com base nas divisórias hidrogeológicas e/ou em outras entidades físicas e hidrogeológicas, controladoras do fluxo de água subterrânea. A área geográfica referida não é mais que a zona de contribuição da captação, e poderá ser utilizada como zona de protecção (EPA, 1994);
- Poder Autodepurador do Terreno / Capacidade de Assimilação: Este critério considera a capacidade que a secção saturada e/ou não saturada do aquífero tem de imobilizar ou atenuar a concentração dos poluentes que o atravessam, antes de alcançarem a captação; essa atenuação é possível através de processos como a diluição, dispersão, absorção-adsorção, precipitação química ou degradação biológica, que actuam de modo diferente para cada poluente (ITGE, 1991; EPA, 1994 *in* Moinante, 2002).

A selecção do(s) critério(s) depende, deste modo, de algumas considerações técnicas e também do impacto socio-económico que pode causar a sua aplicação.

4. DELIMITAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CONCELHO DE NISA

4.1. Introdução

De entre as várias captações de água subterrânea pertencentes ao sistema de abastecimento da Câmara Municipal de Nisa (Fig. 1), em apenas três delas (nascente Galeana, furo Albarrol e poço S. Gens 2) se verifica, de acordo com o artigo 1º do D.L. nº 382/99, a necessidade de definição de zona(s) de protecção.

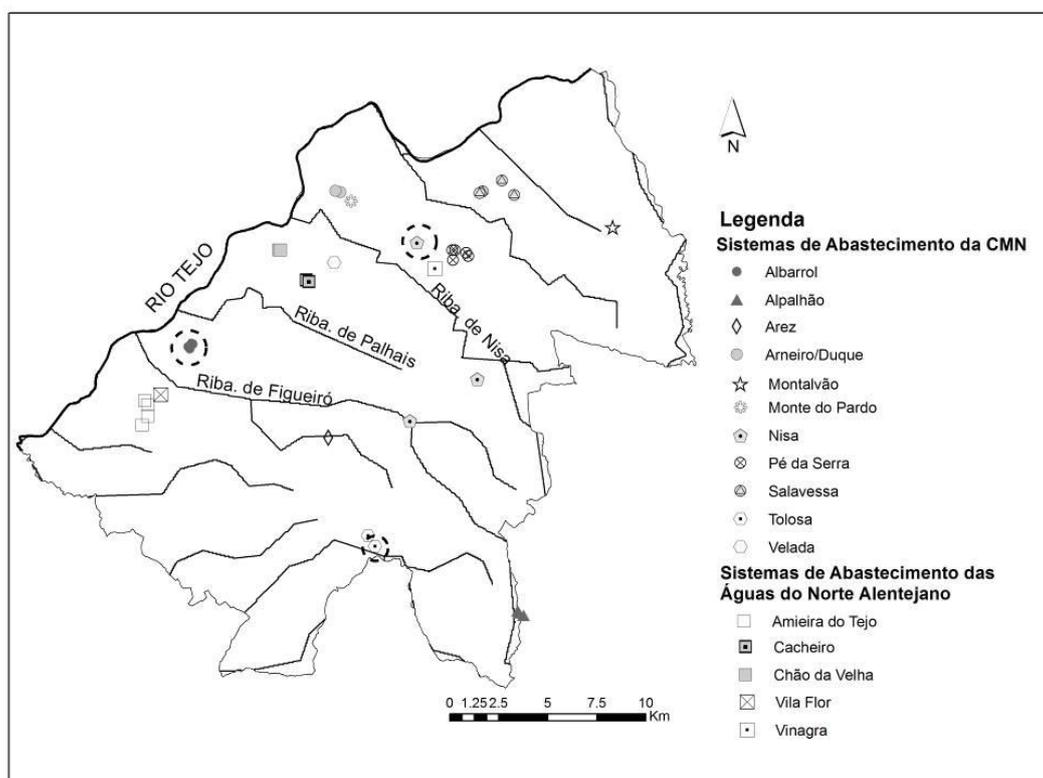


Fig. 1. Sistemas de abastecimento da C.M Nisa e das Águas do Norte Alentejano.
○ Captações em que existe necessidade de definição de zona(s) de protecção.

A nascente Galeana pertence ao sistema de abastecimento de Nisa, apresenta um caudal de exploração superior a 100 m³/dia, pelo que fica abrangida pelo disposto

no já citado D.L. para todas as zonas de protecção previstas e definidas: zona de protecção imediata, zona de protecção intermédia e zona de protecção alargada.

No caso do furo Albarrol e poço S. Gens 1, uma vez que irão servir um número de habitantes inferior a 500 e o caudal a captar será inferior a 100 m³/dia, apenas se verifica a necessidade de definição da zona imediata de protecção, de acordo com o já citado D.L.

Foram realizadas para as três captações anteriormente mencionadas campanhas de medição de profundidade do nível freático (Albarrol e S. Gens) e de determinação de parâmetros *in situ* (temperatura (°C), pH, condutividade eléctrica e oxigénio dissolvido).

4.2. Zonas de protecção propostas

O estudo apresentado tem como objectivo principal propor as zonas de protecção para as captações de águas subterrâneas utilizadas no abastecimento público do concelho de Nisa e que são geridas pela Câmara Municipal.

4.2.1. Furo Albarrol (furo novo)

4.2.1.1. Zona de Protecção Imediata (ZPI)

O Furo de Albarrol (Furo Novo) corresponde a uma captação recente de abastecimento público (fig. 2a a 2c), que interceptou formações de natureza xistenta pertencentes à orla de metamorfismo de contacto e que, à data da construção, apresentava artesianismo repuxante. Actualmente o seu nível piezométrico encontra-se muito próximo da superfície, a cerca de 0,80 m abaixo do solo.



Fig. 2a – Envolvente furo de Albarrol (furo novo)



Fig. 2b. Caseta do furo



Fig.2c. Boca do furo encontrava-se a descoberto

A captação encontra-se totalmente exposta uma vez que, apesar de ter uma construção em alvenaria, não tem tampa de protecção (Fig. 2b).

Na delimitação da ZPI foi considerado um raio de 60 m, de acordo com o Anexo II do Decreto-Lei 382/99 de 22 de Setembro – Aquífero tipo 5 (Fig. 3).

Recomenda-se a instalação de uma vedação que circunde totalmente a captação.

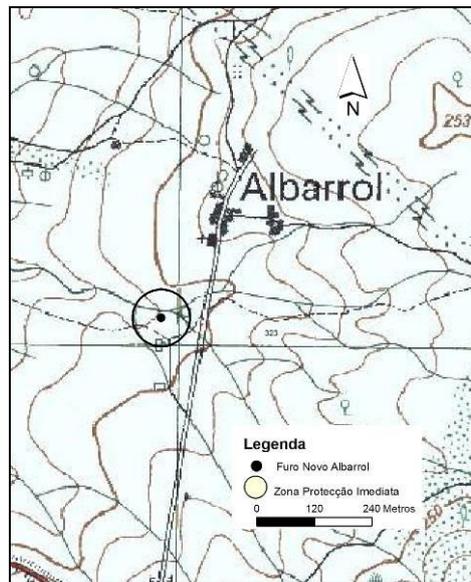


Fig. 3. Zona de protecção imediata proposta para o Furo Albarrol (furo novo)

4.2.2. Poço de S. Gens1

4.2.2.1. Zona de Protecção Imediata (ZPI)

O Poço de S. Gens1 corresponde a um poço de grande diâmetro, localizado em formações graníticas.

No que se refere às condições da captação, o poço encontra-se protegido por uma construção de alvenaria fechada ao exterior, com acesso através de uma porta (Fig. 2a).

A extracção de água nesta captação está actualmente suspensa, podendo ser retomada a médio prazo, numa situação de reforço do abastecimento às Termas da Fadagosa.



Fig. 4a. Poço S. Gens1: aspecto exterior da caseta de protecção



Fig. 4b. Aspecto do interior da construção de alvenaria na qual se localiza o poço

Na delimitação da ZPI foi considerado um raio de 40 m, de acordo com o Anexo II do Decreto-Lei 382/99 de 22 de Setembro - Aquífero tipo 6 (Fig. 5).

Recomenda-se a manutenção da vedação que circunda totalmente a captação.

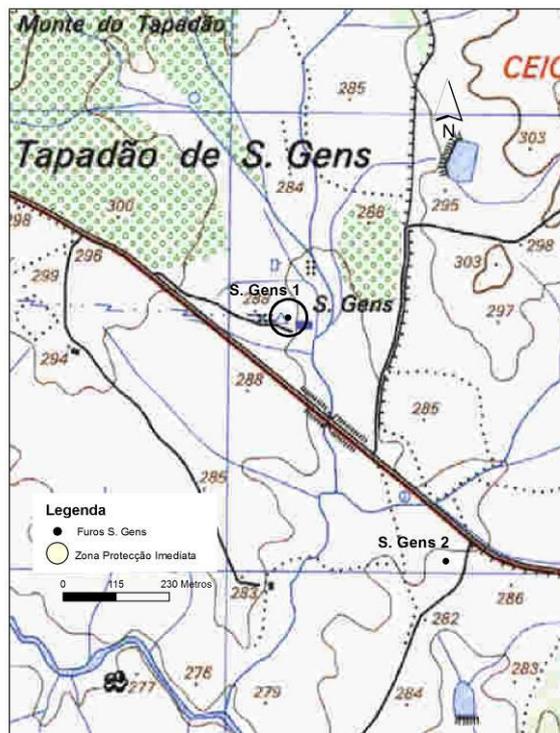


Fig. 5 – Zona de protecção imediata proposta para o Poço de S. Gens1

4.2.3. Nascente Galeana

4.2.3.1. Considerações hidrogeológicas e estruturais

A nascente Galeana localiza-se na zona norte do concelho de Nisa, no sinclinal de Vila Velha de Ródão, que corresponde a um relevo estreito e alongado, que sobressai na paisagem dando origem à crista quartzítica de Vila Velha de Ródão (Fig. 6), com orientação geral NW-SE (Metodiev, D., Romão, J. & Dias, R., 2009).

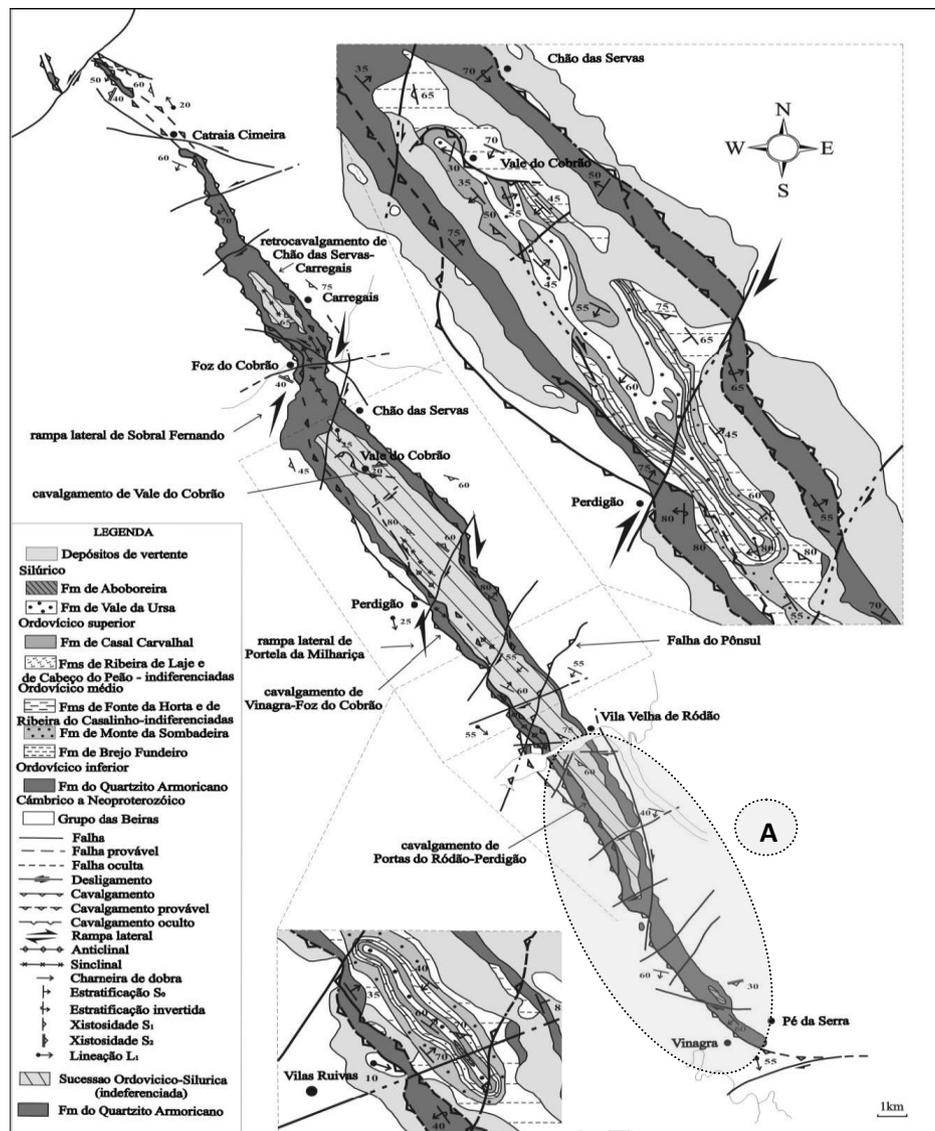


Fig. 6. Carta geológica simplificada do sinclinal de Vila Velha de Ródão (extraído de Metodiev, D., Romão, J., Dias, R. & Ribeiro, A., 2009).

No ano 2009 foi efectuada pelo LNEG uma revisão da cartografia da região da crista quartzítica de Vila Velha do Ródão, com apresentação de novos elementos sobre a litostratigrafia e a estrutura deste sinclinal complexo. A figura 7 corresponde a um extracto da cartografia efectuada (Metodiev, D., Romão, J. & Dias, R., 2009).



Fig. 7– Cartografia geológica do sinclinal de Vila Velha de Ródão (extraído de Metodiev, D., Romão, J. & Dias, R., 2009 – New data about stratigraphy and structure of the Vila Velha de Ródão complex syncline (SW sector of the Central-Iberian Zone, Portugal). IGCP 497-574 Field Meeting (june 2009), Salamanca, Spain, pp. 314-317.)

Com base nas observações de campo e em informação cedida pela C.M. Nisa, a água proveniente dos quartzitos, na zona da nascente de Galeana, é captada através de 5 galerias (Fig. 8a), construídas em 1944, sendo depois encaminhada para um mesmo local, a que vulgarmente se chama de Nascente Galeana (Fig. 8b). Estima-se que a média anual do volume captado seja 115.000 m³/ano (≈ 13128 L/h).



Fig. 8a e 8b. Conjunto de galerias construídas em 1944 para captar a água dos quartzitos

Nas campanhas realizadas no âmbito deste trabalho, foram efectuadas medições de níveis freáticos e de vários parâmetros físico-químicos em várias captações, localizadas na crista quartzítica ou na área envolvente à mesma (Fig. 9). Os valores medidos encontram-se no quadro 3.

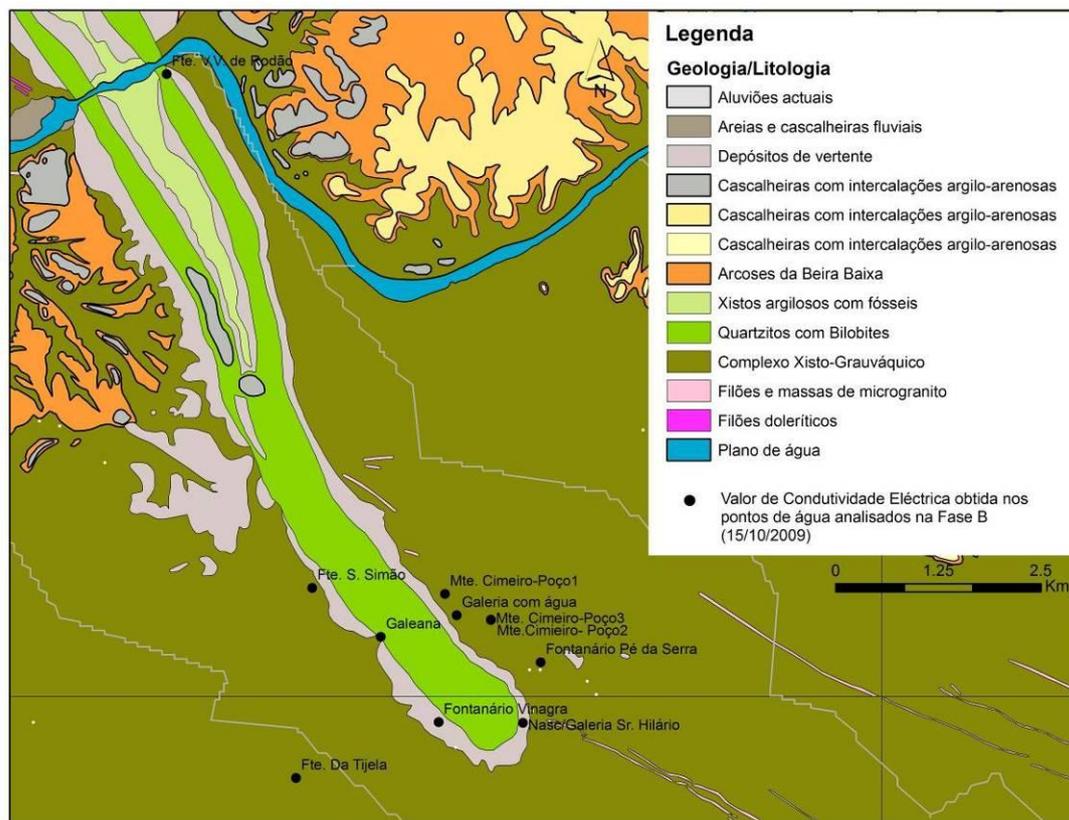


Fig. 9. Captações monitorizadas na área da crista quartzítica

Quadro 3 - Profundidade do nível freático e parâmetros físico-químicos, medidos em diversas captações localizadas na área da crista quartzítica.

| Captação | M (m) | P (m) | Data | Nível Freático | pH | Condutividade (μS/cm) |
|------------------------|----------|----------|----------|------------------------------|------|-----------------------|
| Furo Novo Albarrol | 230255,2 | 285351,0 | 15-10-09 | -0.80 | - | - |
| Fte. da Tijela | 240875,7 | 288999,1 | 16-10-09 | - | 4,82 | 55 |
| Fte. Vila Velha Rodão | 239300,0 | 297600,0 | 16-10-09 | - | 4,74 | 36 |
| Fte. S. Simão | 241073,4 | 291319,5 | 16-10-09 | - | 6,47 | 79 |
| Galeana | 241907,8 | 290723,2 | 16-10-09 | - | 4,47 | 52 |
| Fontanário Vinagra | 242612,2 | 289680,9 | 16-10-09 | seco | - | - |
| Furo Vinagra | 242820,0 | 289370,0 | 16-10-09 | - | 6,50 | 655 |
| Nasc/Galeria Hilário | 243638,6 | 289674,2 | 16-10-09 | - | 6,24 | 135 |
| Fontanário Pé da Serra | 243856,4 | 290412,6 | 16-10-09 | - | 5,67 | 117 |
| Monte Cimeiro -Poço1 | 242689,4 | 291248,1 | 16-10-09 | -1.5 | 6,33 | 229 |
| Galeria com água | 242831,7 | 290986,7 | 16-10-09 | Não foram medidos parâmetros | | |
| Monte Cimeiro -Poço2 | 243249,6 | 290933,5 | 16-10-09 | -1.34 | 6,28 | 122 |
| Monte Cimeiro- Poço3 | 243249,6 | 290930,4 | 16-10-09 | -3.6 | - | - |

Através da figura 10, que mostra os valores de condutividade eléctrica medidos nas várias captações, podemos verificar que o menor valor de condutividade foi

registado na Fte. Vila Velha de Ródão (36 $\mu\text{S}/\text{cm}$), seguido pelos registados nas nascentes Galeana (52 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e Fte. da Tijela (55 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

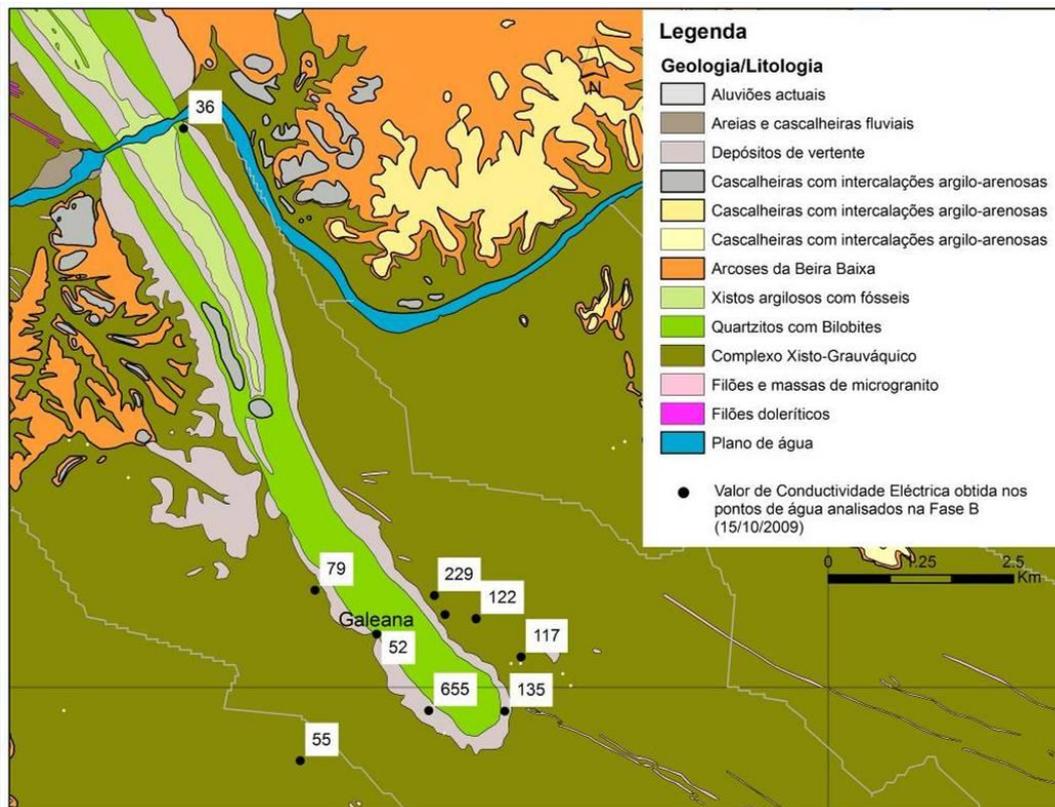


Fig. 10 – Valores de condutividade eléctrica nas captações monitorizadas na área da crista quartzítica

No quadro 4 estão representados os valores de condutividade eléctrica da nascente Galeana, registados por várias entidades, no âmbito do plano de monitorização desta nascente.

Quadro 4 - Valores de Condutividade eléctrica registados na nascente Galeana

| Data colheita | Data análise | Laboratório | Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|---------------|--------------|------------------|---|
| 31-07-2000 | 03-08-2000 | DRA Alentejo | 47* |
| 08-11-2000 | 10-11-2000 | DRA Alentejo | 48,5* |
| 13-09-2001 | 25-10-2001 | Controlab | 76 |
| 18-06-2008 | 30-06-2008 | Lab. UAS do LNEG | 47,2 |
| 16-10-2009 | 20-10-2009 | Lab. UAS do LNEG | 52* |

* - Condutividade medida no campo

A delimitação das zonas de protecção intermédia e alargada da nascente de Galeana teve por base Critérios Hidrogeológicos / Fronteiras de Fluxo (Moinante, 2003).

Os reconhecimentos de campo efectuados e os dados obtidos permitiram obter informações sobre as características geológicas e hidrogeológicas da formação quartzítica bem como as características hidráulicas. Com base nesta informação definiram-se as áreas geográficas que compreendem as zonas de perímetro intermédio (ZPINT) e alargado (ZPA).

A nascente localiza-se no flanco oeste da crista quartzítica, sensivelmente à cota 240 m, parecendo condicionada por dois sistemas de falhas, constituídos pelo cavalgamento com orientação NW-SE e pelo desligamento direito orientado segundo WNW-ESE, como se pode observar na figura 7.

4.2.3.2 Zona de Protecção Imediata (ZPI)

No que se refere às condições da captação, a nascente de Galeana está protegida por uma construção de alvenaria, sendo o caudal total canalizado através de tubagens para o reservatório (Fig. 11a a 11c).



Fig. 11a. Zona envolvente à captação.



Fig. 11b. Interior da construção de alvenaria.



Fig. 11c. Canalização da água para o reservatório.

Na delimitação da ZPI foram consideradas as características particulares da Nascente Galeana e do local onde esta se situa. Assim, salienta-se o facto, já anteriormente referido, de haver seis captações do tipo dreno interligadas, situadas na encosta a cotas crescentes a partir da cota aproximada 240 (ver fig. 8a e 8b), a que se situa a nascente principal. A ZPI que agora se propõe deve incluir a

Nascente Galeana e o conjunto de drenos situados acima desta, pelo que se propõe o polígono rectangular cujos vértices constam do quadro 5 e que se representa na figura 12.

Quadro 5 – Captação Galeana: Vértices da ZPI proposta

| Vertices ZPI | M (m) | P (m) |
|--------------|--------|--------|
| X | 241864 | 290717 |
| Y | 241865 | 290808 |
| Z | 241922 | 290808 |
| W | 241923 | 290720 |

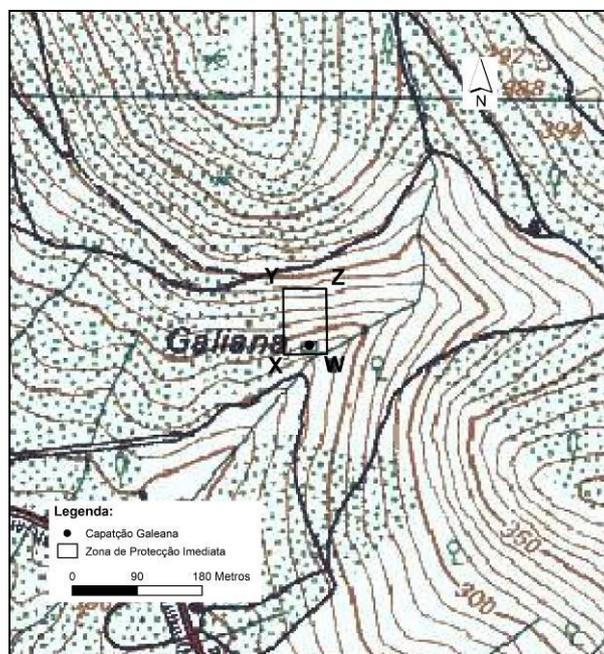


Fig. 12 - Zona de protecção imediata proposta para a nascente Galeana

4.2.3.3. Zona de Protecção Intermédia (ZPINT)

Para a definição da ZPINT foram considerados critérios de natureza tectónica e morfológica que pudessem de alguma forma apoiar e fundamentar as informações e as observações realizadas no terreno.

A fracturação e lineamentos da região da crista quartzítica (Fig. 7), juntamente com a inclinação e o dobramento das camadas quartzítica (Fig. 13) deverão ser os principais responsáveis pela direcção do fluxo de água subterrânea.

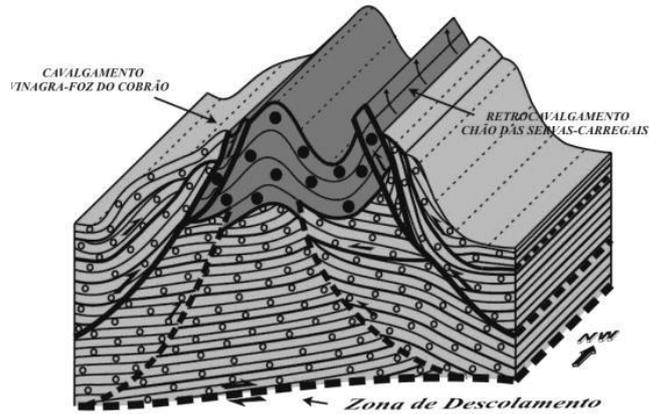


Fig. 13 – Modelo de deformação sofrida pelo sinclinal de Vila Velha de Ródão na zona de Vinagra (Metodiev, D., Romão, J., Dias, R. & Ribeiro, A, 2009)

Em termos de escorrência superficial, na zona da nascente Galeana a mesma dá-se de NE para SW (Fig 14).

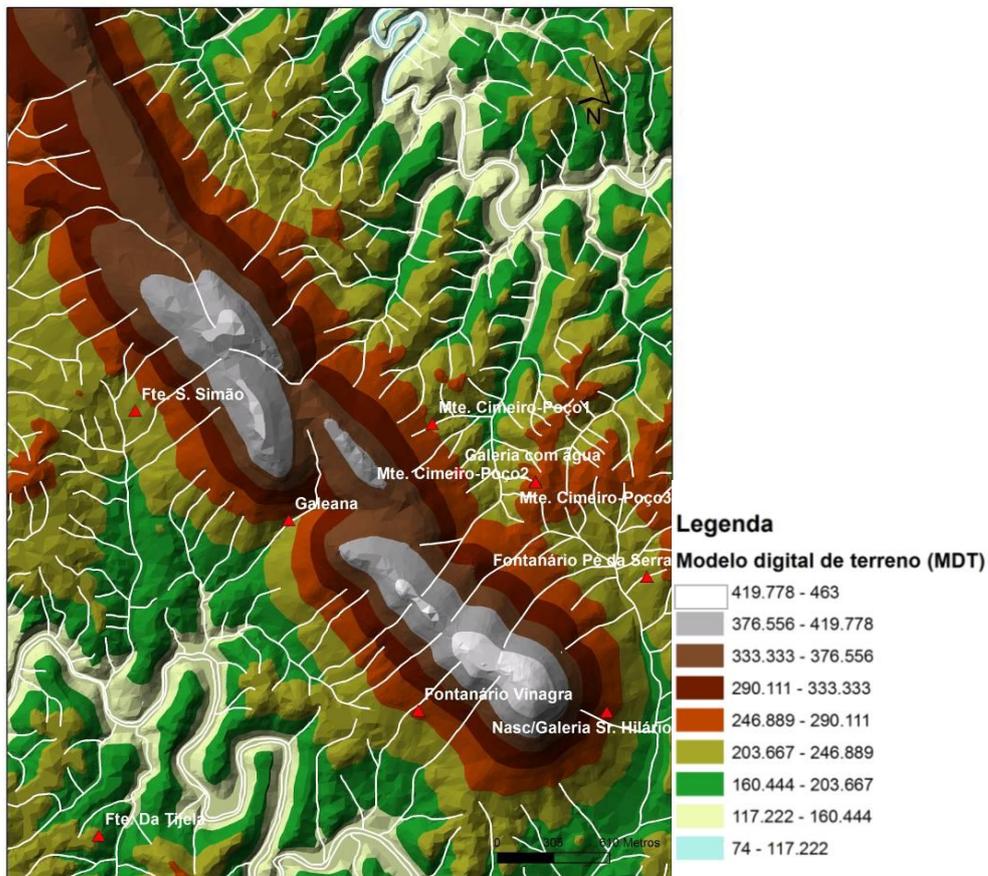


Fig. 14. Modelo digital de terreno e hidrografia na zona terminal SE da crista quartzítica, no concelho de Nisa

Correspondendo os afloramentos quartzíticos a zonas preferenciais de infiltração, optou-se por incluir no perímetro de protecção da zona intermédia as cabeceiras de linhas de água.

Conjugando os vários critérios considerados e atendendo ao carácter preventivo e proteccionista inerente a este instrumento normativo, considerou-se incluir igualmente na ZPINT as vertentes viradas a NE onde a formação quartzítica é aflorante.

Os vértices da Zona de Protecção Intermédia (ZPINT) proposta encontram-se no Quadro 6 e a sua implantação na Carta Militar encontra-se na figura 15.

Quadro 6 – Vértices da ZPINT da captação de Galeana

| Vértices ZPINT | M (m) | P (m) |
|----------------|------------|------------|
| A | 241417.593 | 291088.528 |
| B | 242070.798 | 291664.125 |
| C | 243797.587 | 289730.380 |
| D | 243196.121 | 289264.729 |

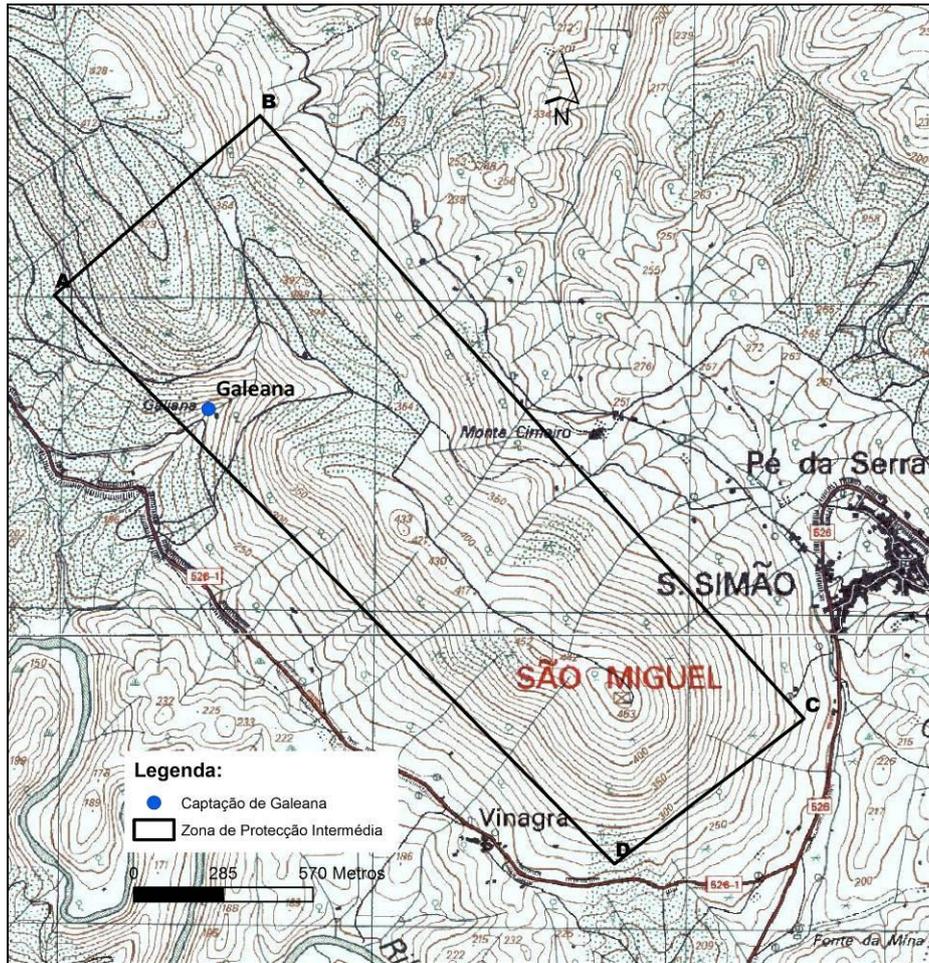


Fig. 15 - Zona de protecção intermédia proposta para a nascente Galeana

4.3.3.4. Zona de Protecção Alargada (ZPA)

No que se refere à ZPA, pretende-se que a área geográfica proposta corresponda à área na qual seja possível a contribuição de água subterrânea para a captação, com base nas divisórias hidrogeológicas, controladoras do fluxo de água subterrânea. A utilização destes critérios hidrogeológicos parte do princípio que um poluente lançado na zona de contribuição pode eventualmente alcançar a captação, pelo que o polígono traçado para o caso da nascente Galeana engloba as zonas formadas por quartzitos e que se encontram acima da cota dos 240 metros (Fig. 16).

Os vértices da ZPA proposta encontram-se no quadro 7 e a sua implantação na Carta Militar encontra-se na figura 16.

Quadro 7 – Vértices da ZPA da captação de Galeana

| Vértices ZPA | M (m) | P (m) |
|--------------|------------|------------|
| a | 238306.265 | 297078.926 |
| b | 238527.787 | 297221.549 |
| c | 240129.096 | 294580.392 |
| d | 240274.275 | 294732.770 |
| e | 239262.580 | 297336.395 |
| f | 239545.260 | 297433.101 |
| g | 240700.195 | 294721.791 |
| h | 241650.777 | 292164.510 |
| i | 243815.325 | 289733.240 |
| j | 243179.297 | 289158.762 |
| K | 241129.752 | 291322.021 |

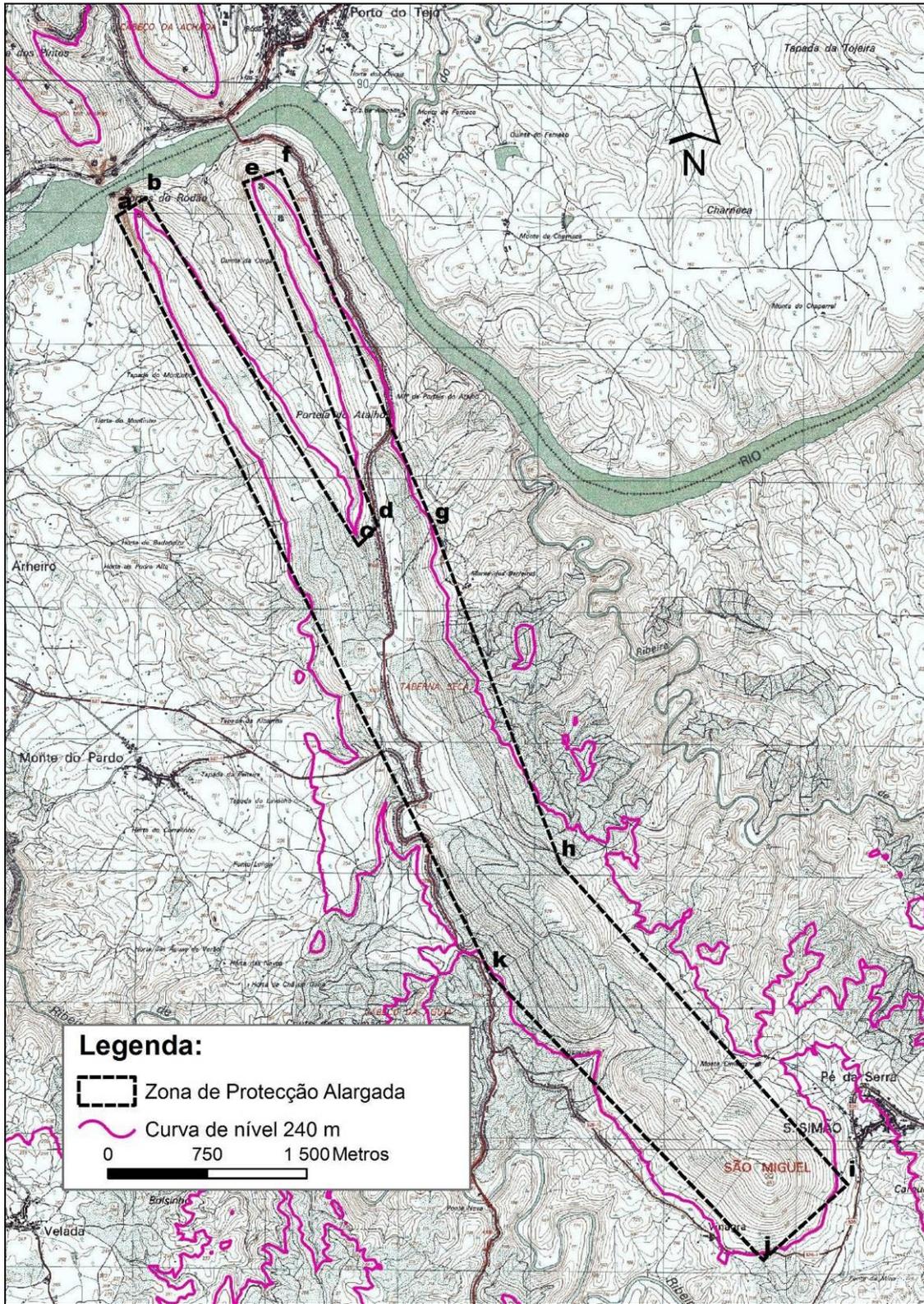


Fig. 16. Zona de protecção alargada proposta para a nascente Galeana

A figura 17 apresenta a proposta das três zonas de protecção para a nascente Galeana.

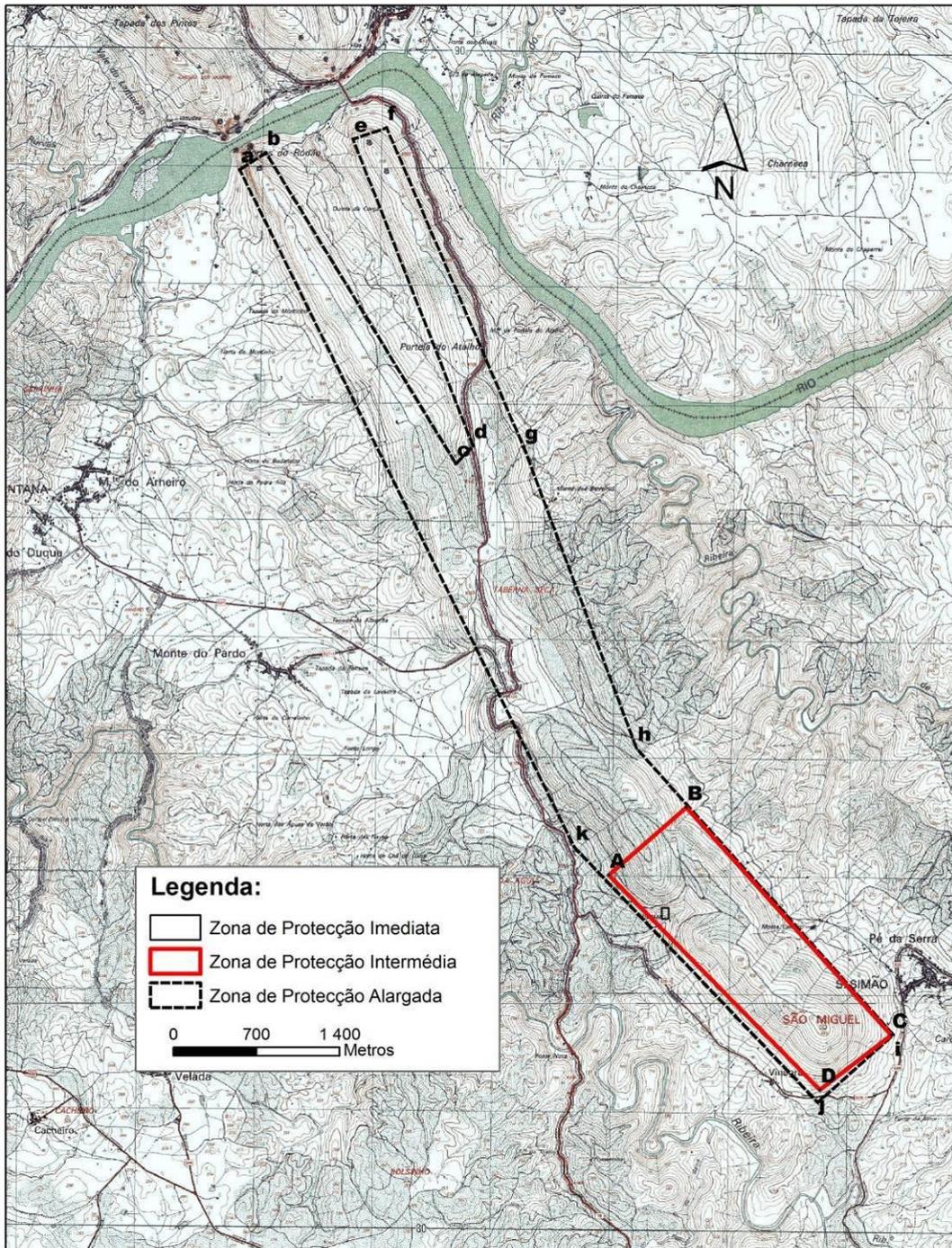


Fig. 17. Zonas de protecção propostas para a Nascente Galeana

BIBLIOGRAFIA

Decreto-Lei nº 382/99 de 22 de Setembro – Estabelece Perímetros de Protecção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público. DR nº 222/99, I Série–A.

Metodiev, D. & Romão, J., 2008 - Novos dados sobre a estrutura em sinclinal complexo de Vila Velha de Ródão (bordo SW da Zona Centro-Ibérica). Memória n.º 13, Museu Lab. Minera. e Geológico da Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, pp.30-34.

Metodiev, D., Romão, J. & Dias, R., 2009 – New data about stratigraphy and structure of the Vila Velha de Ródão complex syncline (SW sector of the Central-Iberian Zone, Portugal). IGCP 497-574 Field Meeting (june 2009), Salamanca, Spain, pp. 314-317.

Metodiev, D., Romão, J., Dias, R. & Ribeiro, A., 2009 – Sinclinal de Vila Velha de Ródão (Zona Centro-Ibérica, Portugal): litostratigrafia, estrutura e modelo de evolução da tectónica Varisca. Comunicações Geológicas do LNEG, Vol. 96, Lisboa, pp. 5-17.

Moinante, M.J., 2002 – Delimitação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas. Estudo comparativo utilizando métodos analíticos e numéricos. Dissertação elaborada no LNEG para obtenção do Grau de Mestre em Georrecursos pela Universidade Técnica de Lisboa, 165 pp.