

DIAGNÓSTICO DA INSTABILIDADE DOS MATERIAIS GEOLÓGICOS ASSOCIADOS À EXTRAÇÃO DE MASSAS MINERAIS  
NO DISTRITO DE BRAGA (PORTUGAL) - SUBSÍDIOS PARA BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA EXTRACTIVA

2003



UNIVERSIDADE DOMÍNIO  
Escola de Ciências

**DIAGNÓSTICO DA INSTABILIDADE DOS MATERIAIS GEOLÓGICOS  
ASSOCIADOS À EXTRAÇÃO DE MASSAS MINERAIS NO  
DISTRITO DE BRAGA (PORTUGAL)-  
SUBSÍDIOS PARA BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA  
EXTRACTIVA**

ALEXANDRAGIESTAS CANCELA MONTEIRO

**BRAGA**  
2003

ALEXANDRA GIESTAS CANCELA MONTEIRO

**DIAGNÓSTICO DA INSTABILIDADE DOS MATERIAIS  
GEOLÓGICOS ASSOCIADOS À  
EXTRACÇÃO DE MASSAS MINERAIS NO  
DISTRITO DE BRAGA (PORTUGAL) -  
SUBSÍDIOS PARA BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS  
NA INDÚSTRIA EXTRACTIVA**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À  
UNIVERSIDADE DO MINHO PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE,  
ESPECIALIZAÇÃO EM QUALIDADE  
AMBIENTAL.

**BRAGA  
2003**



## AGRADECIMENTOS

Para começar, dou graças por passar por uma experiência chamada Ciência.

Desejo expressar a minha gratidão e reconhecimento ao Prof. Carlos A. Leal Gomes por ter despertado e refreado a minha curiosidade de Bióloga pelo mundo da Geologia. Não posso deixar de sublinhar a sua tenacidade ao proporcionar-me autênticos exercícios de aproximação ao grau de Mestre em Ciências do Ambiente. Mais uma vez.

Ao Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho, onde foram realizadas todas as análises das amostras recolhidas: Dr. António Azevedo (Diffractometria de Raio X), Dr. Fernando Dias (preparação de lâminas polidas), Sr. José Luís Nunes (análises granulométricas) e Sr. António Saúl Sendas (separações mineralógicas).

Às Câmaras Municipais de Braga e Póvoa de Lanhoso os dados que me forneceram sobre os Planos Directores Municipais, em especial à S<sup>a</sup> Eng<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Emília Barbosa e ao Arq<sup>o</sup> Luís Lobato.

Ao Sr. Faustino, ao Sr. Gonçalves, ao Sr. José António, ao Sr. Pereira e ao Sr. Ribeiro agradeço a disponibilidade e delicadeza com que me receberam nas suas explorações e que, em muito, me mostraram a realidade de uma profissão que passei a conhecer melhor e admiro.

À Eng<sup>a</sup> Teresa Valente e ao Dr. Vítor Silva a partilha de informação.

À minha amiga Vera a revisão do resumo em inglês.

Um bem haja a todos os que me foram apoiando e encorajando no decorrer deste trabalho!

## ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	IV
<b>ABSTRACT</b> .....	VIII
<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 – Caracterização do usufruto das matérias-primas minerais e fisiografia da área em estudo – Selecção dos objectos de estudo .....	3
1.2 – Tipologia dos impactes ambientais em apreço.....	7
1.3 - Métodos de Análise .....	10
1.3.1 – Métodos de amostragem.....	11
1.3.2 – Componentes e métodos analíticos adoptados.....	12
<b>2 - DISTRIBUIÇÃO TOPOGRÁFICA DOS DESMONTES E CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA DOS RESÍDUOS NOS ESTALEIROS</b> .....	20
2.1 – Pedreiras: Amares e Póvoa de Lanhoso.....	20
2.2 - Saibreiras da Serra dos Carvalhos: Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos .....	26
2.3 - Barreiro de Prado.....	39
<b>3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA</b> .....	43
3.1 - Frentes de desmonte das Saibreiras (activas e inactivas) .....	45
3.2 - Solos Naturais e Artificiais	
3.2.1 - Saibreiras.....	50
3.2.2 - Pedreiras.....	53
3.3 - Lamas Artificiais de Pedreiras e Saibreiras	
3.3.1 - Lamas Saibreiras <i>versus</i> Lamas de Pedreiras .....	55
3.3.2 - Lamas em Suspensão <i>versus</i> Lamas Sedimentadas.....	57
3.3.3 - Fenómenos de Agregação e Dispersão de partículas.....	58
3.4 – Britas das Saibreiras .....	59
3.5 - Materiais de Barreiro.....	60
<b>CONCLUSÕES</b> .....	62

<b>4- PESQUISA DE MATERIA ORGÂNICA E MINERAIS CARBONATADOS E FOSFATADOS: Propriedades químicas e visuais.....</b>	<b>69</b>
CONCLUSÕES.....	76
<b>5 - ESTUDO PETROGRÁFICO – GEOMETRIAS DE ALTERAÇÕES MINERALÓGICAS</b>	
5.A - Evolução mineralógica das amostras de mão.....	79
5.1 – Pedreira de Póvoa de Lanhoso.....	87
5.2 - Pedreira de Amares.....	87
5.3 - Saibreiras do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos.....	93
5.B – Padrões texturais das lamas .....	102
5.4 - Lamas de pedreiras <i>versus</i> lamas de saibreiras.....	104
5.5 - Lamas de suspensão e escorrência <i>versus</i> lamas sedimentadas.....	105
CONCLUSÕES.....	109
<b>6 - DIFRACTOMETRIA DE RAIOS X.....</b>	<b>111</b>
6.1 - Perfis do Barreiro.....	113
6.2 - Materiais das Pedreiras: Frentes de desmonte, Lamas e solos artificiais.....	115
6.3 - Materiais das Saibreiras	
6.3.1 – Rocha total: Frentes de desmonte e Lamas.....	118
6.3.2 – Fracção < 2 µm: Britas e Lamas.....	120
6.3.3– Fracção < 2 µm: Frentes de desmonte frescas e inactivas.....	122
6.3.4– Fracção < 2 µm: Solos naturais e artificiais.....	122
OCORRÊNCIAS MINERAIS.....	125
CONCLUSÕES.....	130
<b>7 – SÍNTESE DO ESTUDO E CONCLUSÕES FINAIS.....</b>	<b>131</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>140</b>
<b>ATLAS/PUBLICAÇÕES CONSULTADAS E SUGESTÕES BIBLIOGRÁFICAS DE INTERESSE TÉCNICO .....</b>	<b>144</b>
<b>ÍNDICE AMOSTRAS E DOS MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS.....</b>	<b>145</b>

## RESUMO

A proposta de fundo aqui explicitada sustenta que a avaliação e o estudo de medidas de remediação dos impactes ambientais associados a intervenções extractivas sobre massas minerais não reactivas (inertes), tem uma componente importante situada ao nível de materialografia dos produtos naturais e neoformados.

O âmbito geral deste estudo enquadra-se na análise do impacte ambiental gerado pela actividade extractiva de granito e saibro na Região do Minho. Neste âmbito o objectivo privilegiado foi o impacte geológico pelo que se estudaram as transformações granulométricas e a evolução geoquímica dos materiais que compõem as unidades litológicas submetidas a extracção de modo a identificar factores que, podendo ser manipulados pelo explorador, contribuam para a minimização de impactes negativos e aceleração de processos naturais de reposição de condições prévias.

Por outro lado, procurou-se adequar metodologias de amostragem e tratamento de dados que, num contexto prático, pudessem contribuir sem dificuldade para uma orientação sustentável dos desmontes e uma gestão equilibrada dos resíduos inerentes a esta actividade.

São objectos de estudo essenciais os materiais de duas Pedreiras de granito são, duas Saibreiras de arena de granito, e de um Barreiro com argila impura, areia e cascalho, situadas nas proximidades de Braga. As explorações são encaradas espacialmente na Região numa perspectiva tridimensional onde, na maior parte dos casos, se observou que a jusante das respectivas escorrências naturais se localizam povoamentos mais ou menos dispersos.

Os métodos de análise e caracterização dos constituintes e produtos geológicos que se propõem são diversificados.

A análise granulométrica dos diferentes estados das arenas nas Saibreiras revelou uma relação muito próxima entre os perfis das frentes de desmonte inactivas e os respectivos solos naturais e artificiais. Nas Pedreiras tal não se verifica uma vez que as frentes são caracterizadas por granito são.

É importante não esquecer que, ainda assim, a instalação de solos em rocha nua (sã) dos granitos foi observada mas, em concavidades onde se alojam solos com menores percentagens de silte e argila que nas Saibreiras.

Os materiais residuais mais finos – Lamas – estão destituídos das fracções de cascalho e saibro. Verifica-se no entanto que, tanto nas Saibreiras como nas Pedreiras, é a mistura das Lamas com as fracções de cascalho e principalmente clastos (até 25 cm de Ø) que representam um dos obstáculos ao aproveitamento dos mesmos para fins agrossilvícolas.

A diversidade de granulometrias presente nos materiais com diferentes graus de consolidação e alteração aconselha a realização de estudos petrográficos específicos, em que são quantificados os Produtos de Alteração Supergénica (PAS) e os Produtos de Alteração Hidrotermal (PAH) constatáveis no decurso das sequências evolutivas nas unidades extractivas. Os resultados obtidos apontam para uma maior resistência à meteorização dos materiais com maiores percentagens de PAH e também que as principais perdas de minerais primitivos se verificam precisamente na transição dos materiais compactos - Frentes, Britas e Clastos – para as Lamas com a formação de PAS.

Relativamente ao papel das condições ambientais na evolução mineralógica dos materiais, constatou-se que nas Saibreiras as frentes inactivas mais sombrias e húmidas são as que apresentam maiores percentagens de Produtos de Alteração Supergénica. Com efeito, os minerais gibbsite, vermiculite e halloysite sofrem um incremento de conteúdo na massa de rocha alterada nestas frentes, onde inclusivamente crescem musgos, ocorrendo assim condições semelhantes às dos solos primitivos das respectivas explorações.

Por outro lado, nas frentes inactivas das Saibreiras expostas a Oeste, aumenta o conteúdo da caulinite relativamente às frentes de desmonte activas.

No contexto do desenvolvimento de técnicas expeditas para avaliação dos factores biogénicos intervenientes na evolução geoquímica das explorações, testou-se a reactividade dos materiais desagregáveis ao ácido nítrico e clorídrico. Desta experiência sobressaiu a inadequação dos materiais finos à técnica em causa, pois são fortemente afectados por decantação. O processo passaria a ser muito demorado e ineficaz pois a baixa densidade dos minerais, sobretudo os filossilicatos, falseia as perdas de peso atribuídas à digestão da matéria orgânica pelo ácido nítrico. É na sequência desta dificuldade que a cor das amostras pode auxiliar aquando da discussão sobre as perdas de peso observadas.

Ainda sobre os resíduos a produção de massa mineral, foi dada especial atenção à caracterização petrográfica das Lamas a qual passou pelo cálculo da percentagem da área ocupada por minerais primitivos e óxidos opacos, em lâmina delgada. Assim, foi possível ajuizar a magnitude do processo de decantação das Lamas nas Lagoas, onde se notou uma sedimentação generalizada dos minerais primitivos (quartzo, feldspatos e filossilicatos) e, principalmente nas Saibreiras, o fenómeno inverso relativamente aos óxidos opacos. Quanto à evolução geoquímica das Lamas em relação à das Frentes de desmonte, as análises por difracção de Raio X, permitiram identificar nas Pedreiras um ligeiro aumento da intensidade dos picos correspondentes a filossilicatos na rocha total, e nas saibreiras um incremento dos indicadores de vermiculite e especialmente de caulinite na rocha total e de gibbsite na fracção  $< 2 \mu\text{m}$ .

Na sequência dos resultados obtidos, são sugeridas algumas práticas cujo objectivo último será harmonizar a exploração de inertes com as práticas de usufruto mais sustentável dos recursos de massas minerais. Este esforço implica uma divulgação da informação disponível sobre a exploração aos habitantes locais. Do ponto de vista técnico, várias são as medidas aconselháveis: a criação de sub-bancadas nas frentes de desmonte abruptas e respectivo enriquecimento com partículas finas, protocolos de cooperação entre Pedreiras e Saibreiras da mesma Região para o encaminhamento de triturados finos em falta ou excedentes o fomento da construção de Lagoas de Pedogénese de Baixa Profundidade, introdução de espécies leguminosas e monitorização das águas das Lagoas de Decantação e linhas de água a jusante das unidades extractivas.

***Palavras-chave:*** Minho; Indústria extractiva; Massas minerais graníticas; Lamas; Clastos; Evolução granulométrica e geoquímica; Pedogénese; Práticas ambientais sustentáveis.

## ABSTRACT

This thesis is based on the principle that the assessment and mitigation of the environmental effects resulting from the extraction of non-reactive granite mineral masses claim for a materialographic study of the remaining materials and their supergenic products.

This is a global study about the environmental impact of the quarry industries that operate in the Minho province in Northwest Portugal: two granite quarries, two granite saprolites, and one clay extraction unit in Braga, the capital of this province.

Once the topographic recognition of the selected areas and the necessary diagnosis of the geological objects which define the quarries during and after exploration were completed, samples were collected in order to obtain a granulometric profile and assess the geochemical evolution of the materials.

With a view to drawing up some guidelines meant to reclaim a sustainable land surface without an excessive burden of technical details, the sampling methods were defined and the data obtained by ordinary techniques were gathered, being intended more for practical than for specialist use.

The methods followed to study the majority of the samples were the granulometric analysis of the > and < 100  $\mu\text{m}$  fractions, examinations of polished thin sections and X-ray diffraction (XRD) of total rock and clay fraction. A fourth method was used to test the reactivity of the samples to  $\text{HNO}_3$  and  $\text{HCl}$ .

The granulometric data revealed a very close relationship between natural and artificial soils and the remaining granite saprolites. On the other hand, granite quarries developed primal soils in small hollows, however with lower silt and clay fractions than the saprolite quarries's artificial soils developed from fine grained wastes. Nevertheless, the fine grained wastes called Mudrock show little fractions of gravel: it is precisely the mixture of these materials with bigger ones (clasts with  $\text{Ø} < 25 \text{ cm}$ ) that hinders the reclamation of these lands for agricultural and forest use.

The petrographic study allowed to quantify the percentage of primary minerals invaded by supergenic and hidrothermal products in the majority of the samples. Major resistance to supergenic phenomena was observed in the samples with some hydrothermal occurrences. With regard to the greater losses of primary minerals during the extraction processes, the petrographic results showed that the transition from the compact materials - block frontage and quarry waste –

to their mudrock is accomplished with noticeable invasions of the primal minerals by Supergenic Products.

The data of the materialographic and petrographic recognitions as well as of the X-ray diffraction were combined in order to establish a relationship between mineral evolutions and their environmental conditions. As a matter of fact, shadowy, humid and mossy inactive frontages in the saprolite quarries developed increased supergenic products (gibbsite, vermiculite and halloysite) in their minerals, resembling the primitive natural soils. Kaolinite also increased from active to inactive frontages, especially when exposed to West.

In view of the petrographic characteristics of the mud produced, namely in the saprolite quarries, adaptations were made once the primary minerals were no longer the major component, as is the case in the natural saprolite. Particularly, the suspension mud bore a higher rate of oxides, whilst the fragments of the primary minerals decanted in the bottom of the muddy lagoons.

Through X-ray diffraction some increase in the filossilicate levels of the total rock of the granite mud was detected when compared to its parent material. Also, in the saprolite quarries vermiculite and especially kaolinite raised in the  $< 2 \mu\text{m}$  fraction and gibbsite as well.

The amount of natural organic compounds in the geological objects was swiftly tested by means of acid treatment of the quarry samples. Each sample was subject to  $\text{HNO}_3$  and  $\text{HCl}$  reactivity and the dry weight losses were analysed. Unfortunately, the decantation losses overweighed the real results, most of all referring to the mudrocks. Having in mind the purpose of this thesis, it was extremely difficult to pour out low density mineral fragments, such as filossilicates within a reasonable timescale. The results of such an indirect look at the organic matter contents that are lacking claimed for simple, yet conclusive data, such as the colour of these materials.

In answer to the main target of this study which urges for practical approaches in a sustainable management of the quarry wastes, based on field work and its results, some guidelines are suggested:

- Local inhabitants' information about the mining process (schedule of explosions, remediation plans, etc);
- Elimination of artificial escarpments by creating slopes and adding fine grained wastes to increase wildlife habitats and dissemble aesthetic impacts;
- Co-operation protocols between granite quarries and similar saprolite and clay extraction units in order to remediate the lack of fine grained materials, in the first case, and to remove the exceeding ones, in the latter;



- Water monitoring in Decantation Lagoons (sediment, mineralogical and microbiological parameters);
- Construction of Low Depth Photosynthetic and Pedogenetic Lagoons and introduction of leguminous species.

*Keywords:* Quarry; Granite mineral masses; Mudrock; Clasts; Granulometric and geochemical evolution; Pedogenesis; Environmental management approaches.

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Este estudo incidiu na documentação de explorações de granito na Região do Minho cuja ocupação e uso do território implicam uma gestão ordenada dos recursos pétreos graníticos.

Em termos de análise do impacte ambiental e ordenamento da actividade extractiva de granitos têm sido publicados diversos estudos entre os quais cito o de ROCHA *et al* (1999), em que é quantificado o desgaste do maciço de Santo Ovídeo na Região do Minho (Ponte de Lima), o de SILVA (2002) em que é feita uma qualificação dos recursos de minerais cerâmicos pegmatíticos do Minho, e também a comunicação de MATOS e DANIEL (2001) sobre gestão do impacte ambiental de explorações a céu aberto referente à região Norte de Portugal.

Constituem também referências a considerar no presente estudo, outros trabalhos que, embora não directamente relacionados com o impacte ambiental, caracterizam a geologia e mineralogia dos granitos e subsequentes produtos de meteorização na Região do Minho como os de BRAGA (1987 e 2002), (GOMES, 1994 e 1995), (LIMA, 1994) e também (ALVES, 1997). Ainda sobre a caracterização mineralógica dos granitos e relativamente ao estudo da meteorização dos granitos aplicado à deterioração de edifícios na cidade do Porto é de referir o trabalho de BEGONHA (1997), sobre o maciço de Sintra, destaca-se o importante contributo de MIRANDA (1986) que demonstra a correlação entre as transformações mineralógicas que ocorrem nos perfis de alteração do maciço eruptivo e as variações químicas concomitantes. Esta visão de perdas e ganhos no decurso das evoluções supergénicas dos maciços é particularmente útil quando se pretende avaliar a acção antropogénica uma vez que esta tem implicações nos processos de alteração física, química e biológica dos materiais envolvidos.

A propósito da meteorização química dos materiais graníticos atribuída à componente orgânica, viva e não viva, estão publicados diversos trabalhos no âmbito da geomicrobiologia: EHRLICH, (1996), ULLMAN *et al* (1996), BANFIELD e HAMERS (1997), BARKER *et al* (1997), FEIN *et al* (1999) e LOWER *et al* (2000), nos quais se procura estabelecer as interligações entre o metabolismo microbiano e a geoquímica superficial dos minerais e/ou soluções superficiais lixiviantes. Em LITTLE *et al* (1997) são analisadas as relações espaciais entre as superfícies minerais e bactérias. Estão na mesma linha o artigo de LEE e PARSONS (1999) e o trabalho de MAGALHÃES (2000) e onde é analisado o papel específico dos microrganismos e líquenes na biodeterioração de substratos silicatados.

Por fim, os trabalhos de NEVES e GODINHO (1987), PICKERING (1989) e ELLIS e MELLOR (1995), entre outros autores, explicitam algumas reacções de meteorização química.

BLAKE e WALTER (1996) e OCHS (1996) clarificam o contributo dos compostos de natureza húmica na dinâmica das transformações dos minerais.

Uma vez diagnosticadas as alterações induzidas pela actividade extractiva sobre massas minerais, importa integrar a informação na perspectiva da reposição paisagística e o impacte suscitado. O fenómeno geológico mais directamente relacionado com a dita reposição é sem dúvida a pedogénese. Deste modo, constituem referências pertinentes os estudos realizados no NO de Portugal por SILVA (1979, 1980), FURTADO (1981-82) e MARTINS *et al* (1995) ao descreverem as características dos solos graníticos do Norte de Portugal. Num interessante artigo de revisão SILVA (1981) enumera os principais processos físicos e químicos envolvidos na pedogénese onde são discutidos os contributos dos diferentes tipos de argilas – de neoformação, de transformação e herdadas – para a qualidade agronómica dos solos.

Quanto aos efeitos da actividade extractiva na Saúde humana, é já histórica a associação da Silicose (doença pulmonar) à inalação de poeiras minerais. Com efeito a sílica livre cristalina inalada é considerada pela Agência Internacional de pesquisa sobre o Cancro (OMS) como um cancerígeno do Grupo 1 (em situações experimentais e em humanos). O facto de as poeiras não serem visíveis a olho nu e serem tão leves que podem permanecer e deslocar-se no ar por períodos longos de tempo, atravessando grandes distâncias, demonstra a acção irradiante e silenciosa deste fenómeno, que está a ser combatido pela Organização Internacional do Trabalho e OMS. No contexto de Portugal este assunto é abordado no trabalho realizado por SOARES *et al* (1998) que caracteriza as Lamas produzidas por serragem e polimento de pedra natural e seu efeitos na saúde humana.

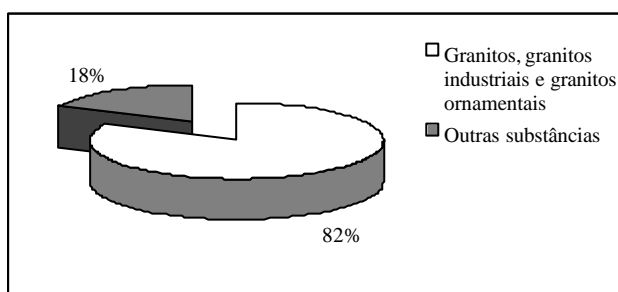
Em resumo, estando a indústria extractiva associada a modificações de natureza geológica dos sistemas e maciços rochosos, é natural que a caracterização aprofundada dos materiais extraídos e rejeitados, bem como as tendências evolutivas dos mesmos, constituam um ponto de partida para o desenvolvimento de vasto campo de interesses relacionados com usufruto sustentável dos recursos que inclui o planeamento urbanístico, a prevenção do impacte ambiental negativo das extracções, a avaliação da aptidão agro-silvícola dos terrenos e materiais afectados e o diagnóstico das condições de higiene e segurança no trabalho, entre outros.

## 1.1 – CARACTERIZAÇÃO DO USUFRUTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS E FISIOGRAFIA DA ÁREA EM ESTUDO – Selecção dos objectos de estudo

Segundo a base de dados do Instituto Geológico e Mineiro, na Região do Minho, estão inventariadas, desde 1964, 331 pedreiras, que apresentam movimentos de produção ou processos de licença, constantes nos Boletins de Minas.

É reconhecido que grande parte das pequenas unidades extractivas, dado o seu carácter quase doméstico, não são sequer legalizadas, muito menos vigiadas, pelo que se calcula que os números obtidos pelo IGM estejam abaixo do real.

No que diz respeito aos dados oficiais relativos aos distritos de Braga e Viana do Castelo, importa salientar que a maioria das explorações corresponde à extracção de granitos, encontrando-se muitas com baixa de exploração ou mesmo abandonadas.



**Fig. 1.1** - Percentagem das substâncias exploradas no Minho desde 1964.

(<http://www.igm.pt/estatisticas/>)

Substância explorada	Braga	Viana do Castelo	MINHO	% exploração
<b>GRANITO</b>				
Granitos	65	58	123	37
Granitos industriais	36	20	56	17
Granitos ornamentais	43	51	94	28
<b>OUTRAS SUBSTÂNCIAS</b>				
Andaluzite		3	3	1
Argilas	11		11	3
Argilas comuns		1	1	0
Argilas comuns, quartzitos e saibros	1	1	2	1
Argilas e saibros		1	1	0
Calcário		1	1	0
Feldspato	1	2	3	1
Quartzo	9	2	11	3
Quartzo e feldspato	8	1	9	3
Quartzo, feldspato e micas	6	6	12	4
Saibros	1	2	3	1
Xistos		1	1	0
<b>TOTAIS</b>	<b>181</b>	<b>150</b>	<b>331</b>	<b>100</b>

**Tabela 1.1** – Inventário das substâncias minerais exploradas no Minho (<http://www.igm.pt/estatisticas/>)

Em termos de actividade industrial a extracção de granito tem o inconveniente de depender da localização natural dos maciços e de implicar impactes ambientais irreversíveis na geomorfologia das áreas afectadas.

Este tipo de actividade pode produzir maior ou menor impacte consoante a proximidade das populações pelo que, o seu licenciamento depende muito da densidade populacional.

É no Distrito de Braga e precisamente próximo das zonas povoadas que, ao longo dos tempos, se começou por explorar tais recursos: são casos evidentes as pedreiras dos Concelhos de Braga, Amares, Póvoa de Lanhoso e o barreiro de Prado (Concelho de Vila Verde) que são os exemplos seleccionados para este trabalho.

Concelho	nº de pedreiras	Área total (Km2)	nº Hab	Densidade populacional (Hab/Km2)	nºHab/pedreira
Guimarães	35	241,9	166390	687,8	4754
Braga	34	183,4	155490	847,8	4573
Vila Verde	21	228,7	46410	202,9	2210
V N Famalicão	21	201,6	121450	602,4	5783
Barcelos	15	378,1	120730	319,3	8049
Amares	13	82	17640	215,1	1357
Póvoa de Lanhoso	11	132,5	23370	176,4	2125
Vieira do Minho	10	218,4	15210	69,6	1521
Terras de Bouro	6	277,6	9160	33,0	1527
Celorico de Basto	6	181,1	20870	115,2	3478
Cabeceiras de Basto	4	241,8	16000	66,2	4000
Fafe	3	218,9	50900	232,5	16967
Esposende	2	95,4	32540	341,1	16270
<i>Totais</i>	181	2681,4	796160		

**Tabela 1.2** - Relação entre o número de Pedreiras e o número de habitantes por Concelho no Distrito de Braga (Coluna 2 : nº de pedreiras actualmente activas que apresentaram movimento de processos do IGM desde 1964 e Coluna 3 e 4: INE, Anuários Estatísticos Regionais, 2000).

No concelho de Braga foram seleccionadas duas saibreiras com as referências de Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos onde são explorados maciços de granito alterado com ocorrências pontuais de blocos sãos.

As pedreiras e saibreiras seleccionadas pertencem a formações geológicas que têm uma paragénese semelhante integradas em manchas de granito de 2 micas com predominância de biotite, porfiróide de grão grosseiro a médio referenciados na folha 5-D da Carta Geológica de Portugal (1973) (ver Mapa 1). Está na mesma carta o barreiro de Vila Verde situado sobre um depósito de terraço com profundidade entre 10 e 20 m descrito por BRAGA (1987) como fluvio-lacustre de areias e argilas com predominância de esmectites. Esta autora enquadra o terraço na área do modelo de alteração do granito de Braga o que pressupõe uma origem do

depósito parcialmente dependente da meteorização do granito de Braga (porfiróide de grão médio a fino, biotítico tardi a pós F3).

A caracterização geológica/petrográfica será especificada com detalhe no Capítulo 5 adiante.

Os solos desenvolvidos sobre um mesmo tipo de rocha apresentam algum tipo de homogeneidade tipológica. Trata-se de classificados como **Cambissolos** - Carta de Solos (CARDOSO *et al*, 1971) *in* Atlas do Ambiente (<http://www.iambiente.pt/atlas/>).

Em termos de relevo, à excepção do barreiro de Prado em que a altitude varia entre 20 e 50 m, o resto das áreas de extracção situa-se em **regiões montanhosas** com altitudes entre **200 e 350 m**. As frentes de desmonte e escombeiras estão consequentemente no seguimento de linhas de água fluviais e também pluviais que drenam para as zonas mais baixas e mais povoadas.

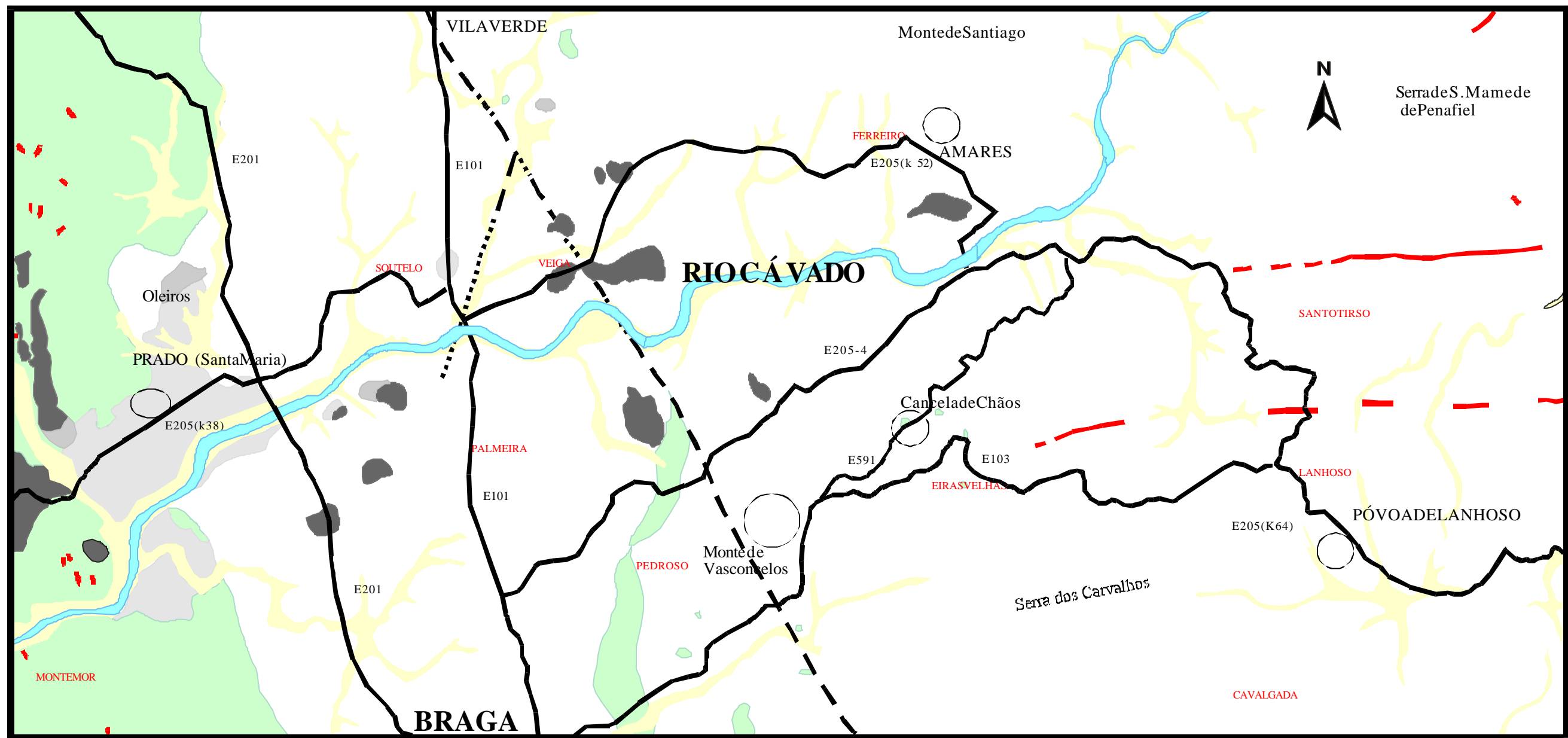
Esta região é caracterizada pelos valores de precipitação mais elevados de Portugal Continental, verificando-se uma **precipitação total** anual entre **1600 e 2000 mm**, distribuídos entre **75 e 100 dias por ano** (<http://www.iambiente.pt/atlas/>).

Quanto ao índice de humidade a zona estudada caracteriza-se por ser **muito húmida**, tal como a maior parte do NO de Portugal, com valores\* entre 80 e 100 (PEDROSA, 1999). Os valores de **evapotranspiração real**, ou seja a quantidade de água que o solo verdadeiramente perde no processo que inclui a evaporação e transpiração, rondam os **600-650 mm por ano** (PEDROSA, 1999).

A temperatura média do ar oscila entre 12,5 e 16 °C (<http://www.iambiente.pt/atlas/>) registando-se no mês mais frio valores médios entre **0 e 2°C** e no mês mais quente entre **28 e 29°C** (PEDROSA, 1999). É de notar que apesar da temperatura baixar com a altitude é nas áreas topográficas mais baixas que se registam as temperaturas mínimas (PEDROSA, 1999).

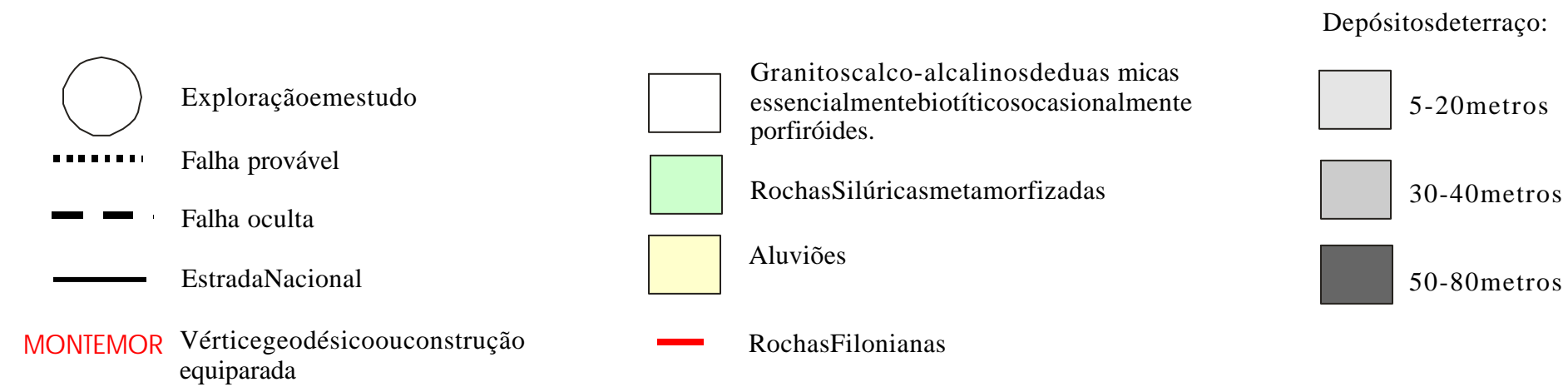
---

Índice de humidade (Iu) = S/Ep em que S corresponde ao excedente de água e Ep à evapotranspiração potencial, ambos medidos em mm.



Fontes: Carta geológica de Portugal - Folha 5D (1973) e Cartas Militares - IGE- Folhas nº 56 (1997) e nº 57 (1998).

4 Km



# MAPA 1

## 1.2 – TIPIFICAÇÃO DOS IMPACTES DA ACTIVIDADE EXTRACTIVA

Entre a variada gama de impactes que as intervenções extractivas produzem no meio ambiente destacam-se, pela sua *relação com a litologia* da região, os seguintes: Ruído e Vibração, Empoeiramento e Impacte Morfológico.

### 1.2.1 – Ruído e Vibração

O ruído emitido pela laboração normal de uma pedreira desde o desmonte propriamente dito até ao transporte para o exterior de uma massa rochosa produzida, é uma constante e causa incómodo nas populações vizinhas. Destacam-se, pela sua particular violência, as pegas de fogo que, para além de emitirem fortes ruídos, provocam simultaneamente uma onda de vibração responsável por um desconforto considerável ao ser humano, especialmente se for apanhado de surpresa (MATOS e DANIEL, 2001).

Os efeitos das vibrações fazem sentir-se não só através da atmosfera mas sobretudo nos terrenos circundantes das pedreiras, em que frequentemente se notam fragilizações nos edifícios e eventualmente deslocamento de terras ou mesmo derrocadas. Factores como o **grau de meteorização/estado de alteração mineralógica** dos maciços, a **presença de diaclases** e mesmo a sua **topografia** podem influenciar a propagação de tais vibrações pelo que estes aspectos serão tidos em conta ao longo deste estudo.

### 1.2.2 - Empoeiramento e produção de Lamas (subgranulação)

Considera-se como subgranulação qualquer redução granulométrica dos materiais geológicos em consequência do processo extractivo em pedreiras de massas minerais.

Ao longo das etapas de furação, corte e polimento dos granitos são libertadas quantidades consideráveis de estéreis finos que facilmente são dispersados pelo vento e movimento dos veículos.

No caso dos granitos menos coerentes e também das saibreiras, a britagem contribui igualmente para um empoeiramento extra do local explorado e da região circundante.

Dada a diminuta granulometria das partículas produzidas será visível o perigo, para a saúde dos operários e populações vizinhas, decorrente da inalação sistemática destas poeiras de origem mineral.

Com base num estudo em que se discutiram eventuais efeitos na saúde humana produzidos por lamas silicatadas, efectuado por SOARES *et al* (1998), conclui-se que são as partículas de diâmetros inferiores a 2 µm, em termos dimensionais as mais perigosas, por poderem atingir os alvéolos pulmonares e desencadear a silicose. Esta doença consiste na formação de um tecido fibroso que diminui a elasticidade do pulmão e conseqüentemente as trocas gasosas entre o ar inspirado e o sangue. As partículas de



maiores dimensões, são retidas em segmentos mais exteriores do sistema respiratório tais como as fossas nasais, traqueia e brônquios.

O empoeiramento afecta igualmente a vegetação local, na medida em que o processo fotossintético ao nível das superfícies foliares também se encontra parcialmente atenuado pela película de partículas aderentes. Uma vez que os vegetais se situam na base das cadeias alimentares de qualquer ecossistema, serão previsíveis efeitos também ao nível da fauna local.

O fenómeno do empoeiramento associado à presença de água traduz-se em outro impacte ambiental importante que é o da formação de lamas. Em situações extremas, a pluviosidade pode encaminhar as lamas em forma de **escoada** e constituir perigo para a população e animais. O transporte de finos pelas linhas de água (naturais ou não) pode estar na origem da **depreciação da qualidade das águas** para uso doméstico, industrial, agrícola ou mesmo na pecuária. A dimensão deste tipo de problema de contaminação está relacionada, tal como o efeito do ruído e vibração, com a natureza geológica da massa mineral explorada e naturalmente com a área total explorada. Será esperado que, de uma exploração de saibro ou mesmo um barreiro, resulte uma maior produção de lamas do que a extracção de granito industrial ou ornamental, já que sem a intervenção antropogénica, as primeiras são mais ricas em materiais desagregáveis/dispersíveis. Neste sentido entendeu-se ser de grande importância a **análise granulométrica** dos materiais originais, comercializados e rejeitados nas explorações seleccionadas. Acresce ainda o facto de a granulometria de um substracto ser determinante na **aptidão pedogenética** do mesmo e, como tal poder contribuir para o estabelecimento de padrões de reposição do equilíbrio mineralógico da pedreira.

### 1.2.3 – Impacte morfológico

A alteração da morfologia de um maciço é inevitável numa indústria extractiva e na maior parte das vezes produz um impacte visual e paisagístico difícil de ignorar, e de recuperar.

Tanto nas pedreiras de rocha ornamental e industrial como nas saibreiras o processo de extracção é precedido pela **decapagem** do maciço.

A presente legislação – Decreto Lei n.º 89/90 de 16 de Março – (PRINCÍPIOS ORIENTADORES DAS ACTIVIDADES DE PROSPECÇÃO, PESQUISA E EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS GEOLÓGICOS EM PEDREIRAS, 1990) prevê precisamente *a remoção e armazenamento dos solos de cobertura, tendo em vista a posterior reconstituição dos terrenos e da flora, tanto quanto possível próxima do seu estado inicial.*

Especialmente nos casos em que os solos são pouco espessos, que é o caso dos exemplos deste estudo, os horizontes A, B, e C são, nesta fase removidos

conjuntamente, sendo o perfil original destruído. Segundo a opinião de ALLGAIER (1997), tal desordenamento não é impeditivo de uma revegetação embora o potencial de desenvolvimento do solo seja retardado.

Características físicas como a estrutura e tamanho dos poros e a variedade microbiológica do solo necessitam de longos períodos de tempo para regenerarem, o que poderá depender, entre outros factores, das características físicas e minerais do solo e das condições climáticas.

Quanto às consequências da decapagem na estabilidade dos maciços propriamente ditos tornam-se claros os efeitos da exposição directa aos agentes de meteorização natural tais como as águas pluviais e compostos orgânicos solúveis infiltrados.

É contudo na fase de desmonte que se define a topografia base do terreno pós-exploração e o seu potencial de recuperação paisagística.

Note-se que os desmontes em pedreiras de rocha ornamental e industrial, dado o interesse na obtenção de blocos de grandes dimensões e com formas geométricas comerciais, resultam **frentes abruptas** e, portanto com um forte impacte visual. Também os rejeitados são de dimensões consideráveis o que atribui um grau de **pedregosidade** incompatível com inúmeras utilizações que poderiam ser atribuídas ao terreno depois da exploração. Por pedregosidade entende-se todo o material cuja proporção relativa de clastos grosseiros (até aprox. 25 cm de Ø) impeça o respectivo aproveitamento para fins agrossilvícolas (ITGE, 1989).

Já no caso das saibreiras o impacte visual poderia ser mais atenuado uma vez que o tipo de material comercializado não exige desmontes com frentes tão íngremes, no entanto observam-se igualmente frentes abruptas nas explorações de saibro, devido à heterogeneidade dos maciços, quanto ao estado de coerência. Nestes casos, quando em comparação com as pedreiras de rocha sã, a **granulometria dos resíduos** poderá favorecer o processo pedogenético facilitando assim, uma reposição paisagística mais rápida

Importa salientar os efeitos particulares do uso de explosivos nas saibreiras uma vez que o risco de desestabilização dos maciços é aumentado pelo **grau de meteorização** dos materiais e redes de diaclases pré-existentes.

Por último, destacam-se as alterações provocadas pelas lagoas de decantação de lamas que consoante as dimensões podem converter-se em focos de infiltração e escoamento de águas com carga de partículas finas suspensas.

Em termos litológicos os factores que podem condicionar o impacte ambiental e a reposição do equilíbrio em extracções de granitos incluem portanto:

- A topografia inicial e os critérios de desmonte adoptados;
- O estado de meteorização do maciço;
- A natureza granulométrica dos resíduos e a sua acomodação espacial.

A tipologia dos impactes determina os objectivos específicos da tese:

- Utilizar ferramentas geológicas para determinar o impacte da extracção na evolução dos minerais.
- Distinguir a subgranulação causada pela arenização do granito em frentes de desmonte/lamas e a provocada pela intervenção da matéria orgânica no processo de pedogénese.
- Compreender a influência da subgranulação, da fácies primitiva e fenómenos hidrotermais na evolução mineralógica de uma área intervencionada.

### 1.3 – MÉTODOS DE ANÁLISE

Tendo em conta os materiais de origem destes três sistemas – granitos, saibro e barro - e a evolução dos seus escombros colocou-se a questão de seleccionar as técnicas mais adequadas para definir os seus estados de equilíbrio mineralógico e o grau de integração dos mesmos no geossistema e ecossistema original.

É necessário não esquecer que o carácter prático e expedito deste tipo de avaliação é fundamental para que os dados possam ser considerados em situações de avaliação do impacte ambiental exequíveis nas intervenções extractivas de pequenas dimensões que são próprias dos maciços da região em apreço.

Seguidamente descrevem-se os critérios utilizados na recolha de amostras e as técnicas de análise mineralógica e granulométrica dos materiais geológicos em questão.

Considerando o paradigma de processo meteórico natural referido por CARROL (1970 *in* MIRANDA, 1986) e traduzido na equação (1), poder-se – ia reclamar não só a análise da litosfera meteorizada e materiais residuais (frente de desmonte, lamas e solos) mas também das águas que entram e saem dos sistemas extractivos.

$$(atmosfera + biosfera + hidrosfera) + litosfera \longrightarrow litosfera meteorizada + \text{materiais residuais} + \text{elementos químicos dissolvidos} \quad \text{(Equação 1)}$$

Tal não foi considerado dada a previsível neutralidade química das mesmas que, nos casos de explorações de minerais metálicos já não será provável. Por outro lado, entendeu-se que a

presença e ausência de minerais detectada nos materiais examinados poderá de uma forma expedita fornecer informações relacionadas com a mobilidade dos elementos, que, em última análise, se estiverem ausentes dos outros membros da equação, à partida encontrar-se-ão dissolvidos. Acresce ainda o facto o método experimental de análise das águas requerer o controle de variáveis ambientais que tornam o processo de avaliação mais moroso e portanto menos expedito.

### 1.3.1 – Métodos de amostragem

Em primeiro lugar houve a preocupação de recolher em todos os locais amostras que se assemelhassem o mais possível aos **solos originais** que cobriam os maciços, tendo em alguns casos sido possível definir os horizontes pedogenéticos. Estes materiais revestem-se de especial importância na medida em que constituem o substrato que possibilita a fixação de vegetação e em última instância a reposição de condições prévias de qualquer maciço explorado.

Também se reveste de igual importância, a colheita de **lamas** acumuladas em escombreliras de finos ou lagoas de sedimentação que resultam das extracções e transformações *in loco*. Estes materiais representam, um dos efeitos mais extremos da subgranulação imposta pela intervenção extractiva.

Nas PEDREIRAS foram considerados como **materiais de partida** (em estado natural), amostras de mão de **granitos são**s azuis e amarelados. Foram também identificados os diversos tipos de escombros presentes e seleccionaram-se como resíduos típicos, as **lamas** em suspensão e sedimentadas em lagoas de decantação e poças esporádicas, bem como materiais de granulometrias mais heterogéneas com indícios de evolução pedogenética incipiente a que chamaremos **horizontes de escombreliras**. Nestes últimos, verificou-se a ocorrência de escombros graníticos de dimensões até 10 cm de diâmetro, em vários estados de meteorização, que designaremos por **clastos de escombro**.

Nas SAIBREIRAS os materiais de partida naturais considerados foram os **granitos são**s (eventualmente presentes) e as **rochas alteradas compactas** e **desagregáveis**. Efectuaram-se rossos (escavação em canal) de aproximadamente 1m de altura e 5 cm de largura em eixos verticais das frentes de desmonte recentes e inactivas. Desses rossos resultaram amostras de **arenas** pouco consolidadas e **areias soltas**. Dos taludes formados pelos desmontes fez-se a recolha dos **horizontes superficiais** que mais se aproximam do perfil natural dos maciços antes da decapagem - solos originais. Quanto

aos materiais resultantes do desmonte e também do próprio processo de britagem, constituíram amostra: as **lamas** em suspensão e sedimentadas nas lagoas, e também os **clastos** (dimensões até 20 cm de comprimento) incluídos nas escombrelas de finos com alguma pedregosidade. Saliente-se que os finos destes escombros (com pedregosidade) não foram considerados uma vez que se detectou a mistura dos escombros de origem antrópica com os solos de decapagem dos maciços pelo que se optou por fazer apenas a amostragem de um perfil de um talude que se sabe ter sido construído a partir das lamas das lagoas de decantação em Cancela de Chãos. Na categoria dos materiais retirados das saibreiras amostraram-se as **britas** das diferentes granulometrias destinadas à comercialização.

No BARREIRO de Prado, considerou-se a sequência de **horizontes** recolhidos nas frentes de desmonte inactivas, desde o horizonte superficial (solo original) natural até ao horizonte do barro propriamente dito.

Em seguida, apresentam-se na Tabela 1.2 as categorias dos materiais sujeitos a estudo e os respectivos termos submetidos a amostragem:

<b>Sistema</b>	<b>Natural</b>	<b>Antropogénico remanescente</b>	<b>Comercializável</b>
<b>Pedreiras</b>	Granito são Granito amarelado ("alterado")	Solos de escombros Clastos de escombros Lamas em suspensão Lamas sedimentadas	Equivalente ao natural
<b>Saibreiras</b>	Frentes frescas Horizontes naturais Arenas azuis Arenas amarelas	Frentes inactivas Horizontes de escombrelas Clastos de escombros Lamas em suspensão Lamas sedimentadas	Britas
<b>Barreiro</b>	-----	Frentes inactivas	-----

**Tabela 1.2** – Objectos geológicos seleccionados submetidos a amostragem.

### **1.3.2 – Componentes e métodos analíticos adoptados :**

Uma vez seleccionados os objectos geológicos situados a diversos níveis de organização, os procedimentos analíticos devem incidir a várias escalas desde a disposição espacial e territorial do impacte/intervenção extractiva até à expansão textural microscópica dos fenómenos de evolução /reposição natural.

- **Análise topográfica**

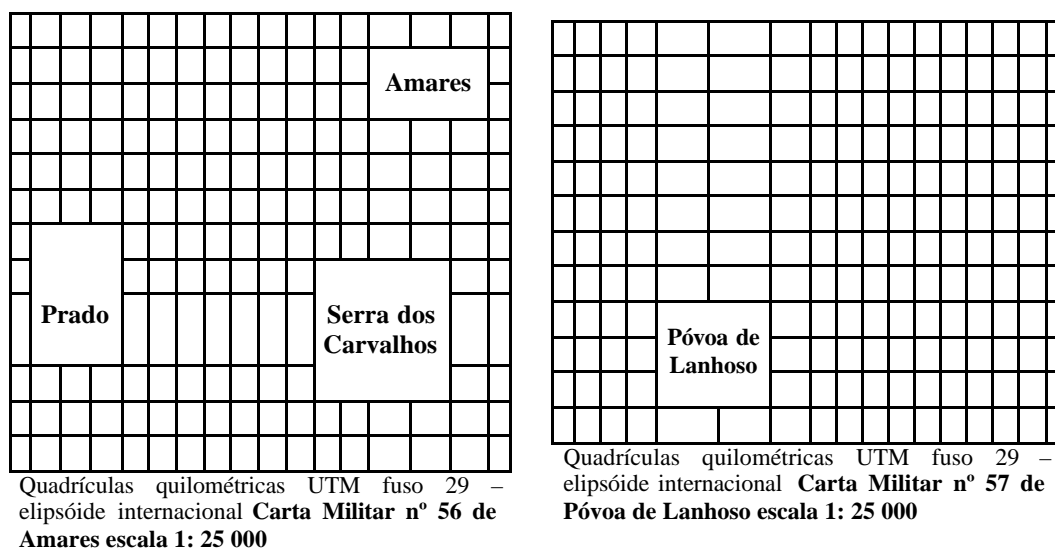
O enquadramento das zonas sujeitas a estudo da topografia é feito a partir das Cartas Militares do IGE (1997) com escala de 1: 25 000, tendo ainda em conta os elementos

recolhidos em campo e em alguns casos (Monte de Vasconcelos e Póvoa de Lanhoso), utilizando as plantas topográficas dos processos de licenciamento das explorações. Tais elementos foram transpostos para sistemas tridimensionais de modo a evidenciar as propriedades dos desmontes, a disposição das escombreliras e eventuais lagoas de decantação e/ou deposição. Também são ilustradas a rede hidrográfrica e viária tal como os edifícios representados nas Cartas Militares à data de 1997 (Fig. 2.1, 2.5, 2.12, 2.13, 2.28 e 2.38).

#### Objectos considerados ao nível da análise topográfica

Inicialmente seleccionaram-se as áreas envolventes das explorações dentro de limites das quadrículas quilométricas UTM fuso 29 – elipsóide internacional Datum Europeu das Cartas Militares. Assim estão seleccionados os seguintes áreas:

- **Serra dos Carvalhos**, pertence à Carta Militar nº 56 de Amares; Área com 12 Km<sup>2</sup> que abrange as explorações de saibro do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos;
- **Amares**, pertence igualmente à Carta Militar nº 56; Área com 6 Km<sup>2</sup> e que envolve a pedreira de granito Bouça do Castro;
- **Prado**, localizada Carta Militar nº 56 de Amares; Área com 9 Km<sup>2</sup> e que inclui a exploração de barro em Papagaios;
- **Póvoa de Lanhoso**, da Carta Militar nº 57; Área com 6 Km<sup>2</sup> onde se localiza a exploração de N<sup>a</sup> Sr<sup>a</sup> do Amparo.



**Fig. 1.2** – Localização das áreas de estudo nas Cartas Militares do Instituto Geográfico do Exército e que proporcionam os dados para a reconstituição tridimensional da superfície topográfica das Fig. 2.1, 2.5, 2.12, 2.13, 2.28 e 2.38.

### Protocolo analítico

Em cada uma das quatro áreas definidas anteriormente foram digitalizadas todas as curvas de nível representadas nas Cartas Militares (equidistância de 10 m) e todas as cotas e vértices geodésicos de modo a reter o máximo de dados disponíveis para a reconstituição tridimensional da superfície. Na construção das Fig. tridimensionais os eixos x, y e z correspondem respectivamente aos paralelo meridianos e altitudes, todos expressos em metro.

Estes dados foram posteriormente convertidos em ficheiros com extensão .xls do Microsoft Excel<sup>®</sup> aplicáveis no programa de mapeamento de superfícies em 3D Surfer<sup>®</sup> para Windows Versão 7.0.

A interpolação dos dados digitalizados baseou-se no método de crigagem que, colmata razoavelmente a eventual falta de dados, e apresenta as superfícies suavizadas. O método de interpolação dos dados feito por triangulação também aplicável em outros programas revelou superfícies demasiado acidentadas pelo que não se adoptou.

Consoante o pormenor pretendido, a malha dos blocos diagrama (# of Lines) oscilou entre 200 e 500 linhas, sendo atribuído o mesmo nº de linhas aos eixos X e Y.

A topografia individual das pedreiras baseou-se essencialmente nos dados recolhidos em campo tendo sido consultadas em alguns casos as plantas de lavra dos processos de licenciamento nas Câmaras Municipais. Procurou-se representar as frentes de desmonte, lagoas de decantação, escombrelras e restantes elementos das explorações.

#### ▪ *Análise granulométrica*

A análise granulométrica é considerada neste estudo como uma ferramenta de avaliação dos estados de subgranulação dita antropogénica em comparação com as granulometrias próprias de materiais naturais. Tal relação, uma vez estabelecida, poderá fornecer dados quanto ao papel da subtracção de materiais com determinadas granulometrias (saibro) e da adição de rejeitados (lamas e escombros detríticos).

### Objectos considerados

São consideradas todas as amostras de solos naturais ou de escombros, frentes de desmonte, e britas com diâmetros inferiores ao cascalho (20 mm). As amostras de mão, clastos e algumas britas com diâmetros maiores não foram examinadas através deste protocolo, uma vez que o limite estabelecido para a análise comparativa dos materiais é precisamente a medida do cascalho.

### Protocolo analítico

Para análise da fracção das amostras com granulometria superior a 63  $\mu\text{m}$  aplicou-se o método da coluna de 19 crivos com malhas desde 63  $\mu\text{m}$  até 32 mm (ver Cap. 3 as Tabelas 3.3 a 3.7).

A fracção inferior a 100  $\mu\text{m}$  foi analisada pelo método das pipetas e registado pelo programa Sedigraph. Este programa fornece os intervalos de massa em percentagens atribuíveis de 0.10 em 0.10  $\mu\text{m}$ , desde 100  $\mu\text{m}$  até 0.50  $\mu\text{m}$  para a categoria das arenas e 0.20 aplicável às lamas e solos.

A densidade das amostras das arenas foi estimada em 1.9 e as lamas e solos, com maiores concentrações de argila, foram quantificadas com o valor de densidade igual a 2.0.

### Tratamento dos resultados

As curvas com as percentagens cumulativas das fracções superiores e inferiores a 100  $\mu\text{m}$  foram separadas.

Os dados foram ainda tratados de modo a articular e confrontar as percentagens relativas de cascalho, saibro, areia grossa, areia fina, silte e argila.

#### ▪ ***Pesquisa de matéria orgânica e minerais carbonatados e fosfatados: Propriedades químicas e visuais***

Será oportuno referir que a Matéria Orgânica de um solo corresponde, de um modo geral, à mescla de produtos de metabolismo de animais, plantas e microrganismos com os resíduos dos próprios seres vivos, em diferentes estados de decomposição. Em termos de nomenclatura química SCHNITZER (1982) divide os compostos da matéria orgânica em substâncias húmicas e não húmicas. As substâncias não húmicas serão aquelas em que ainda se reconhecem as propriedades físicas e químicas dos seres vivos tais como os aminoácidos, proteínas, lípidos e ácidos orgânicos de baixo peso molecular, por outro lado, temos as substâncias húmicas que conferem a cor escura ao solo, resultam da decomposição microbiana e constituem a maior percentagem da matéria orgânica de um solo. As substâncias húmicas facilmente formam complexos estáveis com iões metálicos e hidróxidos hidratados pelo que interagem facilmente com as argilas. Estudos como os de COCHRAN e BERNER (1992), CHENU *et al* (1999), CHOVER E AMISTADI (2001) especificam casos-chave que testemunham a influência da matéria orgânica em sentido lato nos processos de evolução meteórica das argilas e goethite, enquanto que FEIN *et al* (1999), KONHAUSER e URRUTIA (1999),



KOSTKA *et al* (1999), especificam os processos decorrentes do metabolismo microbiano na interacção bactéria-argila.

Por estes motivos torna-se pertinente a tentativa de determinação aproximada da percentagem de matéria orgânica no sentido de associar a mesma à natureza de minerais de argila formados.

Muitos são os protocolos publicados e desenvolvidos no sentido de destruir a matéria orgânica em solos e rochas. Na literatura é possível encontrar diversas referências à eliminação da matéria orgânica, sobretudo na preparação das amostras para análise granulométrica, textural e análise química (MIRANDA, 1986), pelo que a quantificação da matéria orgânica pode ser abordada a partir da perspectiva da dissolução por reagentes. Entre outras técnicas destrutivas utilizadas para o cálculo do conteúdo de matéria orgânica em materiais geológicos (especialmente solos) é de referir a reacção com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (NELSON e SOMMERS, 1982, MIRANDA, 1986, BOISEU e LECCLERC, 1997 e DEMATTÊ e GARCIA, 1999), a digestão por ácidos pelo método Walkley-Black (associação ácido sulfúrico-dicromato) (BOWMAN, 1998, McBRIDE *et al*, 1998, HAYNES, 2000 e AGVISELABS, 2001) a perda de peso por ignição (DEAN e GORHAM, 1976 e AGVISELABS, 2001) e também o cálculo indirecto do Carbono Orgânico Total (ENGLEMAN *et al*, 1985).

Dada a morosidade de alguns dos processos, a necessidade de equipamento sofisticado noutros e a utilização já rotinada do ácido nítrico e clorídrico na determinação da matéria orgânica em sedimentos a submeter a análise granulométrica, é proposto o tratamento das amostras com ácido nítrico e clorídrico como um método indirecto de avaliação de presença de matéria orgânica e compostos carbonatados e fosfatados, respectivamente.

#### Objectos considerados

São objectos de aplicação do método e submetidos a tratamentos todos os materiais desagregáveis com a excepção das lamas e britas.

#### Protocolo analítico

As amostras são secas em estufa a 30°C. Seguidamente 200 a 500g do peso seco são colocados em contacto com HNO<sub>3</sub>, consensualmente utilizado na dissolução de compostos orgânicos, determinando-se em seguida o peso seco da amostra parcialmente dissolvida. A seguir efectua-se o mesmo tratamento com HCl com o objectivo de eliminar por efervescência os compostos carbonatados e fosfatados. Saliente-se que nas

fases de lavagem dos ácidos com água foram perdidos alguns sedimentos finos a que se atribuiu 6% da perda total da amostra.

Nas amostras em que se verificaram perdas totais próximas de 30%, com o objectivo de confirmar a presença de materiais orgânicos, numa parte de material foi moída e humedecida até ficar moldável (consistência de pasta de dentes). Esta pasta depois de colocada sobre lâmina de vidro foi aquecida em mufla até 250°C. Em seguida a mufla foi ventilada e novamente reaquecida até aos 500°C, temperatura em que a pasta permanece durante 1h. O registo da cor de cozedura resultante é feito por comparação com a escala de cores de Munsell.

### ***Caracterização da cor dos materiais***

A determinação da heterogeneidade cromática dos materiais passa pela moagem em moinho de ágata de todas as amostras, com a excepção dos granitos sãos e alterados mas compactos. Para quantificação da cor foi feita a comparação do pulverizado com a escala de cores de Munsell, editada pela American Soil Science Society. O alcance deste método para a determinação da cor é reconhecidamente subjectivo e dependente de uma série de factores ambientais e psicossensoriais (CAMPOS, 2001) tais como as características da fonte de luz, da superfície da amostra e da qualidade da resposta espectral do olho humano. Importa, no entanto, realçar que o interesse da aplicação da escala de cores de Munsell reside na obtenção de dados que exponham, contrastes cromáticos entre horizontes de um mesmo perfil, principalmente ao nível do “croma” e valores, da escala de Munsell.

### **▪ *Estudo petrográfico – geometria e textura das alterações mineralógicas***

Uma vez que o processo extractivo expõe os maciços aos agentes meteóricos há interesse em efectuar a classificação petrográfica dos diversos materiais naturais e antropogénicos residuais com o fim de estimar não só a qualidade do recurso explorado como também a respectiva apetência para a pedogénese pós-extractiva.

A análise petrográfica constitui uma vertente do estudo das rochas amplamente utilizada nas actividades de exploração de recursos minerais (RODRIGUES *et al*, 1996) e engenharia (FERREIRA, 1990) onde é usual a adopção de técnicas laboratoriais deveras específicas com inúmeros índices de meteorização (Parker, Miura, Reiche, WPI, etc) que podem tornar a avaliação dos materiais, numa situação prática, pouco expedita.

Considerando as referências de SILVA (1981) sobre a pedogénese, serão seleccionados no presente estudo, dados petrográficos relativos à evolução petrográfica e pedogenética

das plagioclases, feldspatos alcalinos, biotite e outros ferromagnesianos como a clorite, pois contêm elevados teores de elementos alcalinos e alcalino-terrosos que uma vez libertos, se podem associar à sílica e alumínio para neoformarem argilas expansivas que apresentam maior capacidade de troca catiónica, e, portanto, maior envolvimento pedogenénico. Para além destes minerais também será considerado o quartzo embora numa perspectiva diferente em contraponto da a sua resistência à meteorização quando considerado relativamente aos anteriores.

Assim, os Minerais Primitivos serão – quartzo, feldspato potássico, plagioclase, mica escura considerada como biotite e mica clara encarada como moscovite – nos quais se pesquisar a presença de intercrescimentos e minerais hóspedes originados tanto por fenómenos hidrotermais, como por fenómenos de meteorização.

Nas amostras de Lamas, a petrografia terá também como objectivo quantificar a área em secções de Minerais Primitivos ocupados por Óxidos opacos. Estes últimos deverão incluir argilas e até matéria orgânica que normalmente ao microscópio aparecem escuros em nícois paralelos e isotrópicos em nícois cruzados. Segundo INIA - LQARS (2000) são este tipo de partículas finas (argilas e matéria orgânica) que em conjunto definem as propriedades coloidais dos solos. O facto de apresentarem superfícies específicas muito elevadas carregadas electricamente (principalmente cargas negativas) propicia a atracção, retenção e trocas catiónicas (KRAUSKOPF, 1972).

Em princípio é possível através da caracterização petrográfica/mineralógica dos materiais que compõem as unidades de exploração, acompanhar a resposta litológica ao processo extractivo.

#### Objectos considerados

São considerados, granitos sãos e alterados, lamas e horizontes de escombreira (em que foi possível a consolidação), clastos de escombreiras e britas grosseiras.

#### Protocolo analítico

Além dos processos naturais de construção de lâminas delgadas polidas, o caso específico de algumas lamas recolhidas num estado incoerente, foi-lhes acrescentado água para solidificarem (depois de irem à estufa). Deste modo foi possível a impregnação com resina epoxídica e o corte para lâmina delgada.

Análise modal foi efectuada por análise de imagem em seis campos do microscópio, aleatoriamente tratados, às ampliações de 40X ou 50X.

Para as amostras de mão quantificaram-se as áreas de cada Mineral Primitivo invadidas pelos produtos das seguintes formas de alteração:

- Hidrotermal: sericitização, calcitização, moscovitização, cloritização.
- Supergénica: argilização, ferruginização, cloritização, descoloração, etc.

Nas amostras de Lama quantificou-se a percentagem do campo observado ocupada por:

- Óxidos opacos ou translúcidos;
- Minerais Primitivos.

#### ▪ *Diffractometria de raio X*

Esta técnica foi utilizada na identificação de minerais da rocha total e fracção inferior a 2 µm em lâmina orientada, a partir dos registos em difractogramas.

A aplicação desta técnica teve como objectivo detectar a geometria típica dos difractogramas dos diversos materiais e verificar a presença e variação de intensidade dos picos de difracção correspondentes às famílias de planos reticulares mais típicos dos minerais mais claramente representados.

#### Objectos considerados

Foram difractadas amostras de todos os tipos.

#### Protocolo analítico

Amostras com granularidade e proveniências diversificadas foram submetidas a difracção por radiação Cu K $\alpha$  num intervalo 2  $\theta$  alargado de:

- 2 a 65, para as análise de rocha total para frentes de desmonte activas e lamas artificiais;
- 2 a 36, para as análises da fracção < 2 µm todas as amostras em que foi possível extrair uma fracção argilosa.

Todas as amostras foram tratadas com etilenoglicol e aquecidas até 400°C. Deste modo o comportamento dos vários minerais a estes tratamentos, reflectido nos difractogramas, permite, em algumas situações, uma identificação mais rigorosa.

Os difractogramas foram tratados num programa X'pert, para equipamentos Phillips.

## **CAPÍTULO 2**

### **DISTRIBUIÇÃO TOPOGRÁFICA DOS DESMONTES E CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA DOS RESÍDUOS NOS ESTALEIROS**

Esta caracterização está entre outros objectivos, procura apreciar a influência dos diferentes processos de usufruto das massas minerais sobre a mobilidade e evolução do comportamento dos resíduos nos estaleiros e áreas adjacentes.

Os diferentes sistemas geomorfológicos e geológicos afectados por impacte decorrente da intervenção extractiva sobre rochas são adstritos a projecções tridimensionais das superfícies topográficas delimitadas e devidamente localizadas nas Cartas Militares do IGE (Fig 1.2). As projecções tridimensionais principais são as seguintes:

- Pedreiras: Amares e Póvoa de Lanhoso – 2.1
- Saibreiras Serra dos Carvalhos: Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos – 2.2
- Barreiro de Prado – 2.3

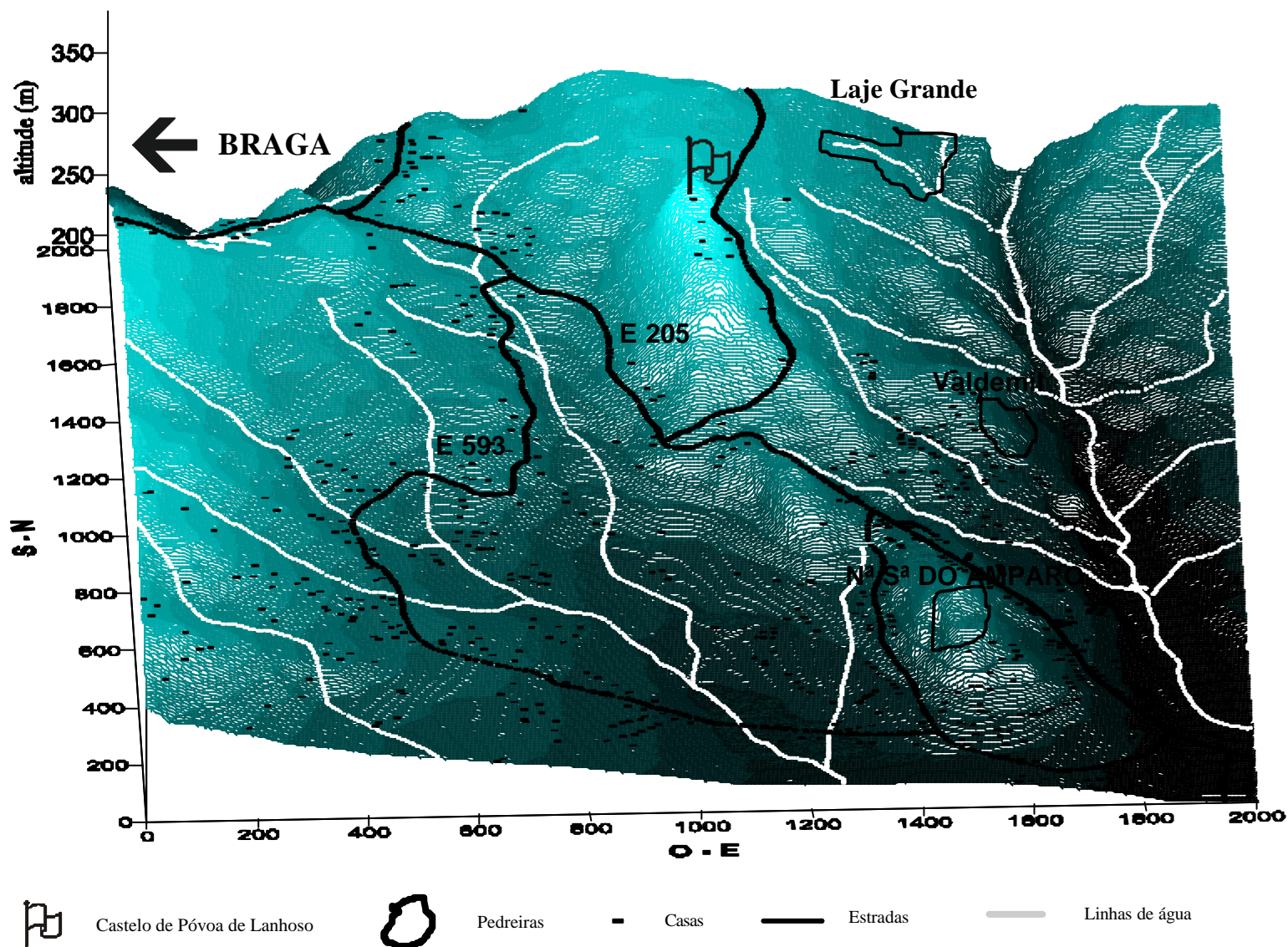
#### **2.1 - PEDREIRAS**

A pedreira da Bouça de N<sup>a</sup> S<sup>a</sup> da Assunção, em Póvoa de Lanhoso, e a do Castro, em Amares, localizam-se em cotas altas (200 e 250 m de altitude) e estão rodeadas de zonas habitacionais nas cotas inferiores. No que respeita à “relação com terceiros”, regulamentada no Artº 13º do Cap III do Decreto Lei nº 89/1990 de 16 de Março, constata-se que na Póvoa de Lanhoso é deficitária a distância de pelo menos 50 m a partir da bordadura da escavação à estrada Municipal.

As frentes de desmonte da primeira estão predominantemente orientadas para Oeste e as da segunda para Sul.

Em ambas o desmonte é efectuado com fogo (explosões) originando frentes abruptas e a transformação dos blocos em “paralelos” e “guias” é realizada no próprio local manualmente e com martelos pneumáticos. Especialmente na pedreira de Amares são visíveis marcas das “escorrências” pretas nas frentes de desmonte antigas (provavelmente devidas à matéria orgânica proveniente da cobertura do maciço) para além das zonas superficiais em que o granito é amarelecido (Fig 2.5).

Verificou-se a inevitável acumulação de escombros grosseiros e um reduzido volume de lamas relativamente às explorações de saibro. Nas próprias escombrelas de blocos regista-se a dispersão de materiais finos (Fig. 2.3) que, especialmente nos locais inclinados, vão sendo



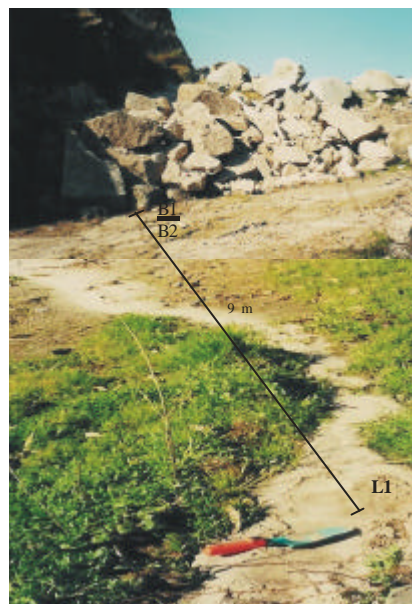
**Fig. 2.1** - Projecção tridimensional dos dados topográficos da Carta Militar nº 57 do IGE (1997) relativos à área de estudo seleccionada nas proximidades da Pedreira de N.ª S.ª do Amparo na PÓVOA DE LANHOSO (ver Fig.1.2), adaptados aos dados recolhidos em campo e planta topográfica do processo de licenciamento.

transportados pelas águas pluviais contribuindo para a formação de poças de lama (veja-se o exemplo de Póvoa de Lanhoso – Fig. 2.4).

Na pedreira de Amares foram ainda recolhidos solos artificiais incipientes, cuja composição inclui clastos de escombros, formados em rocha nua de um patamar abandonado da exploração (Fig. 2.9, 2.10 e 2.11).



**Fig. 2.2** - Frentes de desmonte da Pedreira Nª Sª do Amparo em Póvoa de Lanhoso.



**Fig. 2.3** - Frente de escorrência de uma das escombrelas da Pedreira Nª Sª do Amparo em Póvoa de Lanhoso.

Amostra	Exp.	Cor	Índice	Descrição	
				Material	Local
GGazm	.....	.....	.....	Granito azul de grão médio porfiróide (fedespato 2 cm Ø): predomina na pedreira.	Granito comercializado
GGazF	.....	.....	.....	Granito azul de grão fino.	Granito comercializado
GGazX	.....	.....	.....	Interface entre grão fino e médio.	Granito comercializado
L1	SE	cinza amarelado	5Y 7/1	Areia branca	Frente de escorrência, a 9 metros da escombrela.
B1	SE	cinza amarelado	5Y 6/1	Solo	Horizonte 1 da frente de escorrência da escombrela
B2	SE	cinza amarelado	5Y 6/1	Solo com maior retenção de humidade e com muitas raízes.	Horizonte 2 da frente de escorrência da escombrela; mais escuro e com muitas raízes.
EB21	.....	.....	.....	Clastos envolvidos por raízes; depois de lavados observa-se uma pátina ferrugenta.	Enterrados no horizonte B2
EB22	.....	.....	.....	Clastos envolvidos por raízes; depois de lavados observa-se uma pátina ferrugenta.	Enterrados no horizonte B2

**Tabela 2.1** – Descrição macroscópica das amostras de frentes de desmonte, materiais de escorrência, escombros finos e respectivos clastos colhidos na pedreira de Póvoa de Lanhoso.





**Fig. 2.4** - Zonas de acumulação de lamas da pedreira de Póvoa de Lanhoso.

A - pormenor

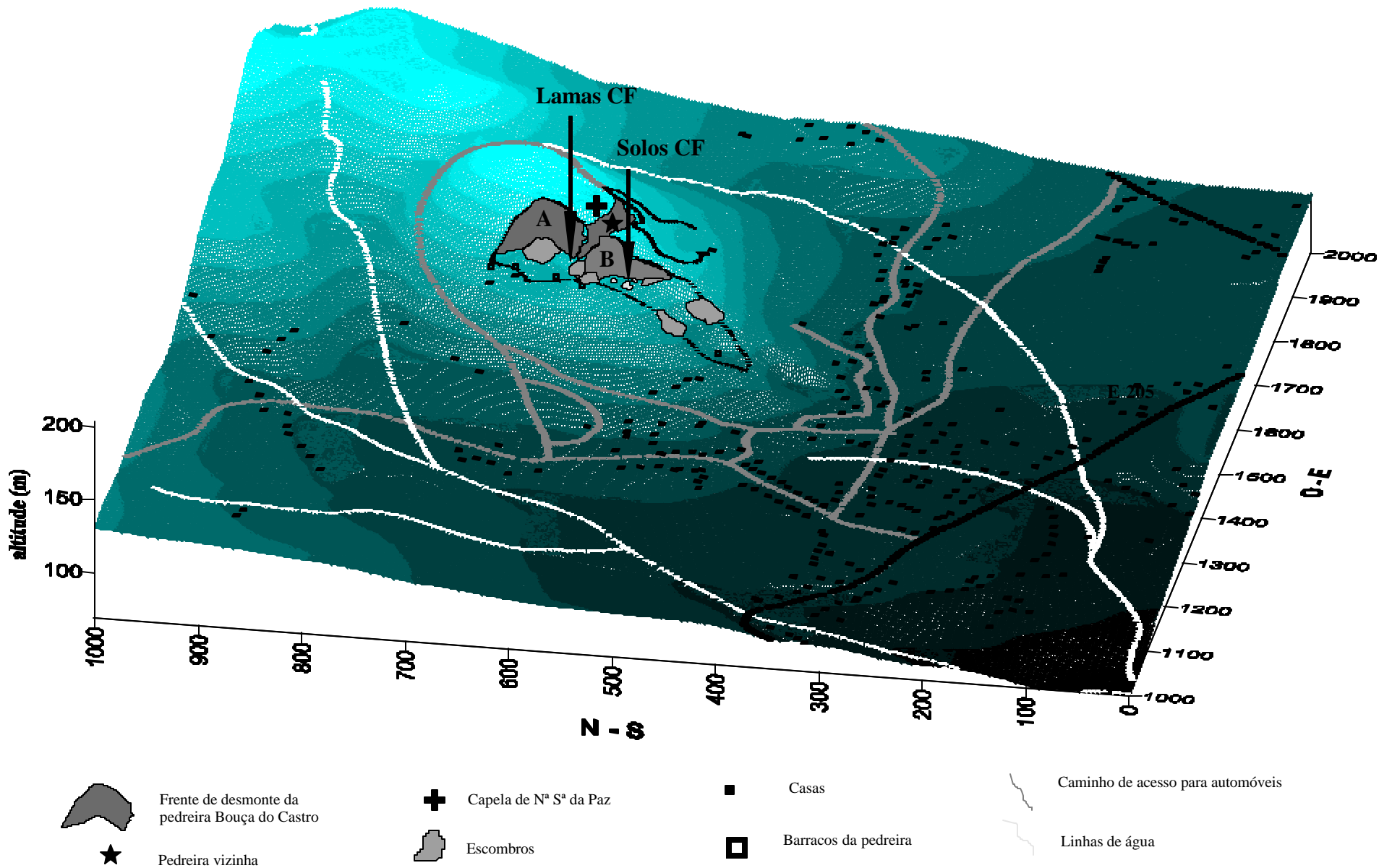
Amostra	Exp.	Côr	Índice	Descrição	
				Material	Local
Lama S	NO	cinza acastanhado	10YR 6/2	Lama de finos	Sobrenadante de poça em vale de escorrência da pedreira.
Lama P	NO	cinza amarelado	5Y 7/1	Lama de granulometrias mais heterogéneas (clastos e grãos)	Depósito da poça em vale de escorrência da pedreira.

**Tabela 2.2** – Descrição macroscópica das lamas recolhidas na pedreira de Póvoa de Lanhoso.



**Fig. 2.5** - Frente de desmonte da Pedreira da Bouça do Castro em Amares (fotografia tirada depois da colheita).





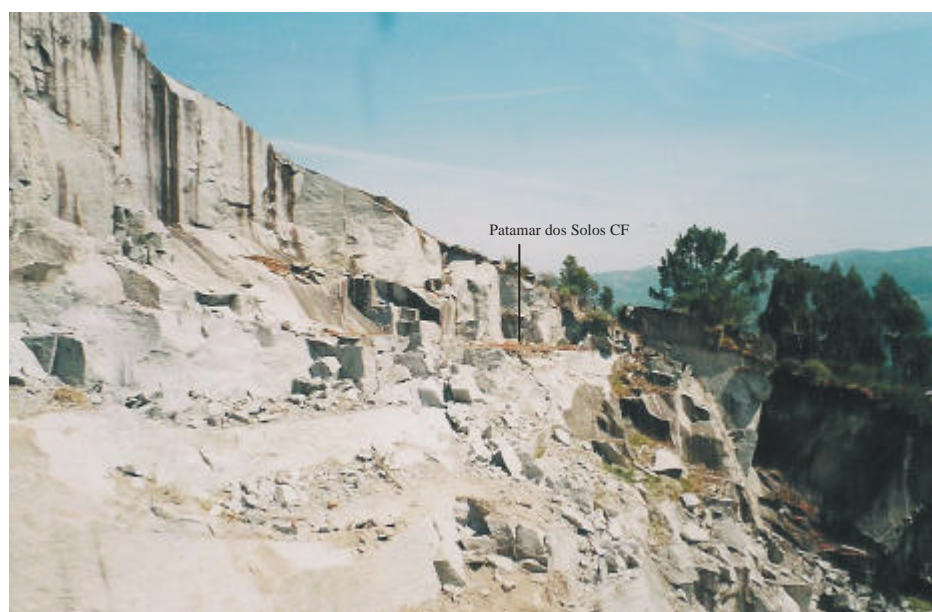
**Fig. 2.6** - Projecção tridimensional dos dados topográficos da Carta Militar nº 56 do IGE (1997), relativos à área de estudo seleccionada nas proximidades da Pedreira Bouça do Castro em AMARES (ver Fig. 1.2) adaptados aos dados recolhidos em campo. (A e B são referências de frentes de desmonte)

**Fig. 2.7** - Vista do topo do desmorte principal (fotografia tirada depois da colheita).



Amostra	Cor	Índice	Descrição	
			Material	Local
GAaz	.....	.....	Granito azul de grão médio	Granito comercializado
GAam	.....	.....	Granito amarelado grão médio	Granito comercializado
Lama CF1	cinza amarelado	5Y 7/1	Lama que solidifica.	Poça a 2m da base da escombreira.
Lama CF2	cinza amarelado	5Y 7/1	Lama com alguns agregados; tem poucos clastos cinza acastanhados e solidifica.	Poça seca a 1m da base da escombreira.
CFB	cinza amarelado	5Y 7/1	Triturado mais grosseiro que lamas CF1 e lamas CF2 com alguns clastos.	Base da escombreira

**Tabela 2.3** - Descrição macroscópica das amostras de frentes e lamas colhidas na pedreira da Bouça do Castro em Amares (ver Fig.2.6).



**Fig. 2.8** - Local de recolha das amostras dos solos incipientes formados na pedreira da Bouça do Castro em Amares (ver Fig.2.6). A fotografia é posterior à colheita, entretanto houve desmorte.



**Fig. 2.9, 2.10 e 2.11** - Pormenores dos locais de colheita dos Solos CF da pedreira Bouça do Castro em Amares.

Amostra	Exp.	Côr	Índice	Descrição	
				Material	Local
Solo CF1	SO	cinza amarelado	5Y 7/1	Solo com clastos e vegetação.	Cavidades no granito com 3 cm de profundidade e de diâmetro.
Solo CF2	SO	cinza amarelado	5Y 7/1	Solo com clastos e vegetação.	Cavidades no granito com 4 cm de profundidade e de diâmetro.
Solo CF3	SO	castanho pálido amarelado	10YR 6/2	Solo castanho e fofo com clastos e vegetação – erva brava de 50 cm de altura	Patamar com 7 cm de profundidade de diâmetro.
Solo CF4	SO	castanho pálido amarelado	10YR 6/2	Solo com clastos.	Fractura com 8 cm de profundidade no granito com raíz de <i>Pinus</i> sp 1,5 m de altura.

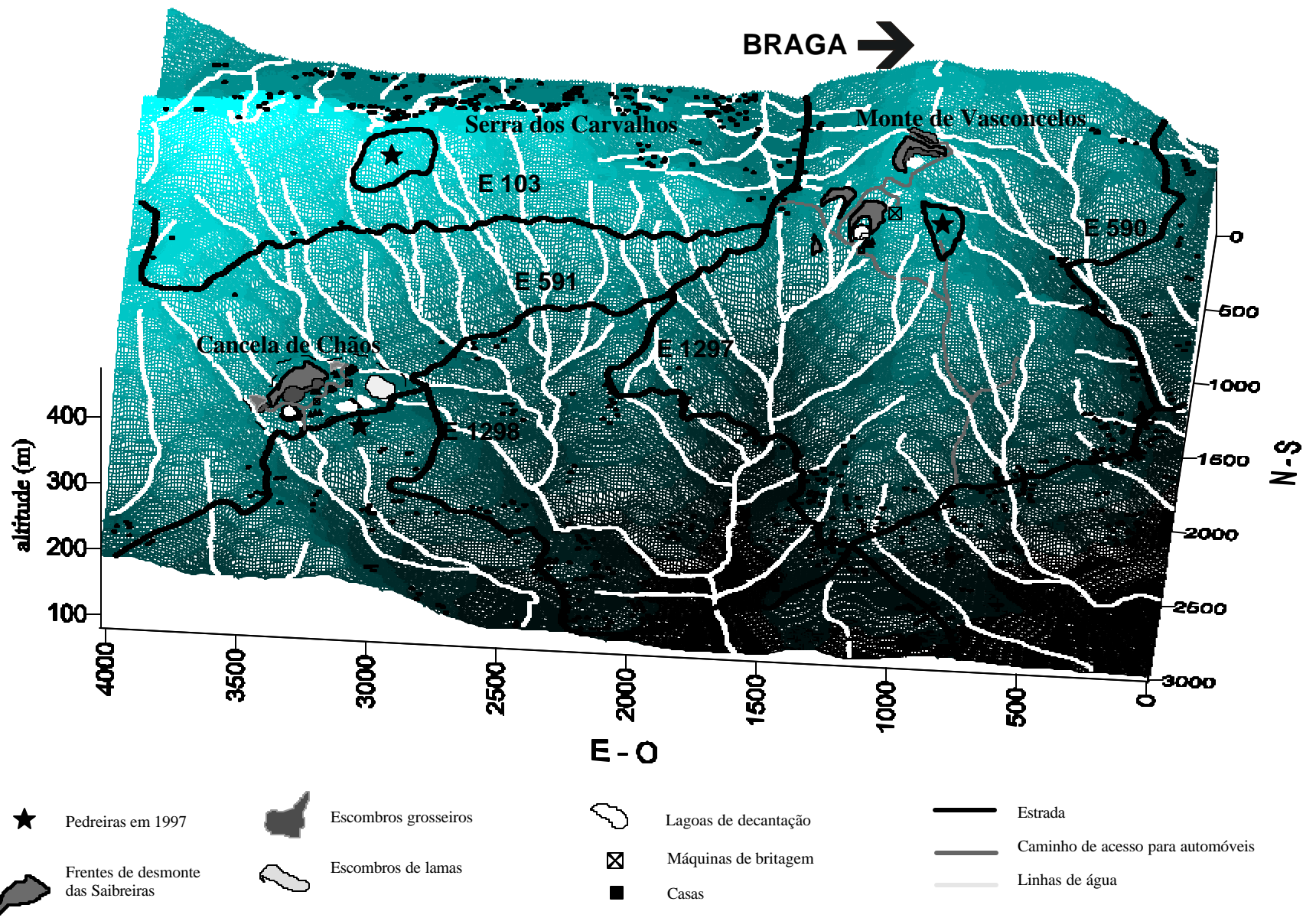
**Tabela 2.4** – Descrição macroscópica das amostras de Solos CF representadas em B na Fig. 2.6 relativos à pedreira da Bouça do Castro em Amares.

## 2.2 - SAIBREIRAS

As áreas de exploração das saibreiras do Monte de Vasconcelos (MV) e Cancela de Chãos (CC) situam-se na Serra dos Carvalhos a 350 e 230 m de altitude respectivamente (Fig.2.12) e estão, segundo as definições do PDM de Braga (2001), rodeadas por espaços florestais.

Em CC a frente de desmonte é exposta a Oeste e na área de exploração opera-se em dois patamares onde também se dispõem as zonas de escombros, de britagem e empilhamento dos triturados e as lagoas de decantação/acumulação (ver Fig. 2.12 e 2.27). Na exploração do MV o ordenamento do estaleiro é condicionado pela topografia, que é mais acidentada, observando-se desmontes com uma grande diversidade de exposições e orientações.





**Fig. 2.12** - Projecção tridimensional dos dados topográficos da Carta Militar nº 56 do IGE (1997) relativos à área de estudo seleccionada nas proximidades das Saibreiras de Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos na SERRA DOS CARVALHOS (ver Fig. 1.2), adaptados aos elementos recolhidos em campo.

Os maciços comportam granitos de duas micas essencialmente biotíticas com diferentes fácies cromáticas e diversos estados de coerência. As fácies cromáticas mais frequentes são porfiróides ou apresentam esparsos fenocristais de feldspato potássico:

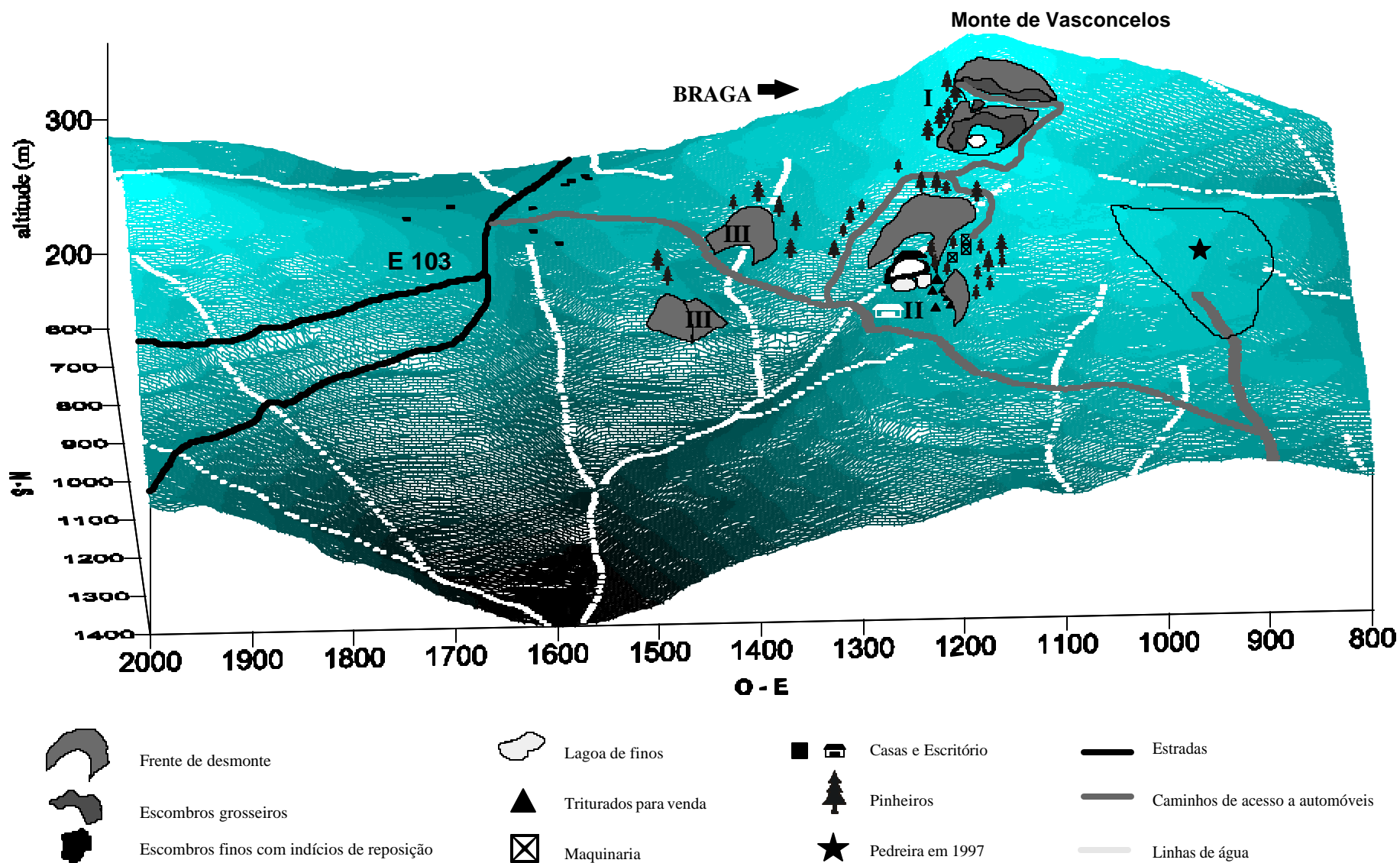
- granito azul – granito fortemente biotítico com grão médio;
- granito amarelo ou amarelado – granito alterado com ligeira ferruginização e granularidade mais grosseira;
- arena granítica – granito porfiróide essencialmente biotítico, alterado, quase incoerente ou incoerente com abundante fracção argilosa.

Os solos que sustentam a cobertura florestal que são típicos de encosta rochosa sobre granito (Fig. 2.15 à 2.25). Nas frentes de desmorte os granitos apresentam diaclases que condicionam a formação de capas de ferruginização e argilização e que frequentemente separam massas de granito azul e granito amarelo (Fig. 2.17 e 2.30). Nos casos em que o bordo superior das frentes de desmorte inactivas é limitado por solos verificam-se fenómenos de ferruginização preferencial no topo dos desmontes.

As duas unidades extractivas referidas, MV e CC, produzem areia e gravilha para construção. O processo de extracção dos materiais é iniciado com desmorte a fogo seguido da britagem do material. Pontualmente, o estado incoerente do material permite extracções por simples escavação (Fig. 2.18). Este tipo de lavra implica necessariamente a libertação da fracção mais fina da rocha, o que não se verifica nas pedreiras de granito são, e um acréscimo de estéreis finos veiculados pelas águas utilizadas na britagem que por sua vez contribuem para a formação das características lagoas de decantação/deposição de lamas (Fig. 2.13, 2.27 e 2.36).



**Fig. 2.13** - Vista parcial do estaleiro da Saibreira do Monte de Vasconcelos. Área de recepção das águas enlameadas.



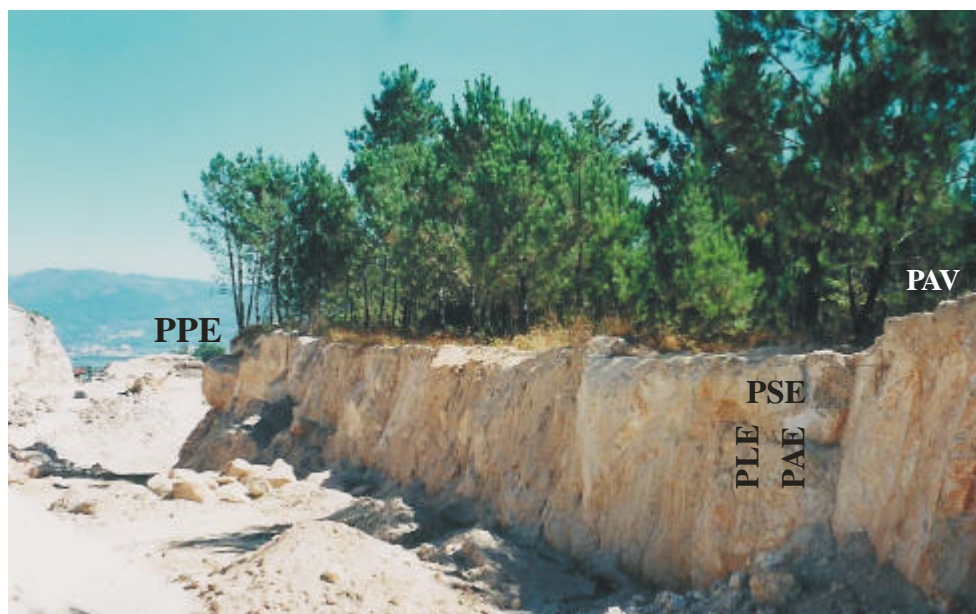
**Fig. 2.14 -** Projecção tridimensional dos dados topográficos da Carta Militar nº56 do IGE (1997) relativos à área de estudo seleccionada nas proximidades da saibreira do MONTE DE VASCONCELOS (ver Fig. 1.2), adaptados aos elementos recolhidos em campo.

Área I - Local de colheita das amostras de frentes de desmonte e solos naturais em zona florestal (Tabela 2.5).

Área II - Local de colheita de amostras dos materiais artificiais - lamas e britas (Tabela 2.9).

Área III - Local de colheita das amostras de frentes de desmonte inactivas (Tabela 2.8).





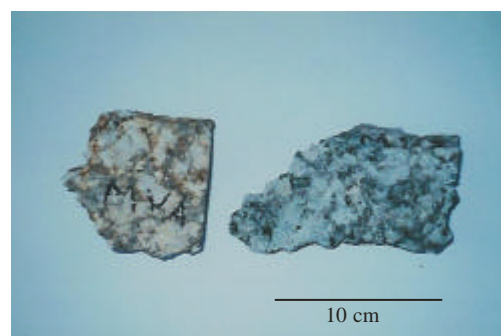
**Fig. 2.15** - Frentes de desmonte e solos naturais em zona florestal. Área I do esquema da Fig.2.14.

Amostra	Exp.	Prof. (cm)	Côr	Índice	Descrição	
					Material	Local
PAV	coberto por vegetação	0-7	castanho escuro amarelado	10YR 5/2	Solo virgem com clastos até 10 mm de diâmetro e material orgânico por decompor bem visível.	Recolhida no meio do pinhal acima do nível de PSE.
PSE	O	0-30	laranja acinzentado	10YR 7/2	Material fino com clastos inferiores a 5 mm de diâmetro	Horizonte recolhido acima de PLE e PAE; nesta frente a capa de solo foi retirada.
PLE	O	30-70	laranja escuro amarelado	10YR 6/6	Areia muito alaranjada	frente de desmonte inactiva com escorrência de água.
PAE	O	30-70	cinza amarelado	5Y 8/1	Areia bem azulada/cinza	Frente de desmonte inactiva praticamente encostada ao PLE.
PPE	O	0-30	castanho escuro amarelado	10YR 4/2	Terra com material orgânico bem decomposto com algumas raízes visíveis.	Recolhida na raiz de pinheiro, no topo do talude.

**Tabela 2.5** – Descrição macroscópica das amostras de frentes de desmonte activas e inactivas (rossos escavados em canal) e solos de cobertura originais da saibreira do Monte de Vasconcelos (ver área I do esquema da Fig. 2.14).



**Fig. 2.16** – Aspecto dos granitos azuis compactos com orlas de ferruginização.



**Fig. 2.17** – Amostras de arena amarela desagregável com martelo (MVA) e granito azul compacto (MVZ).



**Fig. 2.18** - Zona de contacto entre o desmonte recente e inactivo. O material mais compacto é destacado através de pega de fogo apresentando arestas angulosas. No nível inferior o material é mais friável estando marcado pela extracção com escavadora. Ao centro é visível a ferruginização num plano de fractura natural.



**Fig. 2.19** - Frente de desmonte recente. Ocorrência preferencial de ferruginizações abaixo de plano de diaclase.

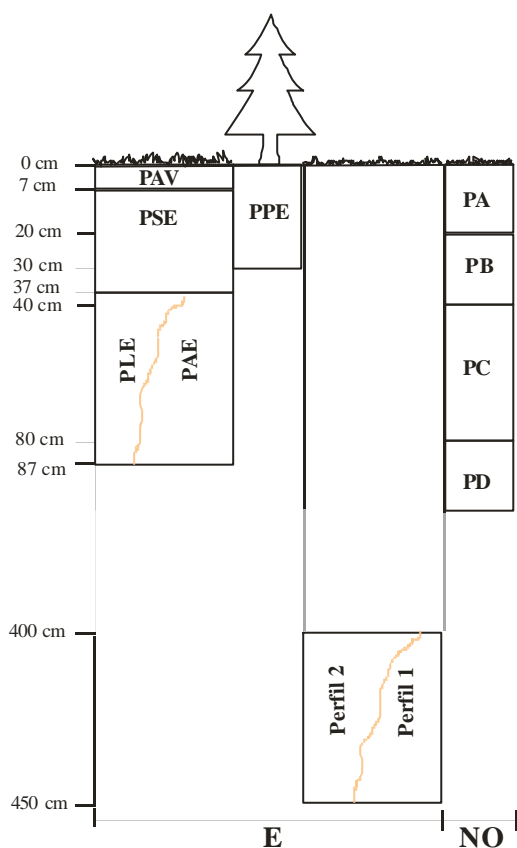


**Fig. 2.20 e 2.21** - Pormenor dos solos de cobertura dos maciços explorados e a gradação da cor do granito no sentido topo- profundidade.



Amostra	Exp.	Prof. (cm)	Cor	Índice	Descrição do Material
PA	NO	0-20	castanho moderado	10Y R 6/2	Terra fina com algumas raízes
PB	NO	20-40	castanho alaranjado	10Y R 6/4	Material com alguns clastos de diâmetro inferior 5 mm; vestígios de raízes.
PC	NO	40-80	laranja acinzentado	10Y R 7/6	Areia quase homogénea sem vestígios de raízes.
PD	NO	80	cinza amarelado	5Y 7/4	Material claro com clastos feldspáticos brancos e ferruginizados até 10 mm de diâmetro.

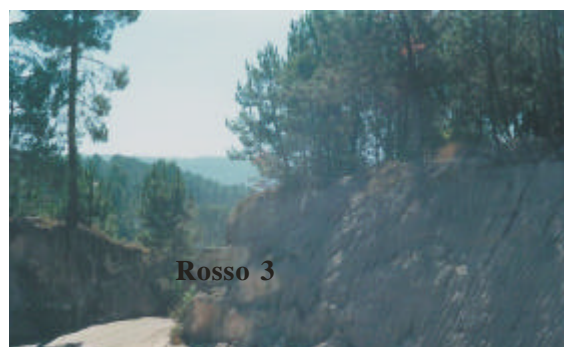
**Tabela 2.6** – Descrição macroscópica das amostras de uma frente de desmonte inactiva com quatro horizontes pedogenénicos definidos. Note-se que a gradação da cor das amostras aumenta com a profundidade (comparar com perfil M1-5 de Cancela de Chãos, Tabela 2.11).



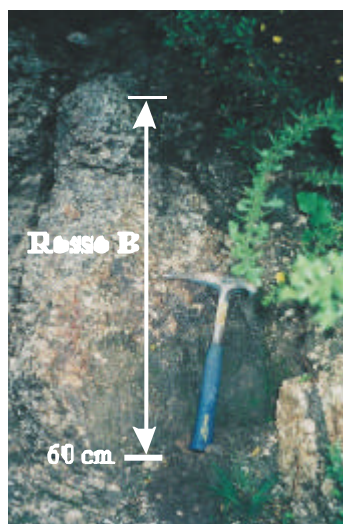
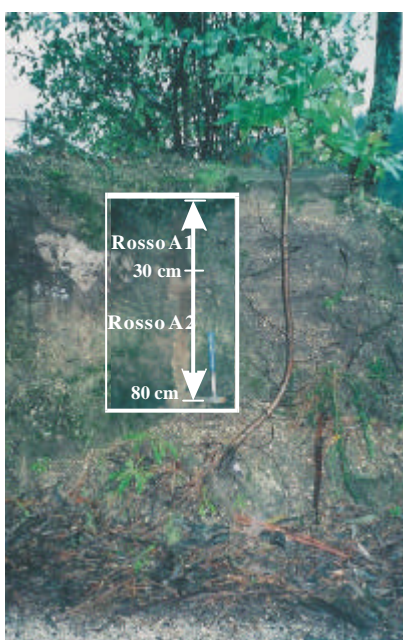
**Fig. 2.22** – Esquema das posições relativas das amostras das frentes de desmonte activas e inactivas com cobertura vegetal no topo e respectivas orientações e exposições, colhidas na saibreira do Monte de Vasconcelos. A laranja estão representadas diaclases que condicionam a formação de capas de ferruginização e argilização e que separam massas de granito azul e granito amarelo. O pinheiro representado não está à escala, na realidade trata-se de uma árvore com aproximadamente 5 m de altura e está assinalada na Fig. 2.15.

Amostra	Exp.	Prof. (cm)	Cor	Índice	Descrição	
					Material	Local
Perfil1	E	400	cinza amarelado	5Y 7/4	Areia homogénea	Frente de desmonte recente separada do perfil 2 por diaclase com escorrência
Perfil2	E	400	laranja muito pálido	10YR 8/2	Arena incoerente, com clastos (feldspatos) 5-10 mm de diâmetro.	Frente de desmonte fresca
MVZ	.....	.....	.....	.....	Granito azul compacto.	.....
MVA	.....	.....	.....	.....	Arena de granito amarelo alterado e pouco coerente.	.....

**Tabela 2.7** – Descrição macroscópica das amostras de frentes de desmonte activas de granito azul, amarelo e arena granítica, da saibreira do Monte de Vasconcelos (Fig. 2.17 e 2.22).



**Fig. 2.23 e 2.24** - Frontes de desmonte inativas da Saibreira do Monte de Vasconcelos (área III do esquema da Fig.2.13).



**Fig. 2.25 e 2.26** - Taludes inativos com reposição vegetal natural. Exposições SO (sombrio) e E respectivamente, da saibreira do Monte de Vasconcelos.

Amostra	Exp.	Cor	Índice	Descrição	
				Material	Local
Rosso A1	SO (sombrio)	castanho pálido amarelado	10YR 6/2	Terra castanha com musgo e raízes, presença de clastos até 5 mm.	Primeiro horizonte de um talude à entrada da saibreira
Rosso A2	SO (sombrio)	laranja acinzentado	10YR 7/2	Material menor conteúdo orgânico, com algumas raízes e clastos entre 5 e 15 mm.	Segundo horizonte
Rosso B	E	castanho esverdeado	5Y 6/2 ou 10YR 6/4	Terra fina com musgo em zona de escorrência; Alguns clastos entre 5 e 15 mm.	Rosso de frente inativa com escorrência de água e presença de musgo
Rosso 1	E	cinza amarelado	5Y 8/2	Arena	Frente de desmonte inativa
Rosso 2	SO	laranja acinzentado	10YR 7/2	Arena com feldspatos brancos e alaranjados com diâmetros 5-20 mm	Frente de desmonte inativa
Rosso 3	N	laranja muito pálido	10YR 8/2	É a arena mais clara e apresenta crostas ferruginosas; tem clastos entre 5-30 mm.	Frente de desmonte inativa

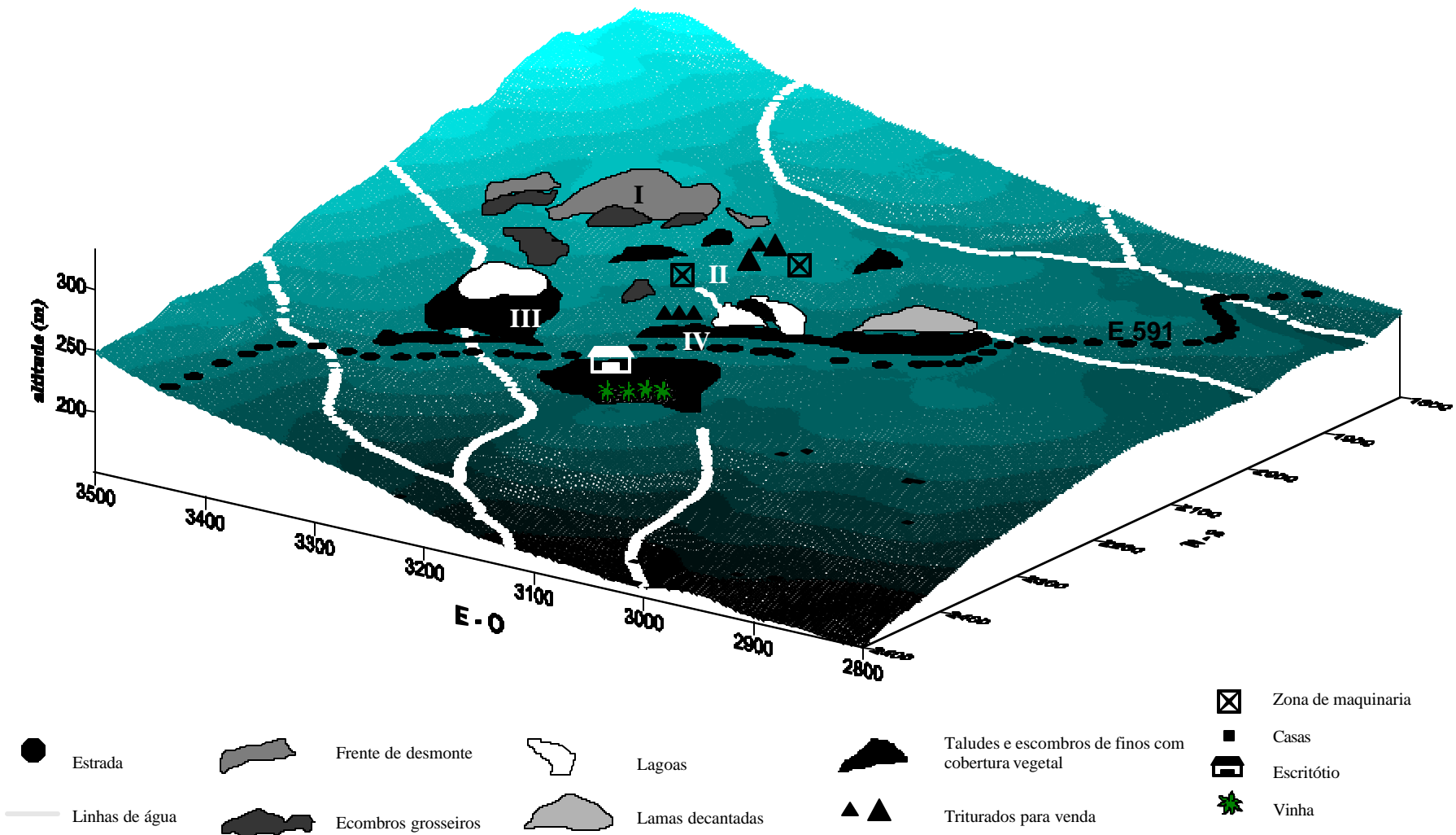
**Tabela 2.8** – Descrição macroscópica das amostras de frentes de desmonte inativas com e sem reposição vegetal natural, colhidas por escavação em canal de aproximadamente 1m de altura e 5 cm de largura em eixos verticais.



**Figs 2.27 e 2.28** - Patamar principal da Saibreira do Monte de Vasconcelos – Zona de armazenamento de triturados para venda e de decantação das águas de britagem. (Locais de amostragem dos triturados e lamas).

Amostra	Cor	Índice	Descrição	
			Material	Local
Lama AC	cinza amarelado	5Y 7/4 ou 10YR 7/2	Lama. Quando seca na estufa não solidificou, apenas 2 agregados em volta de um fenocristal de feldespato – lâmina.	Colhida numa lagoa de acumulação de materiais mais grosseiros provenientes da água da britagem.
Lama D	laranja pálido	10YR 7/6 ou 5Y 7/4	Lama, barro.	Colhida na lagoa de decantação de finos, ao lado de lamas AC.
Lamas 1	cinza amarelado	5Y 7/4	Lamas	Em suspensão num lameiro temporário.
Lamas 2	cinza amarelado	5Y 7/2	Lamas	Acumulado no fundo do lameiro anterior.
Brita G	Grão azul	.....	Triturado grosseiro	Área dos stoks para venda.
	Grão amarelo			
Brita M	.....	.....	Gravilha	Área dos stoks para venda.
Brita F	cinza amarelado	5Y 7/1	Areia para construção	Área dos stoks para venda.

**Tabela 2.9** – Descrição macroscópica dos materiais artificiais produzidos na saibreira do Monte de Vasconcelos seleccionados (ver Fig 2.13, junto à área do escritório).



**Fig.2.29** - Projecção tridimensional dos dados topográficos da Carta Militar nº 56 do IGE (1997) relativos à área de estudo seleccionada nas proximidades da saibreira de CANCELA DE CHÃOS (ver Fig. 1.2), adaptados aos elementos recolhidos em campo e dos processos de licenciamento.

Área I - Local de colheita de amostras de frentes de desmonte activas e inactivas (Tabelas 2.10 e 2.11).

Área II - Local de colheita de amostras dos materiais artificiais - lamas e britas (Tabela 2.12).

Área III - Local de colheita de clastos inseridos em escombros finos em início de pedogénese (Tabela 2.12).

Área IV - Local de colheita de amostras de escombros finos com desenvolvimento de pelo menos cinco horizontes (Tabela 2.13).





**Fig. 2.30 e 2.31 e 2.32** - Frente de desmorte fresca com zona de escorrência de água; Perfil de frente de desmorte inactiva com patamar (fotografias tiradas meses após amostragem).

Amostra	Exp.	Cor	Índice	Descrição	
				Material	Local
Rocha A	O	amarelo	.....	Granito amarelo pouco coerente.	Retirada acima do rosso I
Rocha A1	O	amarelo	.....	Arena granítica incoerente	Retirada ao nível do rosso I
Rocha B	O	amarelo	.....	Granito amarelo pouco coerente.	Abaixo do rosso II
Rocha C	O	azul	.....	Granito azul coerente.	Base da frente de desmorte activa.
Rocha D	O	Azul/ alaranjado	.....	Granito azul/alaranjado e incoerente.	Separado da rocha C por diaclase.
Rosso I	O	laranja muito pálido	10YR 8/2	Areia homogénea	Frente de desmorte inactiva.
Capa I	O	cinza amarelado	5Y 8/1	Solo com clastos até 10 mm de diâmetro.	Recolhido no patamar entre rosso I e rosso II; presença de rebentos de <i>Pinus</i> sp.
Rosso II	O	cinza amarelado	5Y 8/1	Arena mais grosseira, clastos infra 5 mm de diâmetro.	Frente de desmorte inactiva abaixo do rosso I.

**Tabela 2.10** – Descrição macroscópica das amostras de frentes de desmorte activas e inactivas sem reposição vegetal natural (amostras de mão e rossos escavados em canal em eixos verticais) da saibreira de Cancela de Chãos, com orientação/exposição a Oeste (ver Fig 2.29 frente de desmorte I).



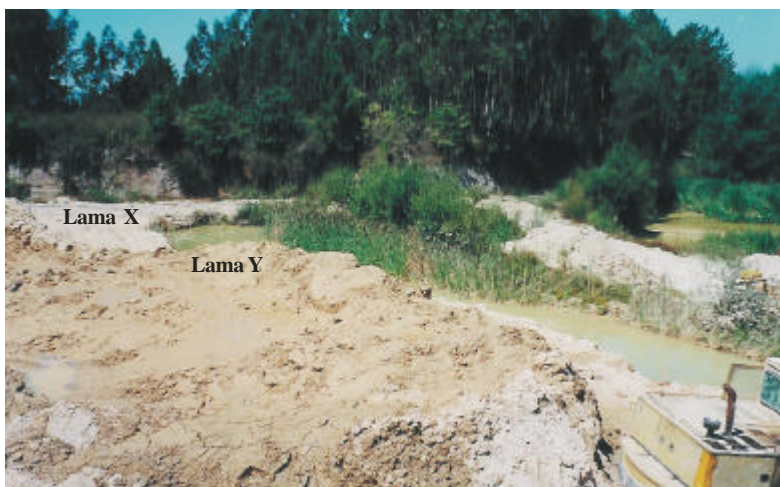
**Fig. 2.33 e 2.34 e 2.35** - Pormenor da cobertura vegetal original do maciço de Cancela de Chãos. Local de colheita do perfil natural H1W3 (Fotografias tiradas meses após a colheita).

Amostra	Exp.	Prof. (cm)	Cor	Índice	Descrição
					Material
H1	SO	0-10	castanho acinzentado	10YR 6/2	Terra fina com restos de raízes
H2	SO	10-20	laranja acinzentado	10YR 7/2	Terra com granulado inferior a 5 mm de diâmetro quase sem raízes
H3	SO	20-30	cinza amarelado	5Y 7/1	Semelhante a H2 mas com mais clastos (inferiores a 5 mm).
H4/W1	SO	.....	laranja muito pálido	10YR 8/2	Areia homogénea.
W2	SO	.....	laranja acinzentado	10YR 7/2	Areia com restos de raízes bem visíveis.
W3	SO	.....	laranja muito pálido	10YR 8/2	Material mais claro que W2, com clastos inferiores a 5 mm de diâmetro e sem raízes.

**Tabela 2.11** – Descrição macroscópica das amostras de uma frente de desmonte inactiva com seis horizontes pedogénicos definidos. A sequência H1-H4 é vertical e a H4/W1-W3 está em continuidade mas é inclinada (ver Fig. 2.35). Este talude encontra-se a Sul da frente I, representada na Fig.2.29)



**Fig. 2.36** - Lagoa artificial da saibreira de Cancela de Chãos, balizada por escombros finos onde foram recolhidos alguns clastos à superfície e em profundidade (Área III do esquema da Fig. 2.29).



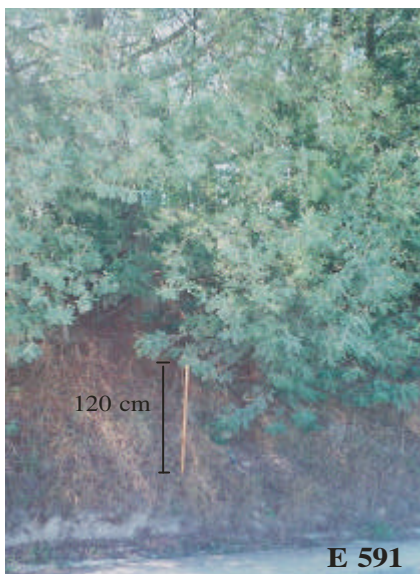
**Fig. 2.37** - Lagoa de decantação da saibreira de Cancela de Chãos, localizada numa cota inferior à área de acumulação de triturados para venda (área II do esquema da Fig. 2.29).

Amostra	Cor	Índice	Descrição	
			Material	Local
ES1	.....	.....	Clasto cor alaranjada	Superfície de uma escombreira de finos.
ES2	.....	.....	Clasto não tão alaranjado - feldspatos brancos e desagregável com martelo e força.	Superfície de uma escombreira de finos.
ES3	.....	.....	Clasto	Superfície de uma escombreira de finos.
EE	.....	.....	Clasto	Extraído a 10 cm de profundidade numa escombreira de material com granulometrias atípicas; com raízes na sua superfície.
lama X	laranja muito pálido	10 YR 8/2	Lama clara muito fina com algumas micas visíveis (menos que lama Y).	Poça numa zona de lammas acumuladas, perto das lagoas de decantação.
lama Y	laranja muito pálido	10 YR 8/2	Lama fina com película superficial mais escura de micas bem visíveis (lâmina 1); (lâmina Y2) semelhante lama D.	Zona de acumulação de escombros finos
Brita G1	grão azul e amarelo	.....	Brita com grão azul e amarelo.	
Brita G2	Grão amarelo e cinza	.....	Brita de maior granulometria que grão amarelo/cinza.	Área de stock para venda
Brita G 3	Tom cinza amarelado	5Y 7/1	Areia com micas bem visíveis.	

**Tabela 2.12** – Descrição macroscópica dos materiais artificiais produzidos na saibreira de Cancela de Chãos (Clastos colhidos na área III, lammas e britas na área II do esquema da Fig.2.29).

Amostra	Exp.	Prof. (cm)	Cor	Índice	Descrição
					Material
M1	O	0-2	cinza amarelado	5Y 7/1	Terra com bastante vegetação seca; presença de alguns clastos.
M2	O	2-7	laranja acinzentado	10YR 7/2	Terra fina com alguns clastos; não formou agregados na cápsula.
M3	O	7-37	laranja muito pálido	10YR 8/2	Material fino amarelo (mais claro que M2) e sem clastos, nem MO visível; formou agregado coerente na cápsula.
M4	O	37-41	castanho alaranjado	10YR 6/4	Fina camada de transição com restos de finas raízes e cor drasticamente mais escura que M3.
M5	O	.....	castanho pálido amarelado	10YR 6/4	Terra com presença de finas raízes

**Tabela 2.13** – Descrição macroscópica das amostras colhidas no talude de escombros finos construído à berma da estrada E 591 e que desenvolveu um perfil com cinco horizontes pedogénicos (área IV do esquema da Fig. 2.29). A densidade de raízes aumenta com a profundidade, bem como o escurecimento do tom, ao contrário do perfis naturais H1-W3 de CC e perfil P A- D do Monte de Vasconcelos.



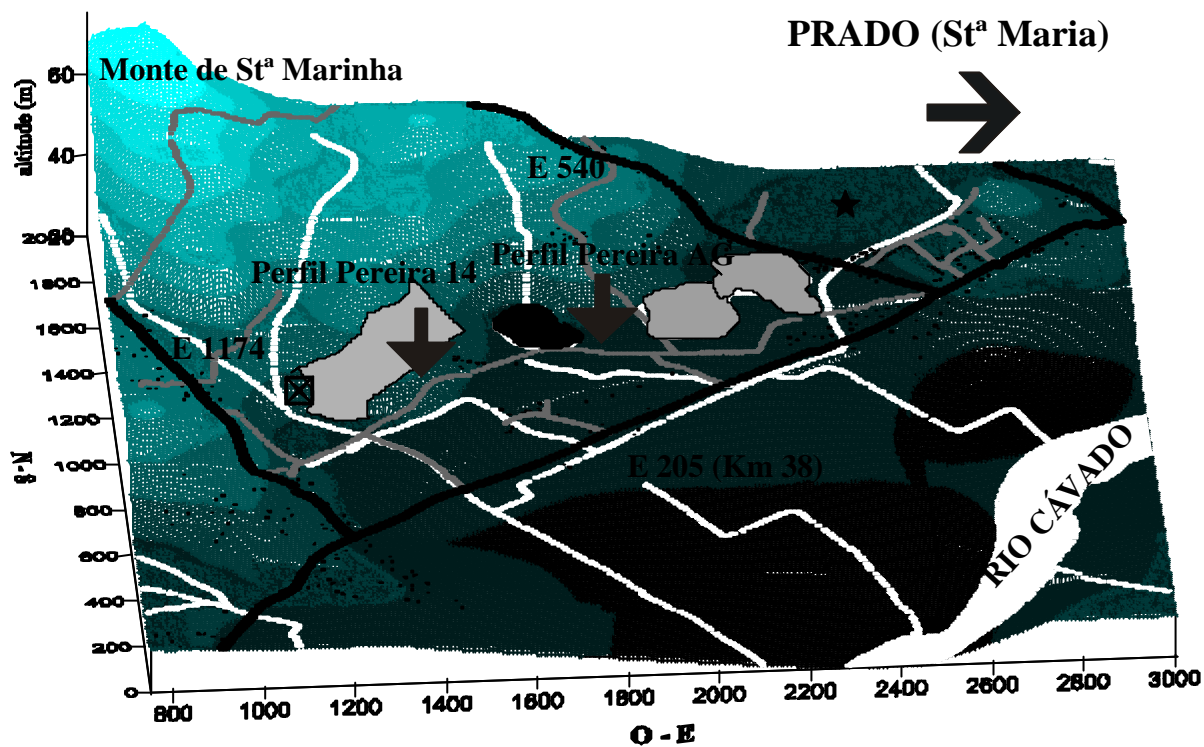
**Fig. 2.38** - Talude construído com escombros finos à berma da estrada E 591 onde se desenvolveu vegetação semelhante à autóctone; Local de recolha do perfil M1- 5.

### 2.3 - BARREIRO

Em Papagaios a exploração do barro está vocacionada para o fabrico de tijolos para a construção civil. Este sistema está inserido num depósito de terraço fluvio-lacustre de areias e argilas, com profundidades entre 10 e 20 m onde a vegetação vai surgindo espontaneamente à superfície dos materiais finos que não são revolvidos recentemente.

Este sistema tem a particularidade de ser contíguo a uma central de britagem de saibro proveniente de explorações vizinhas (ver área de estaleiro de britagem de saibro no esquema da Fig. 2.39). Com efeito as águas de lavagem dos saibros vão escorrendo para cotas inferiores ao barreiro originando estratos artificiais e estranhos à natureza geológica do local. O perfil TP1 a 4 ilustra os efeitos deste fenómeno (Fig. 2.41 e 2.42). Assim temos um horizonte superficial proveniente das lamas da britadeira vizinha e imediatamente abaixo reconhecemos os restantes horizontes do perfil. O talude Pereira A/G demonstra uma sequência de estratos de granulometrias heterogêneas com a presença de pequenos seixos a que se pode atribuir uma origem lacustre e natural.





- |  |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | Estaleiro de britagem de saibro |  | Estrada                           |
|  | Barreiro vizinho (1997)         |  | Caminho de acesso para automóveis |
|  | Frentes de desmonte             |  | Linhas de água                    |
|  | Lagoa de finos                  |  | Escombros de finos heterogéneos   |

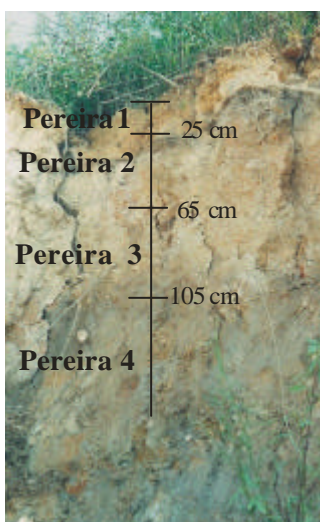
Fig. 2.39 - Projecção tridimensional dos dados topográficos da Carta Militar nº 56 do IGE (1997) relativos à área emestudo seleccionada nas proximidades do barreiro de Papagaios em PRADO (ver Fig. 1.2), adaptados aos elementos recolhidos em campo.



Amostra	Exp.	Prof. (cm)	Cor	Índice	Descrição
					Material
Pereira A	N	0-25	laranja amarelado escuro	10YR 7/6	Terra com raízes.
Pereira B	N	25-60	laranja amarelado	10YR 8/4	Terra/argilas /arenas com seixos entre 10-20 mm de Ø.
Pereira C	N	60-108	laranja amarelado	10YR 8/4	Terra com pequenos seixos de 1 cm de Ø.
Pereira D	N	.....	laranja amarelado	10YR 8/4	Barro/areias feldspatos
Pereira E	N	.....	laranja amarelado escuro	10YR 7/4	Argila picada com bico do martelo; feldspatos brancos e com seixos de 10 mm de Ø.
Pereira F	N	.....	laranja amarelado escuro	10YR 7/6	Saibro com seixos de 10 mm; foi picado.
Pereira G	N	.....	cinza esverdeado	5Y 7/4	Argila de cor e granulometrias homogêneas.

**Tabela 2.14** - Frente de desmonte inativa do Barreiro de Papagaios em Prado (o horizonte Pereira D constitui o patamar principal do talude com aproximadamente 50 cm de largura, Pereira E é muito inclinado e Pereira F é quase vertical e aloja uma planta com 40 cm de parte aérea).

**Fig. 2.40** – Perfil Pereira A-G da frente de desmonte inativa do Barreiro de Papagaios.



**Fig. 2.41 e 2.42** - Perfil do Barreiro de Papagaios cuja superfície tem origem na acumulação de lamias de britagem de saibro externo à exploração, que teve e tem lugar numa cota superior.

<b>Amostra</b>	<b>Exp.</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>Cor</b>	<b>Índice</b>	<b>Descrição do Material</b>
Pereira 1	N	0-25	laranja muito pálido	10YR 8/4	Argila muito compactada; depois de seca amostra foi picada com o martelo.
Pereira 2	N	25-65	laranja acinzentado	10YR 7/2	Argila cujo topo de 3 cm com terra escura com grande concentração de raízes; abaixo é cinza/castanho.
Pereira 3	N	65-105	laranja acinzentado	10YR 7/2	Argila compacta e dura, foi colhida mais facilmente que a amostra Pereira 1. Presença de algumas raízes.
Pereira 4	N	.....	laranja acinzentado	10YR 7/2	Argila de cor e granulometrias homogêneas.

**Tabela 2.15** – Descrição macroscópica das amostras do perfil Pereira 1-4 da frente de desmonte inactiva do barreiro de Papagaios (o horizonte Pereira 1 é proveniente da escorrência de lamelas de britagem de saibro que tem lugar numa cota superior).

## CAPÍTULO 3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

As análises granulométricas foram em coluna de crivos a fracção > 100 µm nos intervalos apresentados na Tabela 3.1, sendo os resultados apresentados como a percentagem de massa correspondente a cada intervalo granulométrico.

> 32	11.3-8	2.83-2	0.707-0.5	0.177-0.125
32-22.63	8-5.66	2-1.41	0.5-0.354	0.125-0.088
22.63-16	5.66-4	1.41-1	0.354-0.25	0.088-0.063
16-11.31	4-2.83	1-0.7.07	0.25-0.177	.....

**Tabela 3.1** – Intervalos das malhas dos crivos (mm) adoptados para a análise granulométrica da fracção > 100 µm das amostras seleccionadas.

Relativamente à fracção mais fina a distribuição granulométrica obteve-se pelo método das pipetas. Para as amostras em causa registaram-se as percentagens relativas no intervalo entre 100 e 0.20 µm para lamas e solos e o intervalo 100 e 0.50 µm para as restantes amostras.

A caracterização granulométrica dos materiais provenientes das explorações seleccionados foi efectuada nas componentes:

- proporção das fracções de cascalho, saibro, areia grossa, areia fina, silte e argila (Tabela 3.2);
- perfil das curvas granulométricas da fracção >100 µm;
- perfil das curvas granulométricas da fracção < 100µm.

A agregação dos resultados que parece pertinente efectuou-se segundo as afinidades naturais e artificiais dos materiais observados e produzidos nos processos extractivos.

### 3.1 - Frentes de desmonte das Saibreiras (activas e inactivas)

### 3.2 - Solos Naturais e Artificiais

#### 3.3.1 -Saibreiras

#### 3.3.2 - Pedreiras

### 3.3 - Lamas Artificiais de Pedreiras e Saibreiras

#### 3.3.1 – Lamas Saibreiras *versus* Lamas de Pedreiras

#### 3.3.2 – Lamas em Suspensão *versus* Lamas Sedimentadas

#### 3.3.3 – Fenómenos de Agregação e Dispersão de partículas

### 3.4 - Britas das Saibreiras

### 3.5 - Materiais do Barreiro

	Amostra	% cascalho	% saibro	% areia grossa	% areia fina	% silte	% argila
	Diâmetro	5-20 mm	5-2 mm	2-0,2 mm	200-20 micra	20-2 micra	< 2 micra
Frentes de desmonte de Saibreiras	Rosso A1	11	25	25	17	18	4
	Rosso A 2	10	24	24	18	19	5
	Rosso B	8	19	25	18	21	9
	Rosso 1	3	17	30	21	21	8
	Rosso 2	2	18	30	26	18	6
	Rosso 3	6	15	17	17	34	11
	PSE	8	23	24	20	18	8
	PLE	1	18	34	23	19	6
	PAE	3	23	29	22	18	4
	Perfil 1	0	1	46	35	13	5
	Perfil 2	3	27	23	21	21	5
	Rosso I	0	8	43	24	18	6
	Rosso II	1	16	36	23	18	5
	Capa I	1	16	35	25	18	4
	médias	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>6</b>
Perfis de Solos Naturais das Saibreiras	PAV	5	26	24	16	19	9
	PPE	5	19	23	18	23	11
	médias	<b>5</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>10</b>
	PA	8	27	28	16	15	6
	PB	9	22	23	23	19	5
	médias	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>5</b>
	PC	1	2	52	31	9	4
	PD	2	11	34	27	20	5
	médias	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>41</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>6</b>
	H1	2	17	36	20	19	5
	H2	2	12	38	24	17	7
	H3	1	10	28	30	23	8
	H4W1	1	12	38	25	18	6
	W2	0	16	39	22	17	6
	W3	0	11	39	28	17	5
médias	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>41</b>	<b>29</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	
Solo Artificial da Saibreira de CC	M1	1	14	23	26	26	10
	M2	3	22	34	20	14	7
	M3	0	2	6	33	41	17
	M4	2	16	29	22	20	10
	M5	3	15	27	23	20	11
	médias	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>11</b>
Solos Artificiais da Pedreira de Amares	CF1	14	15	24	30	13	4
	CF2	17	19	20	28	13	4
	CF3	8	16	31	25	14	6
	CF4	8	14	35	25	13	5
	CFB	1	9	42	34	10	3
	médias	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>13</b>	<b>4</b>
Solos Artificiais da Pedreira de Póvoa de Lanhoso	B1	0	3	49	38	7	3
	B2	3	9	34	32	15	6
	médias	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>11</b>	<b>4</b>
Lamas das Saibreiras	L1	0	7	69	17	vestigial	vestigial
	Lamas 1	0	0	4	16	53	27
	Lamas 2	0	0	4	52	35	9
	Lama D	1	1	2	32	44	20
	Lama AC	0	1	21	58	13	7
	Lama X	0	0	0	21	55	24
	Lama Y	0	0	1	37	42	20
médias	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>18</b>	
Lamas das Pedreiras	Lamas CF1	11	1	6	45	28	9
	Lamas CF2	13	11	29	24	16	7
	Lamas S	6	4	17	38	25	10
	Lamas P	1	14	45	27	9	4
	médias	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>33</b>	<b>20</b>	<b>7</b>
Britas	Brita G2	9	69	15	4	vestigial	vestigial
	Brita G3	1	34	56	7	vestigial	vestigial
	Brita F	0	13	80	7	vestigial	vestigial
	Brita M	57	36	6	1	0	0
Materiais do Barreiro	Pereira A	4	13	31	15	16	20
	Pereira B	9	31	19	10	18	13
	Pereira C	10	29	17	11	20	13
	PereiraD	8	34	15	11	21	11
	PereiraE	10	29	23	9	18	11
	Pereira F	14	21	18	11	22	14
	PereiraG	0	4	4	24	37	30
	médias	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>22</b>	<b>16</b>
	Pereira 1	1	0	2	10	43	44
	Pereira 2	1	3	26	15	29	26
	Pereira 3	1	3	16	18	33	29
	Pereira 4	1	4	22	20	31	23
médias	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	

**Tabela 3.2** - Percentagem de cascalho, saibro, areia grossa e fina, silte e argila calculadas a partir dos resultados obtidos pelo método dos crivos e pelo método das pipetas.

### 3.1 - Frentes de desmonte das Saibreiras

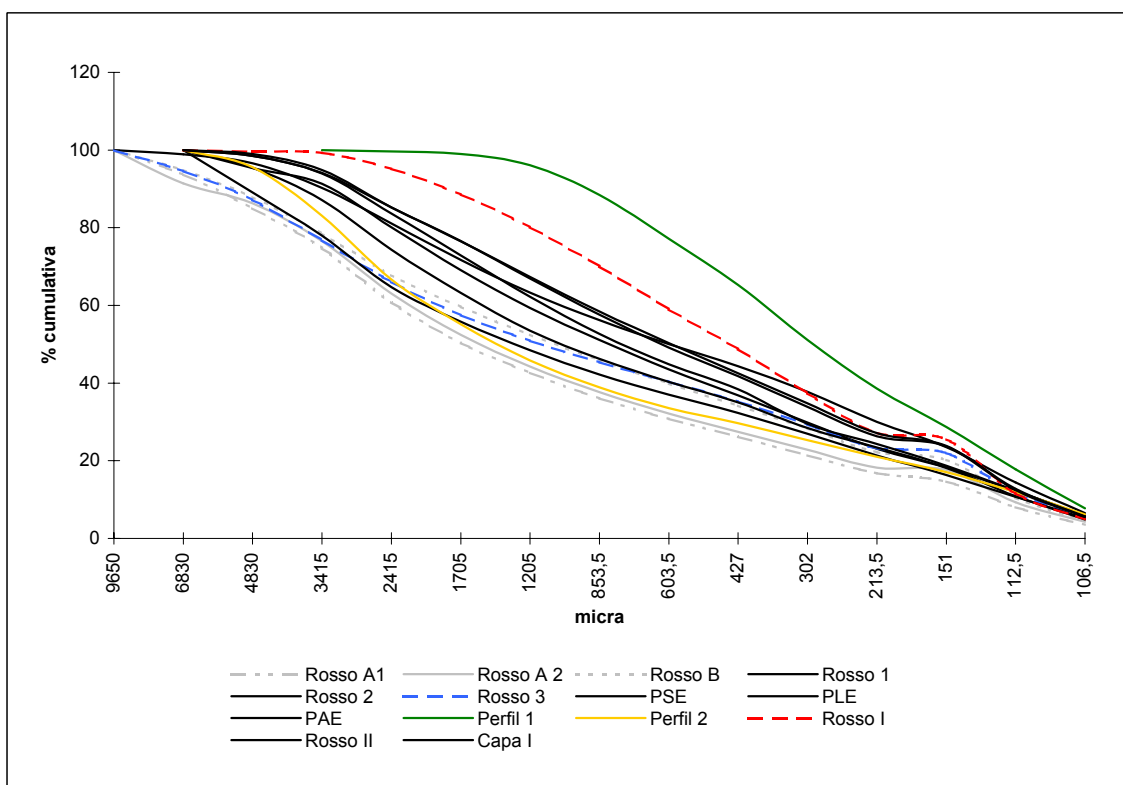
Os rossos escavados nas frentes de desmonte frescas e inactivas das Saibreiras (canais transversos, segundo o perfil vertical) caracterizam-se por uma **fracção arenosa superior a 50 percentagens** (dos quais 30 % são areia grossa) equilibradas por porções de **saibro e silte em partes iguais (20%) e vestígios de cascalho e argilas**. Esta distribuição sugere um alto grau de arenização com alguma retenção de finos (silte).

A maioria dos perfis assim obtidos corresponde a frentes inactivas, sendo apenas duas as amostras de perfis de frentes de desmonte activas, a saber, Perfil 1 e 2 da Saibreira do Monte de Vasconcelos. Salienta-se que as diferenças detectadas entre frentes de desmonte frescas e recentes se reportam a uma diminuta base experimental

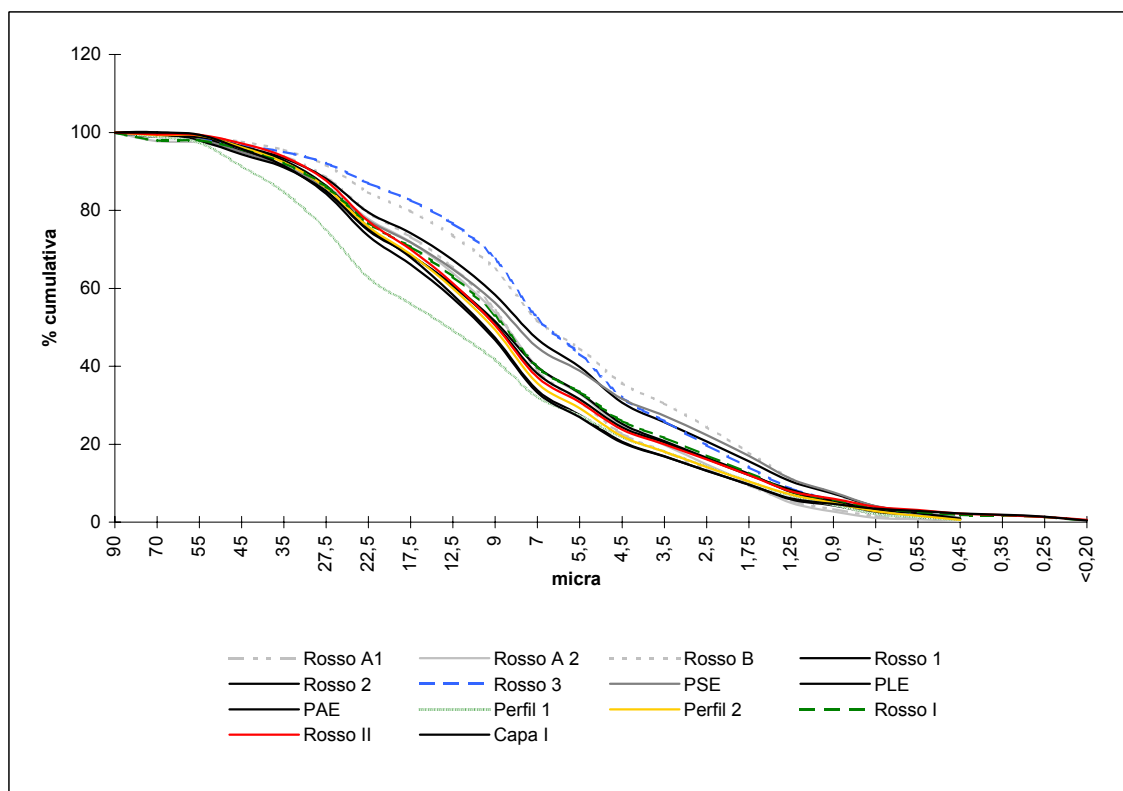
O perfil granulométrico da fracção  $> 100 \mu\text{m}$  das frentes da desmonte apresenta uma **configuração das curvas aproximadamente rectilínea**, sem declives acentuados, o que traduz uma distribuição homogénea das dimensões das partículas (Fig. 3.1).

Constituem excepção a este perfil granulométrico os casos seguintes:

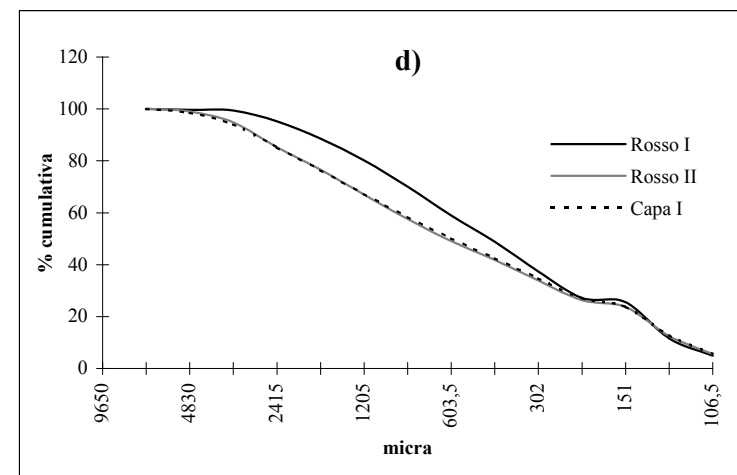
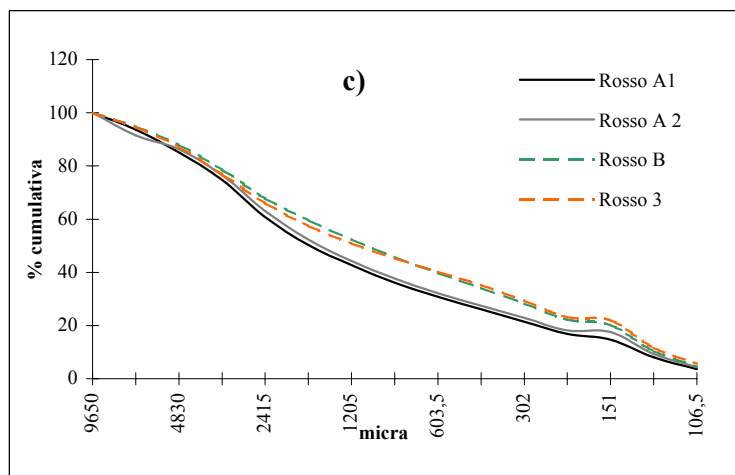
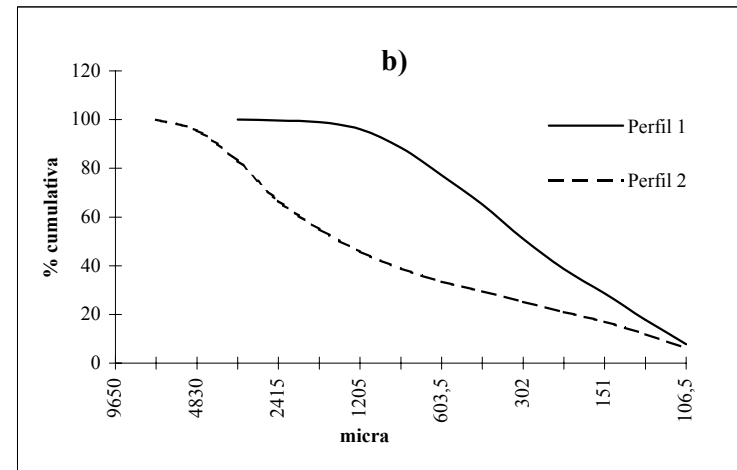
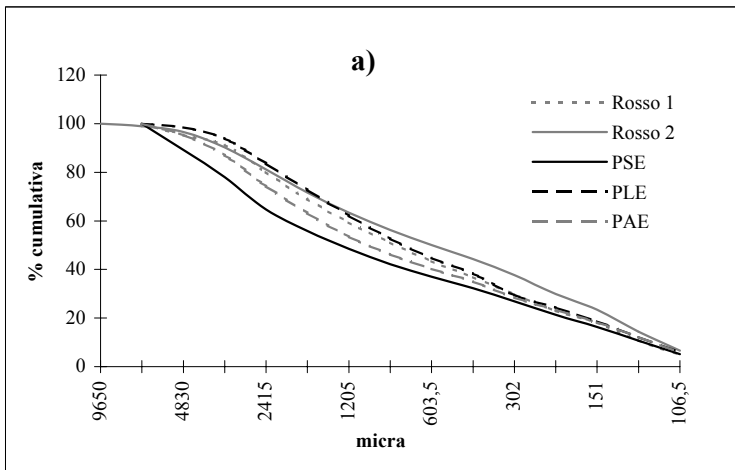
- A curva do Perfil 1 foge à regra do padrão rectilíneo na medida em que apresenta uma convexidade entre  $100 \mu\text{m}$  e  $1000 \mu\text{m}$  que denuncia **80 % de areia** nesta amostra. Já na fracção  $< 100 \mu\text{m}$  (Fig. 3.2) esta amostra destaca-se por ter **menores percentagens de silte e argila** que a generalidade das frentes, possivelmente devido ao transporte e carga efectuado pela escorrência de água ao longo da diaclase que o separa do Perfil 2.
- O Rosso I de CC tem igualmente maior percentagem de areia que o padrão das frentes de desmonte, no entanto distingue-se do caso anterior por possuir **mais saibro** o que aproxima a curva granulométrica padrão das frentes de desmonte consideradas. Quanto à fracção  $< 100 \mu\text{m}$  a curva define-se dentro dos parâmetros gerais das amostras.
- Uma análise desdobrada do padrão das curvas revela num grupo restrito de amostras das duas Saibreiras (Fig. 3.3 c e d) uma curvatura discreta **no intervalo  $112.5 \mu\text{m}$  e**



**Fig 3.1** - Perfil granulométrico da fracção > 100 micra Frentes de desmonte das Saibreiras do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos.



**Fig 3.2** - Perfil granulométrico da fracção < 100 micra das frentes de desmonte das Saibreiras do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos.

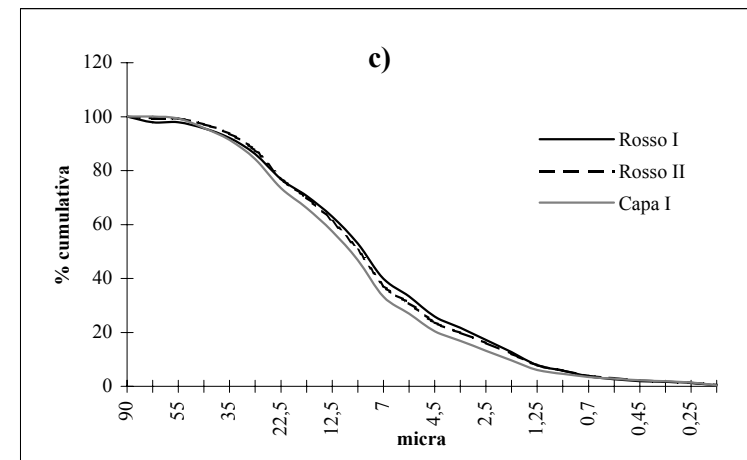
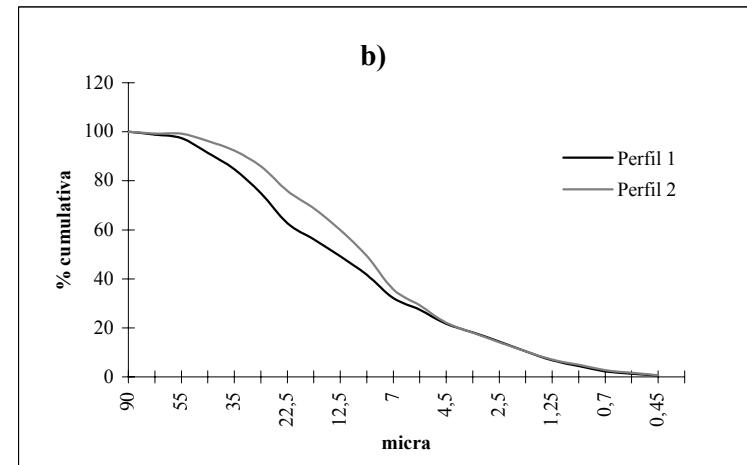
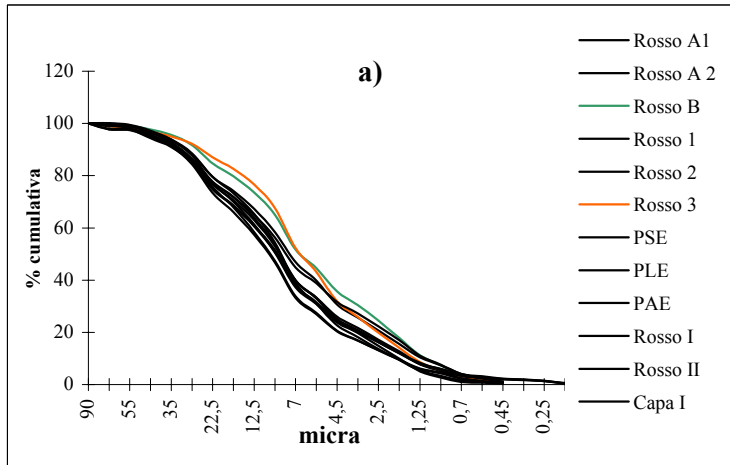


**Fig. 3.3** - Perfis granulométricos das fracções > 100 micra das frentes de desmonte inactivas (**a**, **c** e **d**) e activas (**b**) da saibreira do Monte de Vasconcelos.



**213  $\mu\text{m}$** , que não é exclusivo das frentes de desmonte pois também figura no perfil granulométrico do solo natural de Cancela de Chãos (Fig. 3.5 b) e Lamas 1 e 2 do Monte de Vasconcelos (Fig.3.8). É possível que se trate de um fenómeno de agregação de partículas entre 213  $\mu\text{m}$  e 151 $\mu\text{m}$  (já que neste intervalo há uma quebra de percentagem cumulativa) e que resultou num incremento da fracção 151  $\mu\text{m}$ -112.5  $\mu\text{m}$ .

Por último, salienta-se o Rosso 3 (MV) que apesar de se enquadrar no perfil granulométrico da fracção > 100  $\mu\text{m}$ , é a frente de desmonte inactiva com mais silte (34%) e argila (11%) que a generalidade das frentes de desmonte, pelo que se desvia do padrão granulométrico da fracção < 100  $\mu\text{m}$  (Fig. 3.2) sendo os elementos grosseiros distribuídos equitativamente nas categorias de saibro, areia grossa e areia fina (16% cada)(Tabela 3.2). Estes dados sugerem um estado evolutivo da frente inactiva em que os elementos grosseiros ainda se encontram presentes e os mais finos (silte e argila) ainda não foram lixiviados. Note-se que esta frente é considerada a mais ferruginizada das duas Saibreiras (pelo seu tom fortemente alaranjado). Do mesmo modo comparando os Perfis 1 e 2, pertencentes à Saibreira do Monte de Vasconcelos, nota-se que é do lado mais alaranjado da diaclase – Perfil 2 – (Tabela 2.7) da frente tem maiores fracções de silte (Fig. 3.2). A hipótese de se tratar de um fenómeno de agregação secundária por plasmos goethíticos ou argilosos/gibbsíticos será pouco sustentável já que estes não foram detectados nas análises por difractometria de Raio X, nas amostras em causa.



**Fig. 3.4** - Perfis granulométricos das fracções <100 micra das frentes de desmorte inativas (**a**, e **c**) e ativas (**b**) da saibreira do Monte de Vasconcelos.

## 3.2 - Solos naturais e Solos artificiais

### 3.2.1 - SAIBREIRAS

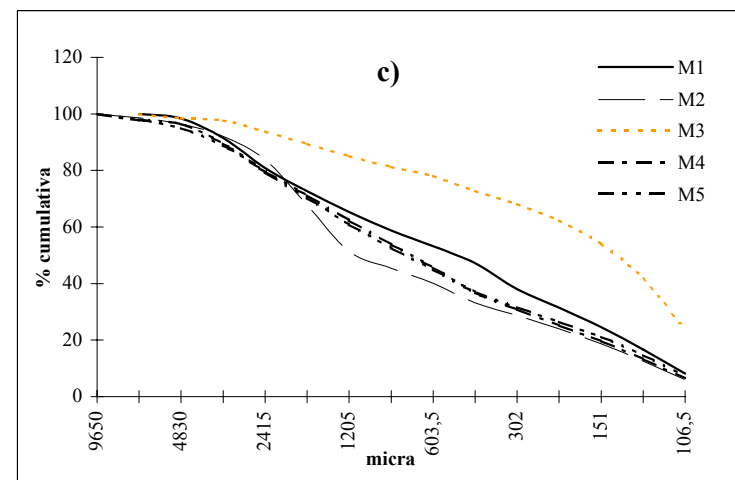
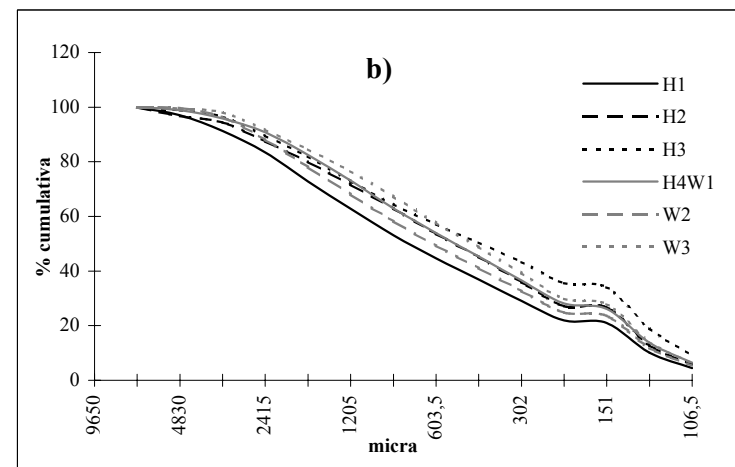
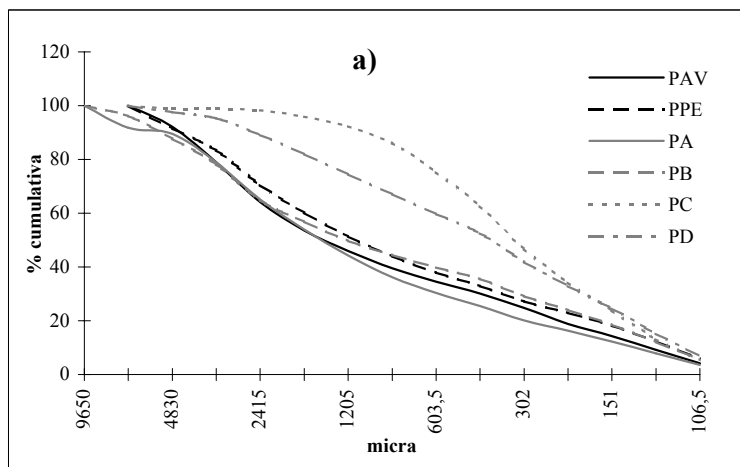
A análise granulométrica das camadas superficiais dos Solos Naturais que cobrem os maciços das Saibreiras revela uma distribuição de partículas em tudo semelhante às frentes de desmonte, ou seja, **50% de partículas arenosas, partes iguais de saibro e silte a 20% e cascalho e argilas a perfazer 30%**.

Com efeito o perfil da fracção > 100  $\mu\text{m}$  dos Solos Naturais (Fig 3.5 a/b) descreve **uma trajectória quase rectilínea**. As curvas dos horizontes mais superficiais situam-se abaixo do padrão uma vez que contêm menos areia e mais saibro e cascalho que os horizontes inferiores. Analisando a fracção mais fina (Fig.3.6) verifica-se o fenómeno inverso: as curvas dos **horizontes superficiais** situam-se acima das outras em virtude da **maior percentagem em silte**.

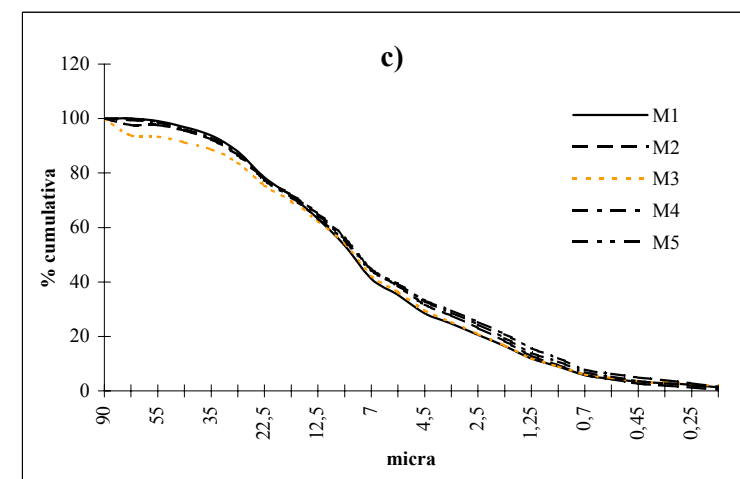
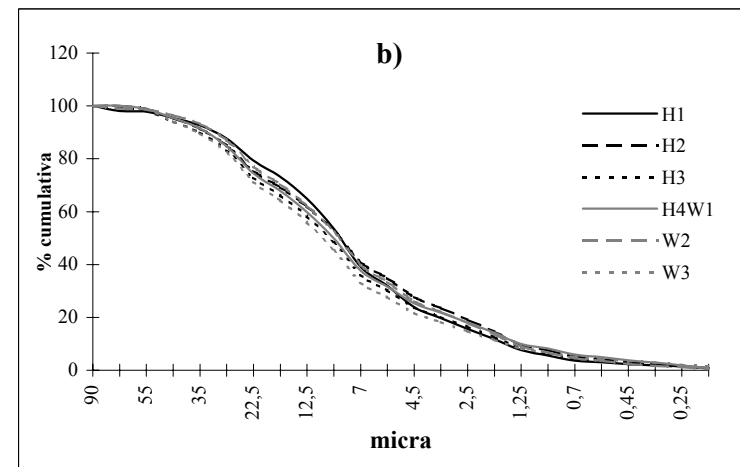
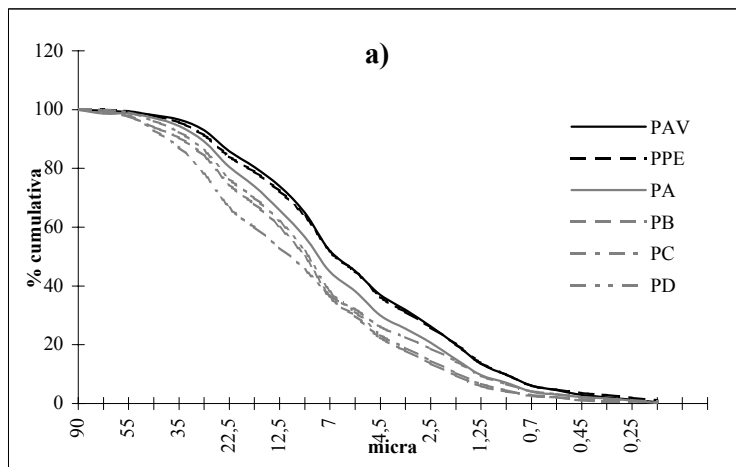
Fazendo uma análise aos primeiros 30 cm de Solo Natural na Saibreira de Cancela de Chãos observa-se, do primeiro para o segundo horizonte mais profundo, uma diminuição das percentagens de cascalho, saibro e areia grossa em detrimento de um aumento de partículas de areia fina, silte e argila (Tabela 3.2).

Na mesma exploração mas analisando o Solo Artificial verificamos que a fracção > 100  $\mu\text{m}$  revela um dos horizontes com granulometrias mais atípicas (Fig. 3.12). Efectivamente, a curva do horizonte M3 parece assemelhar-se à das Lamas das Saibreiras em que as granulometrias inferiores a 151  $\mu\text{m}$  surgem realçadas. É conveniente esclarecer que o Solo Artificial em causa tem origem precisamente em escombros finos da exploração.

Quanto à fracção < 100  $\mu\text{m}$  (Fig. 3.6), de todas as amostras de solos naturais e o artificial, não há diferenças relevantes a não ser as amostras PAV e PPE recolhidas em solo florestal intacto e na raiz de um pinheiro respectivamente (ver Fig. 2.15), que têm maior percentagem relativa de argila, que ainda assim não se desvia significativamente do padrão.



**Fig. 3.5** - Perfis granulométricos das fracções > 100 micra dos solos naturais (a e b) das saibreiras do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos, e do solo artificial (c) de Cancela de Chãos.



**Fig. 3.6** - Perfis granulométricos das fracções < 100 micra dos solos naturais (a e b) das saibreiras do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos e do solo artificial (c) de Cancela de Chãos.

### 3.2.2 - PEDREIRAS

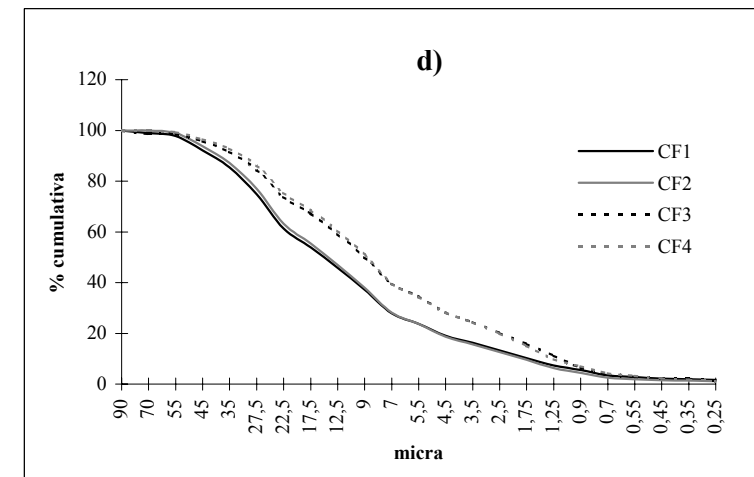
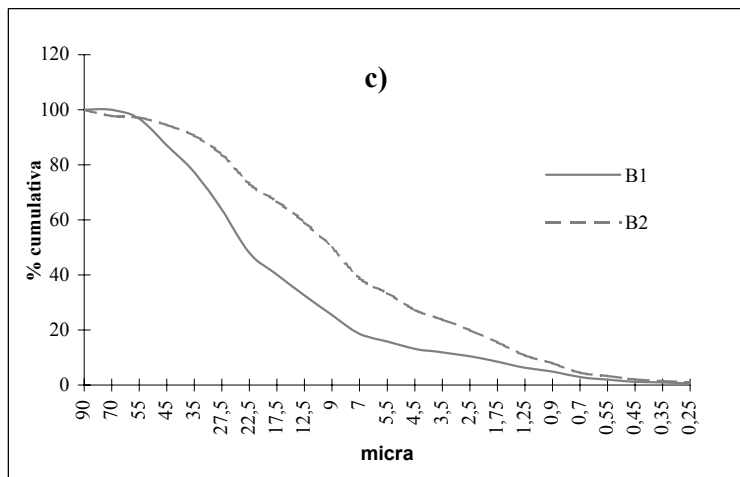
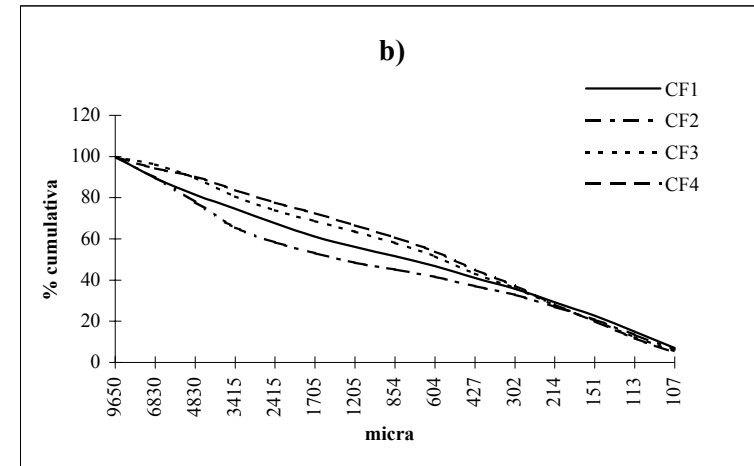
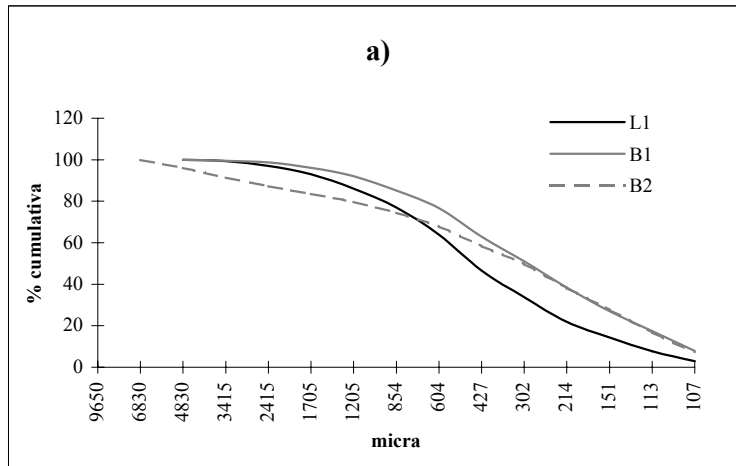
Quanto aos solos artificiais das PEDREIRAS foram recolhidas duas classes de materiais: materiais da base das escombreyras de grosseiros e materiais das concavidades de rocha nua.

No universo das amostras de solos recolhidas em todas as explorações verificou-se que é nas Pedreiras que ocorrem as **menores percentagens de silte e argila (12% e 4% respectivamente)**, como era de esperar.

Os perfis granulométricos dos solos desenvolvidos nas diferentes concavidades do maciço da Pedreira da Bouça do Castro em Amares revelam que os **solos menos desenvolvidos (CF1 e CF2) têm maiores percentagens de cascalho e areia fina**, pelo que as respectivas curvas granulométricas da fracção > 100 µm se situam abaixo das curvas dos solos com maiores profundidades (CF3 e CF4) (Fig. 3.7 b). Estes, por sua vez, apresentam menos cascalho mas têm mais areia grossa que as anteriores. É possível que a areia grossa seja proveniente da sub-granulação entretanto sofrida pela fracção de cascalho, já que esta diminui com a profundidade dos solos, nos respectivos perfis da fracção < 100 µm (Fig. 3.7 d) se verifica o agrupamento dos solos mais recentes em oposição aos mais maduros; Com efeito, nos **solos mais maduros a fracção argilosa é ligeiramente superior**.

Em análise vertical do perfil de dois horizontes B1 e B2 da escombreyra da Pedreira de Póvoa de Lanhoso, constata-se que:

- O **material de escorrência -L1-** é essencialmente arenoso com percentagens de areia superiores a 85% (Tabela 3.2);
- A fracção > 100 µm da mesma linha de escorrência diminui drasticamente com a distância percorrida: B1 está na frente de escorrência e tem 24% enquanto que L1 situa-se a 9 m da frente de escorrência e tem 7% de partículas > 100 µm (Tabela 3.4);
- Na frente de escorrência o **horizonte inferior (B2) destaca-se por acumular algum cascalho, mas sobretudo mais silte** que B1 que é arenoso (Fig. 3.7 c). Note-se o registo da análise macroscópica (Tabela 2.1) em que B2 se apresenta uma maior concentração de raízes e retenção de humidade que em B1.



**Fig. 3.7** - Perfis granulométricos das frações > (a e b) e < (c e d) 100 micra dos solos artificiais das pedreiras de Póvoa de Lanhoso (a e c) e Amareis (b e d).

### 3.3 - Lamas artificiais de Pedreiras e Saibreiras

Neste trabalho as amostras de Lamas são definidas como **materiais artificiais ou rejeitados** de granulometrias finas que na presença de água apresentam **plasticidade** e que **após secagem consolidam com fe ndas de dessecação**. Estas propriedades foram aferidas em campo e também em laboratório através da desidratação das amostras em estufa. Com efeito, nem todas as amostras catalogadas como Lamas, demonstraram ambas as propriedades:

- Lamas AC (MV) apesar de terem alguma plasticidade (enquanto hidratadas) não consolidaram após a passagem pela estufa.
- Amostra M3 do perfil de escombros finos da Saibreira de Cancela de Chãos consolidou após a desidratação mas sem evidenciar plasticidade macroscopicamente.

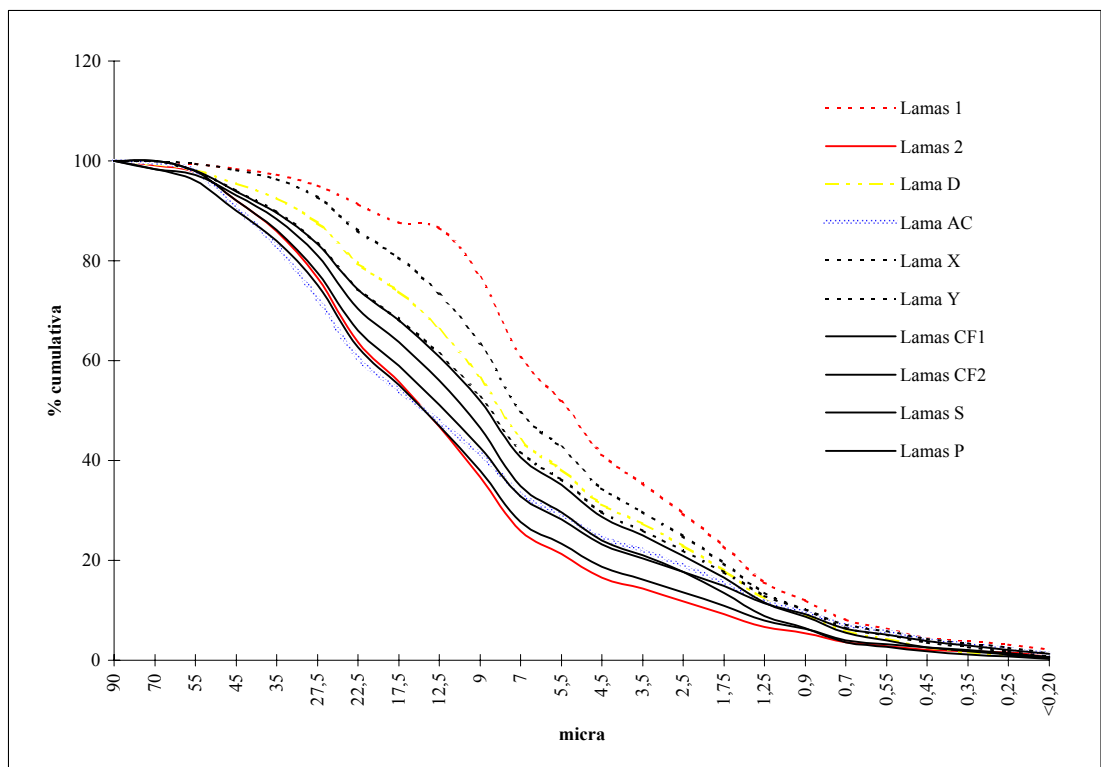
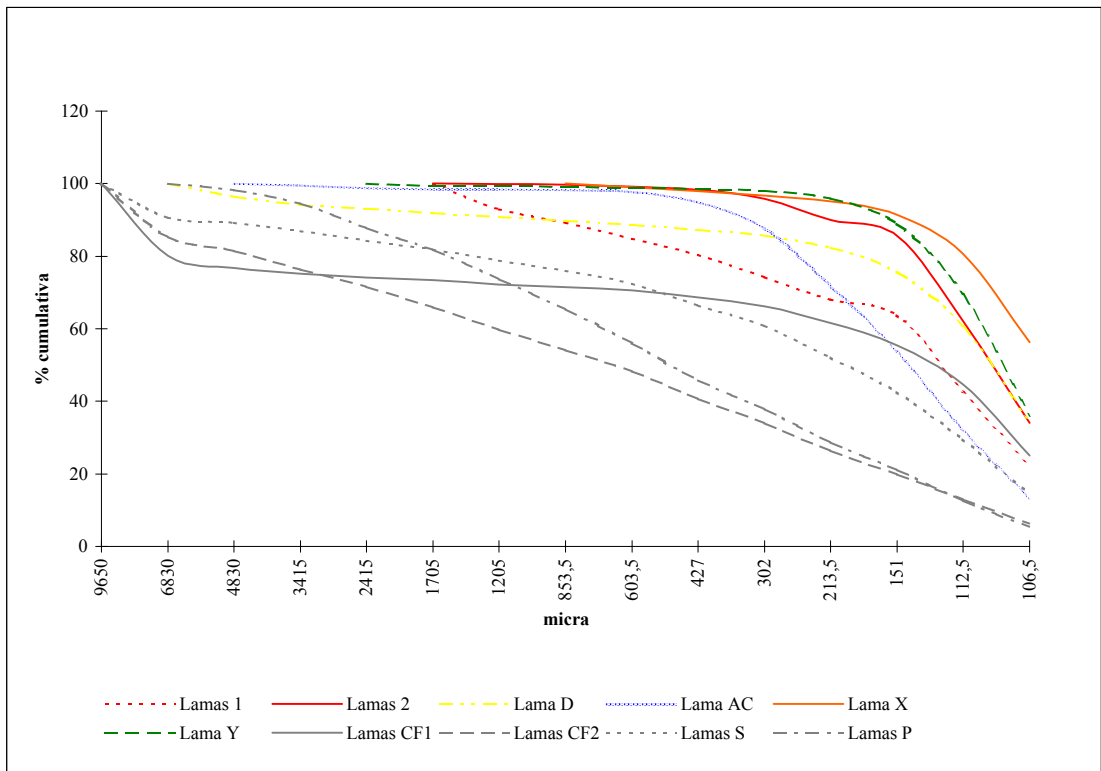
Com a excepção das Lamas CF2 e Lamas P (ambas de pedreiras) pode-se dizer que o perfil granulométrico da fracção > 100 µm das Lamas estudadas caracteriza-se por uma **curva em C com uma média de 30 % de areia fina** (Fig. 3.8 e Tabela 3.2). É contudo na fracção < 100 µm que são detectadas as maiores diferenças entre as Lamas das Pedreiras e Saibreiras que se reflecte no gráfico da fracção > 100 µm, através da zonalidade das curvas das Lamas das Pedreiras (a negro) em relação às das Saibreiras.

Relativamente à presença de partículas grosseiras de **cascalho nas Lamas** importa realçar que são praticamente **vestigiais nas Saibreiras**. Especificamente na Pedreira da Bouça do Castro em Amares, as Lamas contêm cerca de 10% de cascalho. Neste último caso a origem do cascalho é atribuída à **contaminação** a partir da escombreira de grosseiros que se localiza acima do nível a que foram recolhidas as amostras.

#### 3.3.1 - Lamas Saibreiras *versus* Lamas Pedreiras

O perfil granulométrico da fracção < 100 µm das Lamas caracteriza-se de um modo geral por percentagens crescentes de argila, silte e areia fina. Uma análise detalhada da distribuição das granulometrias (Tabela 3.2) demonstra que as **Lamas de Saibreira contêm o dobro das percentagens de silte e argila (40 e 18%) das Lamas das Pedreiras (20 e 7%)**, o que em parte justifica a zonalidade das curvas da fracção > 100 µm, acima referida (Fig. 3.9). Estas diferenças podem ser justificadas pelo facto de à partida as Saibreiras caracterizarem estados de meteorização mais avançados do granito relativamente às Pedreiras, para além de a subgranulação artificial das frentes de desmonte nas Saibreiras ser mais frequente.





**Fig. 3.9** - Perfil granulométrico da fracção <math> < 100 \mu\text{m}</math> das lamas das pedreiras de Póvoa de Ianhoso e Amares e das saibreiras do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos.

### 3.3.2 - Lamas em Suspensão *versus* Lamas Sedimentadas

Pretendeu-se ilustrar possíveis características das Lamas em suspensão nas águas de poças e lagoas e distingui-las das que se encontram nos respectivos fundos de sedimentação ou mesmo das que daí foram extraídas e acumuladas em escombrelas de finos. É importante salientar que factores como a pluviosidade, topografia, tempo de sedimentação, temperatura, entre outros, influenciam em grande medida a mobilidade das partículas, pelo que tendo em conta os critérios de recolha das amostras sugerem a tipologia das lamas que consta na Tabela 3.3:

Exploração	Lama Suspensão/Escorrência	Lama Sedimentada
Saibreira do Monte de Vasconcelos	Lama 1	Lama 2
	Lama D	Lama AC
Saibreira de Cancela de Chãos	Lama X	Lama Y
Pedreira da Bouça do Castro - Amares	Lama CF1	Lama CF2
Pedreira de N <sup>a</sup> S <sup>a</sup> do Amparo – Póvoa de Lanhoso	Lama S	Lama P

**Tabela 3.3** – Tipologia/Nomenclatura das Lam

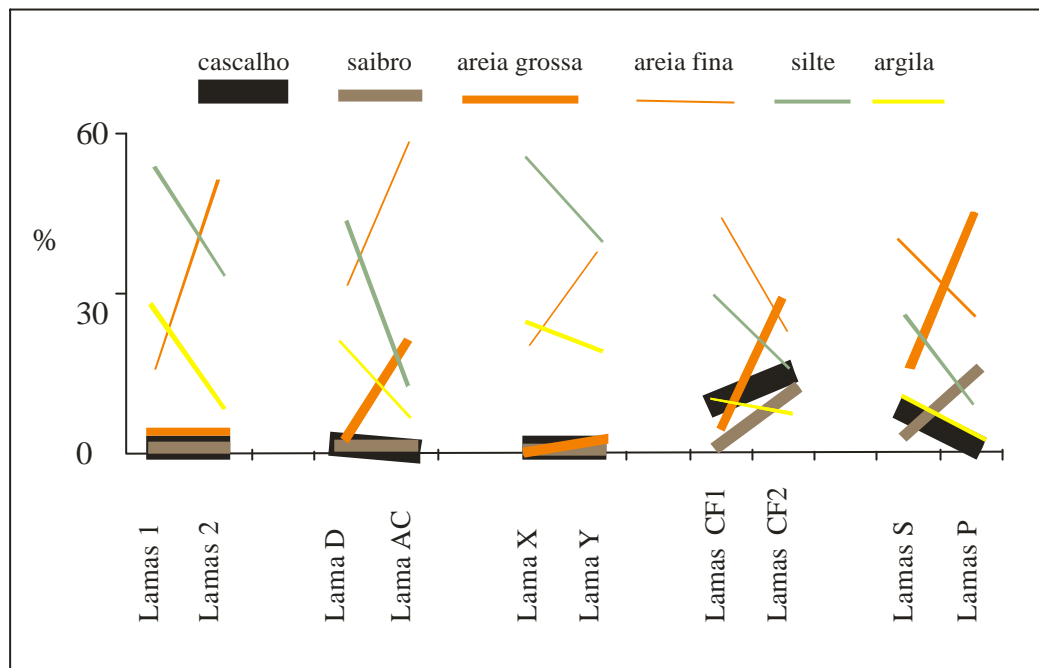
Em termos gerais as **Lamas em Suspensão** possuem picos de frequência na fracção de **areia fina** das Pedreiras, e na fracção de **silte** das Saibreiras.

As **Lamas Sedimentadas** caracterizam-se por picos granulométricos de **areia grossa** nas Pedreiras e **areia fina** nas Saibreiras, com a excepção das Lama Y que tem percentagens de areia fina e silte semelhantes.

Relativamente à distribuição das granulometrias é possível verificar por observação do gráfico da Fig. 3.10 que:

- As **Lamas em Suspensão** apresentam **percentagens de argila e silte muito superiores**, relativamente às **Lamas Sedimentadas** (embora nas Pedreiras seja menos evidente). Este fenómeno chama a atenção para a importância das águas como meio de transporte de partículas minerais mesmo após decantação parcial.

- As **Lamas de Sedimentação** contêm maiores percentagens de **areia grossa** que as **Lamas de Suspensão**; Nos casos em que as Lamas Sedimentadas têm baixas percentagem de areia grossa as respectivas Lamas de Suspensão apresentam valores igualmente baixos;
- Nas Pedreiras o **saibro** é preferencialmente acumulado na fracção Sedimentada e nas **Lamas das Saibreiras é praticamente inexistente**.
- Ao contrário do que se verifica nas Saibreiras, as **Lamas em Suspensão das Pedreiras contêm maiores fracções de areia fina (média 40%)** que os respectivos Sedimentos (média de 25%).



**Fig. 3.10** - Granulometrias de Lamas em Suspensão/Escurrência *versus* Lamas Sedimentadas (dados da Tabela 3.2).

### 3.3.3 - Fenómenos de Agregação e Dispersão

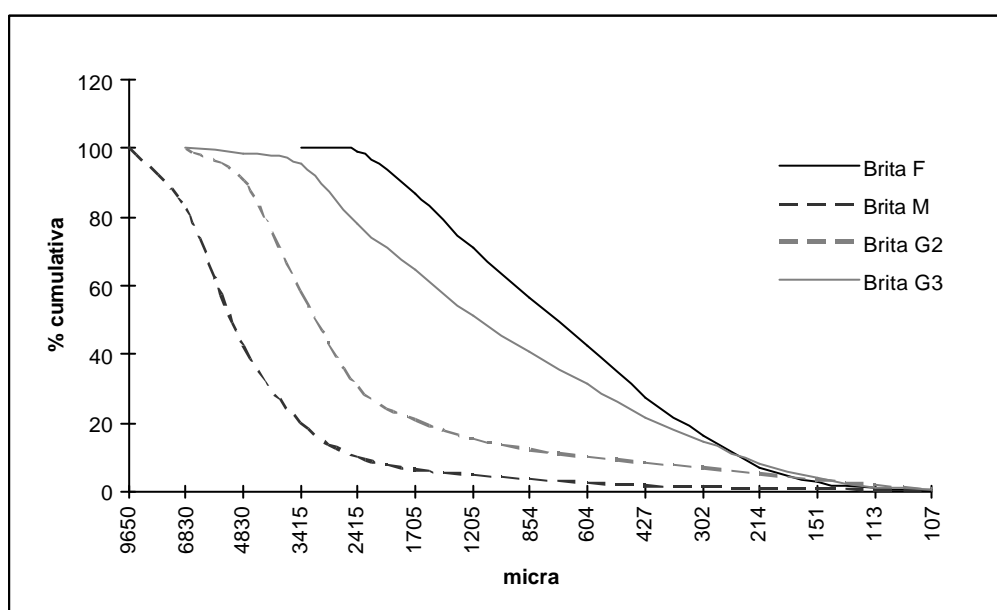
Examinando detalhadamente as curvas granulométricas da fracção > 100 µm das **Lamas 1 e 2** da Saibreira do MV (Fig.3.8) denota-se uma inflexão localizada no **intervalo 151 µm e 302 µm** à semelhança do que foi descrito a respeito das frentes de desmonte e os solos das Saibreiras. Estes fenómenos poderão passar por uma **agregação** de partículas no intervalo 151-213.5 µm e conseqüente aumento da fracção 213.5-302 µm ou, por outro lado podem dever-se à **dispersão** da fracção de saibro e areia fina pertencente ao intervalo 302-151µm e concomitante aumento do intervalo de areia fina, com dimensões entre 151-112.5 µm.

### 3.4 - Britas das Saibreiras

A análise granulométrica das Britas das Saibreiras efectuou-se apenas na fracção > 100 µm, dados os valores vestigiais de silte e argila encontrados em apenas três das amostras e que rondam em conjunto 3% da amostra, pelo que foram desprezados. As amostras de elementos mais grosseiros, a saber Britas G de Cancela de Chãos e Brita G1 do Monte de Vasconcelos, caracterizam-se por calibres superiores a 32 mm.

Assim podem definir-se três categorias de Britas:

- **Britas Grosseiras** (Brita G e Brita G1 com partículas maiores que cascalho e diâmetro superior a 32 mm);
- **Britas Médias** (Brita M e Brita G2) curva e S com partículas grosseiras de **cascalho** 57 % e 69% de **saibro** respectivamente;
- **Britas Finas** (Britas F e Brita G3) curva em S menos acentuada com fracções de **areia grossa** superiores a 50%.



**Fig. 3.11** - Perfil granulométrico da fracção > 63 µm das Britas das Saibreiras.

É de realçar a ausência de elementos finos tais como o silte e a argila e as percentagens vestigiais de areia fina que não ultrapassam os 7 %.

Exposto isto, compreende-se que **após a comercialização das Britas** a proporção de partículas finas de silte e argilas aumente nas Saibreiras, facto este comprovado pelo perfil granulométrico das respectivas Lamas e as percentagens ínfimas de saibro nas Lamas das Saibreiras.

### 3.5 - Materiais do Barreiro

Relativamente aos perfis do Barreiro de Papagaios na Vila de Prado recorda-se que correspondem a um perfil natural – Pereira AG - com horizontes definidos ao longo de um talude inactivo, caracterizado pela presença de pequenos seixos a um segundo perfil – Pereira 1.4 – com as camadas mais superficiais contaminadas com lamas de saibro provenientes de um estaleiro localizado numa cota superior.

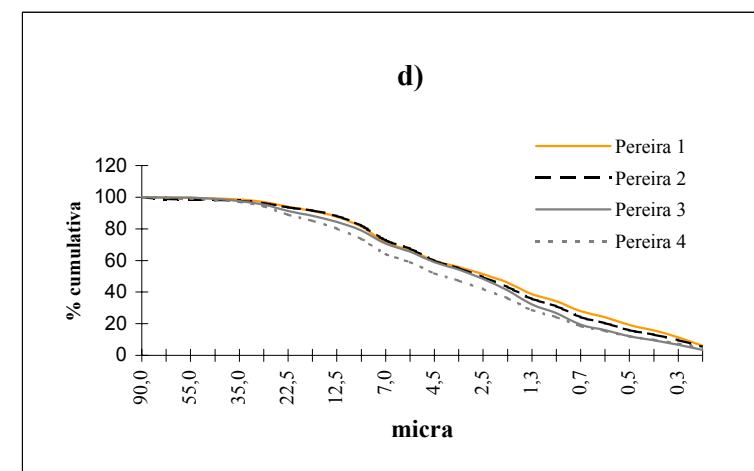
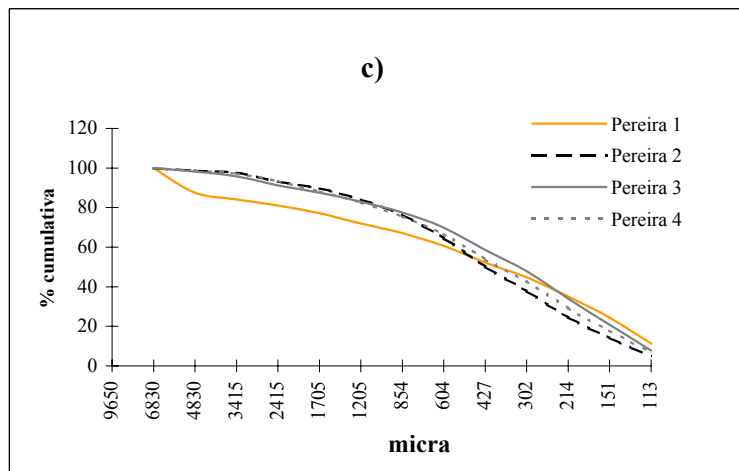
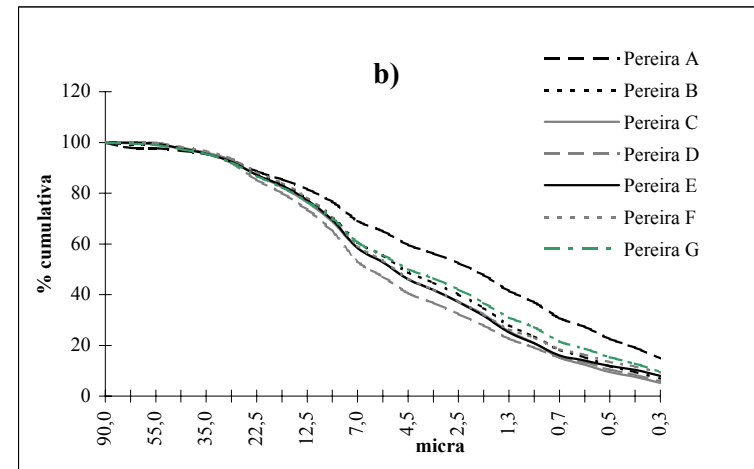
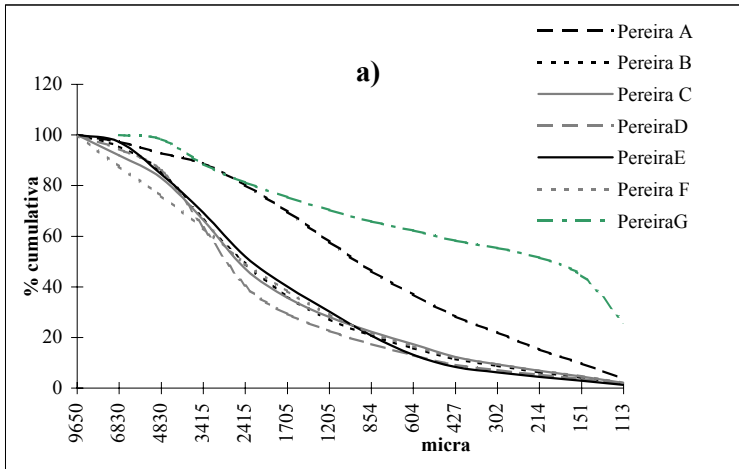
Observando a distribuição das granulometrias (Tabela 3.2) sobressai a diferença entre os dois perfis: enquanto que no Perfil Natural dominam as fracções de **saibro e silte**, o Perfil contaminado com lamas de saibro é predominantemente formado por **silte e argila**.

Analisando as curvas granulométricas da fracção > 100 µm (Fig.3.12 a) surge destacada a **curva em C**, análoga à definida na discussão sobre as Lamas, e que corresponde à amostra do **barro explorado** (Pereira G). A presença de **seixos/clastos/cascalho no Perfil Natural** é ilustrada nas **curvas em Z** das restantes amostras, que se assemelham às Britas Médias referidas anteriormente.

Em ambos os Perfis, as curvas cumulativas das fracções > 100 µm (Fig. 3.12 a e b) evidenciam, a **discrepância entre os horizontes superficiais** (Pereira 1 e Pereira A), que servem de substrato à vegetação e **os horizontes inferiores**. Os dados da fracção < 100 µm (Fig. 3.12 c e d) e a Tabela 3.2 explicitam que os horizontes superficiais destes Perfis tendem, relativamente aos seus inferiores, para uma diminuição dos elementos grosseiros e um aumento de partículas mais finas. Assim confirma-se que, com o aumento da profundidade :

- No perfil natural (Pereira A-G) ocorre uma diminuição de cascalho e saibro e aumento de areia grossa e argila;
- No perfil contaminado com lamas de saibro (Pereira 1-4) ocorre uma diminuição de cascalho e areia grossa e um aumento de silte e argila.

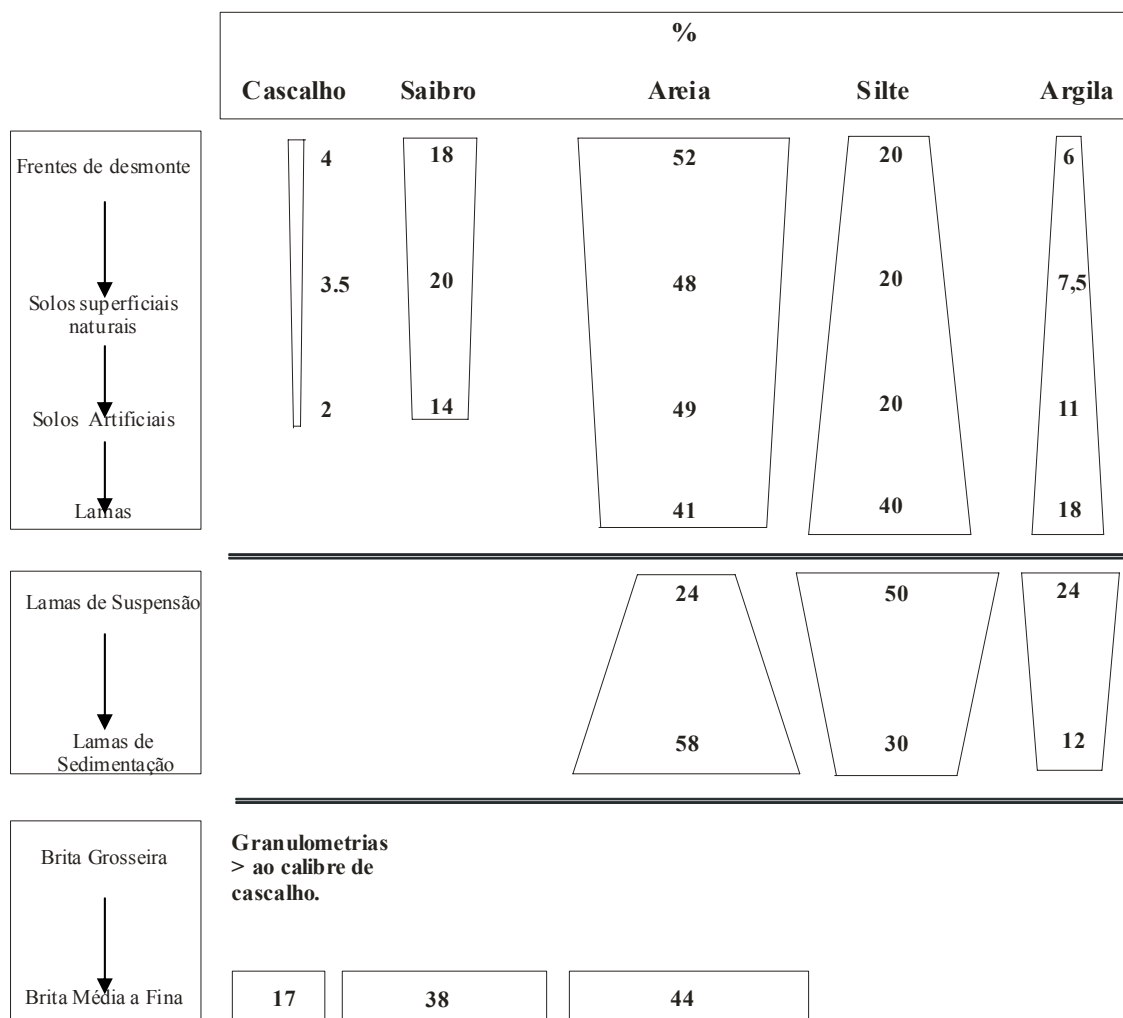
Recorde-se que estas relações foram igualmente verificadas nos Solos Naturais e Artificiais das Pedreiras e Saibreiras pelo que se presume que as raízes da vegetação retêm de alguma forma as partículas mais finas de silte e argila e que os elementos mais grosseiros tenham tendência para caracterizar os estratos mais profundos dos perfis.



**Fig. 3.12** - Perfis granulométricos das frações > e < 100 micra da frente de desmonte natural (a e b) e do perfil contaminado com lamaz de britagem de saibro do barreiro de Papagaios.

## CONCLUSÕES:

O Esquema seguinte representa as tendências granulométricas de cada um dos materiais que compõem os sistemas extractivos de saibro.



**Fig. 3.13** – Evolução granulométrica dos materiais desagregáveis das SAIBREIRAS.

Conclui-se que o perfil granulométrico da superfície das frentes de desmonte não difere muito do que é típico dos solos naturais, o que permite relacionar a inevitável desagregação do material superficial das frentes activas ou mesmo inactivas como **provável contributo para a formação dos solos artificiais das explorações.**

Após a extracção e britagem *in loco*, não só são retiradas as granulometrias de maior calibre (britas e areias), como ainda aumentam as fracções de silte e argila que se acumulam nas Lagoas, sob a forma de Lamas, e nas Escombreyras de finos. Através do método desenvolvido foi possível verificar que **as Lamas de Suspensão das Lagoas transportam mais do dobro de silte e o triplo da argila que chegam a sedimentar.** Deste modo é demonstrada a importância

de **monitorizar os processos de decantação** para além da concepção de Lagoas que impeçam o extravasamento águas com teores indesejáveis de materiais com granulometrias tão finas.

Em termos globais as principais diferenças encontradas entre as Lamas Sedimentadas das Saibreiras e os respectivos solos de escombreira relacionam-se com a ausência da fracção grosseira (cascalho e saibro) e o aumento das fracções finas (areia, silte e argila). Tais resultados podem significar que **o solo artificial em causa resulta não só do aproveitamento das Lamas de sedimentação como ainda de rejeitados de saibro e cascalho** que diminuem a proporção de areia, silte e argila.

---

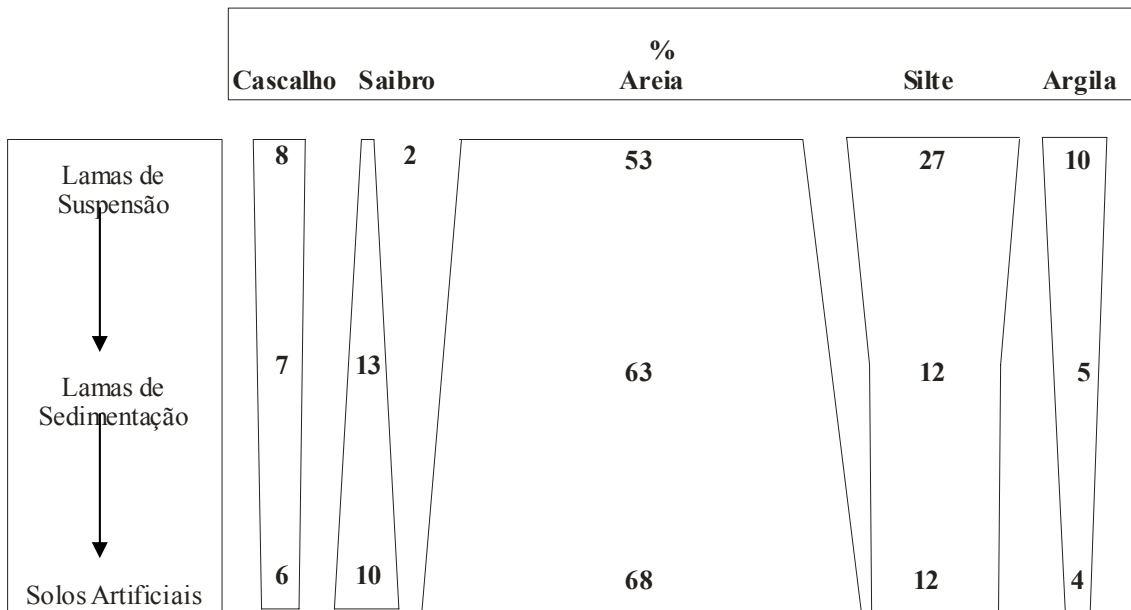
No caso das PEDREIRAS a dinâmica que se pode estabelecer relativamente aos materiais desagregáveis reporta-se à conversão de Lamas em Suspensão em Lamas Sedimentadas e posterior evolução para Solos artificiais (Fig 3.13).

Com a diferença de que as Lamas das Pedreiras possuem menos silte e argila e mais areia que as Lamas das Saibreiras, notam-se as **mesmas tendências evolutivas dos materiais finos**, ou seja, a perda de finos pelos solos artificiais e o ganho de grandes percentagens de areia e saibro relativamente às respectivas Lamas. Quanto ao **cascalho**, verifica-se que surge sempre em **percentagens superiores nas Pedreiras** enquanto que nas Saibreiras aparece praticamente sob a forma vestigial. Recorde-se que a amostragem de solos artificiais nas Saibreiras incidiu apenas num talude com origem nas lamas de decantação das lagoas pelo que as análises granulométricas efectuadas não poderão reflectir a pedregosidade que dos mesmos, pelo que serão os clastos os objectos geológicos analisados neste estudo, sobretudo na vertente petrográfica.

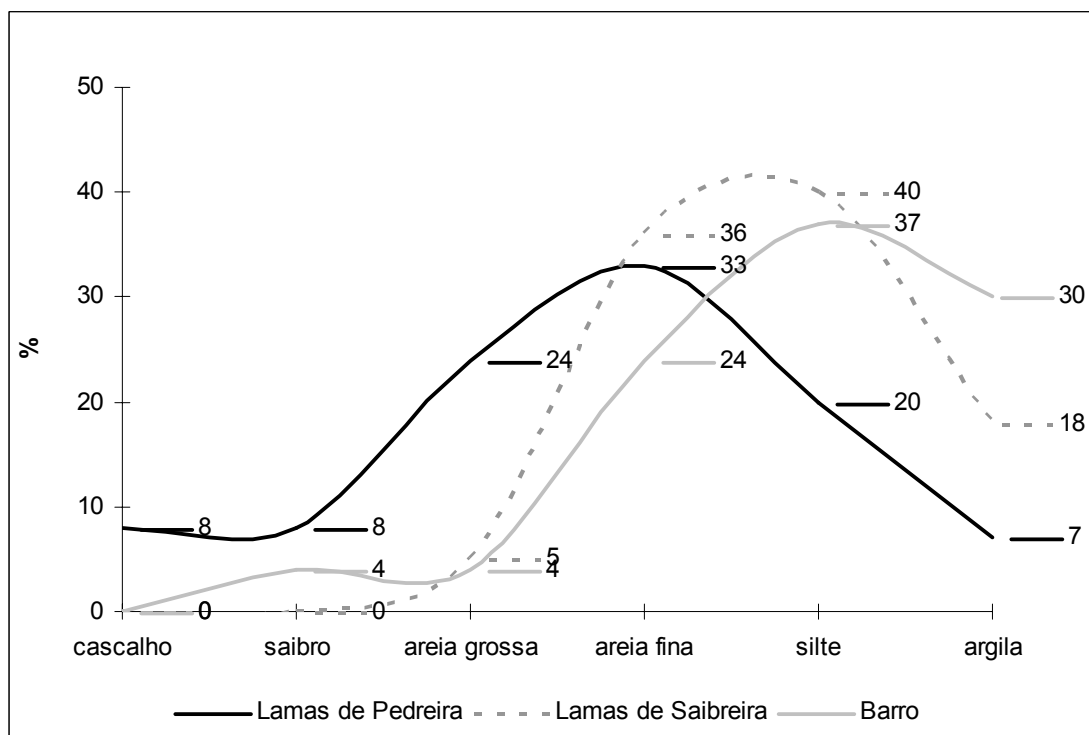
---

Por último, e comparando os **materiais finos** dos três tipos de exploração – PEDREIRAS, SAIBREIRAS e BARREIRO - constatamos que o perfil das Lamas das Saibreiras aproxima-se mais do barro maciço extraído de Papagaios (correspondente ao horizonte Pereira G) do que das Lamas das Pedreiras (Fig. 3.28). Esta semelhança prende-se com as percentagens de areia e silte que nas Lamas das Pedreiras são superiores e inferiores respectivamente, para além de terem cascalho.





**Fig. 3.14** – Dinâmica dos perfis granulométricos dos materiais desagregáveis das PEDREIRAS.



**Fig. 3.15** - Perfis granulométricos dos finos das Pedreiras, Saibreiras e Barreiro. O Barro representa a amostra Pereira G que constitui o material com granulometrias mais finas e homogêneas e que constitui a massa mineral explorada do Barreiro de Papagaios. (Os dados foram extraídos da Tabela 3.2)

**PÓVOA DE LANHOSO**

peneiro (mm)	ponto médio (micra)	L1	B1	B2	Lamas S	Lamas P
11,3	9650				100	
8	6830			100	88	100
5,66	4830	100	100	96	87	98
4	3415	99	99	90	84	94
2,83	2415	97	99	86	81	87
2	1705	93	96	82	78	80
1,41	1205	85	91	77	74	72
1	853,5	76	83	72	70	62
0,707	603,5	62	74	64	66	52
0,5	427	44	58	54	59	41
0,354	302	31	45	44	51	33
0,25	213,5	18	31	31	41	23
0,177	151	10	18	19	29	14
0,125	112,5	3	7	7	13	5
0,1	100					

fracção inferior a 100 micra

diâmetro do intervalo (micra)	ponto médio (micra)	B1	B2	Lamas S	Lamas P
0,1	90	100	100	100	100
0,08	70	100	97,8	98,4	100
0,06	55	96,7	97,3	97,2	97,9
0,05	45	87,1	94,5	93,0	92,1
0,04	35	77,3	90,7	88,4	86,2
0,03	27,5	63,8	83,8	81,0	77,6
0,025	22,5	48,0	73,1	70,3	66,0
0,02	17,5	40,1	66,7	63,7	59,0
0,015	12,5	32,5	59,2	56,0	51,2
0,01	9	25,4	49,9	46,5	42,6
0,008	7	18,7	38,8	34,9	32,8
0,006	5,5	15,9	33,5	29,7	28,2
0,005	4,5	13,2	27,3	24,0	23,1
0,004	3,5	11,9	23,8	21,0	20,4
0,003	2,5	10,5	20,0	17,7	17,7
0,002	1,75	8,5	15,6	13,4	14,8
0,0015	1,25	6,3	10,9	8,9	11,4
0,001	0,9	4,9	8,0	6,4	9,2
0,0008	0,7	2,9	4,6	3,6	6,3
0,0006	0,55	2,0	3,3	2,7	5,1
0,0005	0,45	1,2	2,1	1,8	3,8
0,0004	0,35	0,9	1,5	1,2	3,0
0,0003	0,25	0,6	1,1	0,7	2,1
< 0,0002	.....	0,4	0,8	0,3	1,3

**AMARES**

peneiro (mm)	ponto médio (micra)	Solo CF1	Solo CF2	Solo CF3	Solo CF4	Solo CFB	Lamas CF1	Lamas CF2
11,3	9650	100	100	100	100		100	100
8	6830	88	89	96	94	100	71	84
5,66	4830	79	76	89	90	98	66	80
4	3415	72	62	79	82	94	64	74
2,83	2415	64	55	72	76	90	62	69
2	1705	57	49	66	70	85	61	63
1,41	1205	52	44	61	64	80	59	56
1	853,5	46	40	55	58	72	58	50
0,707	603,5	41	36	48	50	64	57	44
0,5	427	35	31	38	41	51	54	35
0,354	302	29	27	31	32	40	51	28
0,25	213,5	22	20	22	23	27	44	20
0,177	151	14	13	14	14	16	35	12
0,125	112,5	6	5	5	5	6	19	5
0,1	100							

fracção inferior a 100 micra

diâmetro do intervalo (micra)	ponto médio (micra)	Solo CF1	Solo CF2	Solo CF3	Solo CF4	Solo CFB	Lamas CF1	Lamas CF2
0,1	90	100	100	100	100	100	100	100
0,08	70	99	100	99	100	99	98	100
0,06	55	98	99	99	99	96	96	98
0,05	45	92	94	96	97	88	90	94
0,04	35	85	87	92	93	80	84	90
0,03	27,5	75	77	84	86	68	75	83
0,025	22,5	61	63	74	76	55	63	74
0,02	17,5	54	55	67	69	47	55	68
0,015	12,5	46	47	59	60	39	47	61
0,01	9	37	38	50	51	30	38	52
0,008	7	28	28	40	40	21	28	41
0,006	5,5	24	24	35	34	18	23	35
0,005	4,5	19	19	28	28	14	19	29
0,004	3,5	16	16	24	24	13	16	25
0,003	2,5	13	13	20	20	10	14	21
0,002	1,75	10	10	16	15	8	11	17
0,0015	1,25	7	6	11	10	6	8	12
0,001	0,9	6	4	7	7	5	6	9
0,0008	0,7	3	3	4	4	3	4	6
0,0006	0,55	3	2	3	3	3	3	4
0,0005	0,45	2	2	2	2	2	3	3
0,0004	0,35	2	1	2	2	1	2	2
0,0003	0,25	2	1	2	1	1	1	1
0,0002	<0,20	1	1	1	1	1	1	1

**Tabelas 3.4 e 3.5** - Percentagens cumulativas de grão retido, por intervalo de calibre, obtidas através do método de crivos e pipetas. Amostras das PEDREIRAS DE PÓVOA DE LANHOSO e AMARES.

MONTE DE VASCONCELOS

peneiro (mm)	ponto médio (mm)	Rosso A1	Rosso A 2	Rosso B	Rosso 1	Rosso 2	Rosso 3	Lamas 1	Lamas 2	PAV	PPE	PSE	PLE	PAE	Perfil 1	Perfil 2	PA	PB	PC	PD	Lama AC	Lama D	Brita F	Brita M	
11,3	9650	100	100	100	100	100	100										100	100						100	
8	6830	93	91	95	100	99	94			100	100	100	100	100	100	100	91	96	100	100		100		82	
5,66	4830	84	85	87	95	96	86			92	91	88	98	95	95	95	89	87	99	97	100	94		42	
4	3415	73	75	77	91	89	75			78	82	76	93	86	100	82	78	76	99	95	99	90	100	20	
2,83	2415	59	61	66	79	79	63			62	68	62	82	72	100	64	63	62	98	88	99	88	99	10	
2	1705	48	49	57	67	69	54	100	100	51	57	53	70	60	99	51	52	53	96	80	98	86	87	6	
1,41	1205	40	41	49	56	60	47	90	100	43	47	45	59	49	96	41	41	46	92	72	98	84	71	4	
1	853,5	33	34	42	48	52	41	85	99	36	39	38	49	42	87	34	33	40	85	64	98	82	56	3	
0,707	603,5	27	28	36	39	45	35	79	99	31	33	32	40	35	74	28	27	35	73	56	97	81	42	2	
0,5	427	22	23	30	32	39	30	73	97	26	27	27	33	29	61	23	22	30	59	48	94	78	27	2	
0,354	302	17	18	23	25	32	24	64	93	20	21	21	23	22	45	19	16	23	42	36	85	75	16	1	
0,25	213,5	12	13	17	17	23	17	55	82	14	16	15	18	17	31	14	12	18	29	26	65	69	7	1	
0,177	151	10	12	15	12	16	16	49	75	9	11	10	12	11	20	10	8	12	17	17	43	57	2	0	
0,125	112,5	3	4	4	4	6	4	19	33	4	5	4	5	5	8	4	3	5	6	6	16	31	0	0	
0,1	100																								
fracção inferior 100 micra																									
diâmetro do intervalo (micra)	ponto médio (mm)	Rosso A1	Rosso A 2	Rosso B	Rosso 1	Rosso 2	Rosso 3	Lamas 1	Lamas 2	PAV	PPE	PSE	PLE	PAE	Perfil 1	Perfil 2	PA	PB	PC	PD	Lama AC	Lama D			
0,1	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
0,08	70	100	98	99	100	100	99	100	99	100	100	99	100	99	99	99	99	99	99	99	100	100	99		
0,06	55	99	97	99	99	99	98	99	98	99	99	98	98	99	97	99	99	98	98	99	98	98	98		
0,05	45	97	95	98	96	95	97	99	92	98	98	95	94	96	91	96	97	94	93	96	91	96			
0,04	35	94	92	96	93	91	95	97	86	97	96	91	91	93	85	92	94	90	87	92	83	93			
0,03	27,5	89	86	92	88	85	92	95	76	93	91	86	85	86	75	86	89	84	78	86	72	88			
0,025	22,5	80	78	85	80	75	87	91	64	86	84	77	75	76	63	76	80	74	67	76	60	79			
0,02	17,5	73	72	80	74	68	83	88	56	81	79	72	68	68	56	69	74	68	60	70	54	74			
0,015	12,5	65	64	74	67	61	77	87	47	74	72	65	61	58	49	60	66	60	53	62	48	66			
0,01	9	54	54	65	58	52	67	77	37	65	64	56	51	47	42	49	57	50	46	52	41	57			
0,008	7	39	40	52	47	40	52	61	26	52	52	45	38	34	32	36	45	36	37	38	33	44			
0,006	5,5	31	33	45	40	33	43	52	21	45	45	39	32	28	27	29	38	30	32	31	29	38			
0,005	4,5	23	25	36	31	25	32	41	17	37	36	32	24	21	22	22	30	22	26	23	25	31			
0,004	3,5	18	20	30	26	21	26	36	14	32	31	27	20	17	18	18	26	18	23	19	22	27			
0,003	2,5	14	15	24	21	17	20	29	12	26	26	22	16	13	14	14	21	14	19	15	19	23			
0,002	1,75	9	10	18	16	12	14	23	9	20	20	17	12	10	11	10	15	10	14	10	15	18			
0,0015	1,25	5	5	11	10	8	9	16	7	14	14	11	8	6	7	7	10	6	9	7	12	12			
0,001	0,9	3	3	7	7	5	6	12	5	10	10	8	5	4	4	5	7	4	7	5	10	9			
0,0008	0,7	2	1	4	4	3	3	8	4	6	6	4	3	2	2	3	4	3	4	3	7	6			
0,0006	0,55	1	1	2	2	2	2	6	3	5	5	3	2	1	1	2	3	2	3	2	6	4			
0,0005	0,45	1	0	1	1	1	1	5	2	3	4	1	1	1	1	1	2	1	2	1	4	3			
0,0004	0,35							4	2	2	3						2	1	2	1	3	2			
0,0003	0,25							3	2	1	2						1	1	1	1	2	1			
0,0002	<0,20							2	1	0	1						0	0	1	0	1	0			

Tabela 3,6 - Percentagens cumulativas de grão retido, por intervalo de calibre, obtidas através do método de crivos e pipetas. Amostras da SAIBREIRA DO MONTE DE VASCONCELOS.

CANCELA DE CHÃOS

peneiro (mm)	ponto médio (mm)	M1	M2	M3	M4	M5	H1	H2	H3	H4W1	W2	W3	Rosso I	Rosso II	Capa I	Lama X	Lama Y	Brita G2	Brita G3
11,3	9650	.....	100	.....	100	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	6830	100	98	100	98	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	.....	.....	100	100
5,66	4830	98	96	98	96	94	97	97	99	99	100	100	100	99	98	.....	.....	90	99
4	3415	90	91	97	89	88	91	94	96	95	96	98	99	94	94	.....	.....	58	95
2,83	2415	78	82	91	78	77	82	87	88	90	87	91	95	84	84	.....	100	29	78
2	1705	69	65	85	68	67	71	78	79	81	76	83	88	75	74	.....	99	20	64
1,41	1205	61	47	79	59	57	60	69	69	71	65	74	79	64	64	.....	98	14	51
1	853,5	54	41	74	49	47	50	60	59	59	55	64	68	54	55	100	98	11	40
0,707	603,5	48	35	69	41	39	41	50	51	49	45	54	56	45	46	97	97	9	31
0,5	427	41	27	61	31	30	33	40	44	40	36	44	45	37	38	94	96	7	21
0,354	302	30	23	55	24	24	24	30	35	31	27	33	33	28	29	91	94	6	14
0,25	213,5	23	17	47	18	19	17	21	27	21	19	23	22	20	21	86	88	4	7
0,177	151	15	12	35	12	13	16	20	25	19	18	21	20	17	17	76	66	2	3
0,125	112,5	6	5	17	5	5	4	5	8	5	5	6	5	5	5	46	7	1	1
0,1	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
fracção inferior 100 micra																			
diâmetro do intervalo (micra)	ponto médio (mm)	M1	M2	M3	M4	M5	H1	H2	H3	H4W1	W2	W3	Rosso I	Rosso II	Capa I	Lama X	Lama Y		
0,1	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
0,08	70	100	98	94	100	99	98	100	99	100	99	100	98	99	100	100	100		
0,06	55	99	98	93	99	99	98	99	98	99	99	99	98	99	99	99	98		
0,05	45	97	96	91	96	96	95	95	94	95	97	94	96	97	96	98	94		
0,04	35	94	92	89	93	93	93	91	90	91	93	90	92	94	91	96	90		
0,03	27,5	88	87	84	87	87	88	85	83	85	87	82	86	88	84	93	84		
0,025	22,5	78	78	76	78	78	79	75	73	75	77	71	77	77	73	86	74		
0,02	17,5	72	72	70	72	71	73	69	66	68	70	64	71	70	66	81	68		
0,015	12,5	63	65	63	65	64	65	62	58	60	62	56	63	61	57	73	61		
0,01	9	53	56	54	56	55	54	53	48	50	52	45	53	51	47	63	53		
0,008	7	41	44	42	45	44	39	41	36	38	40	33	40	37	33	50	42		
0,006	5,5	35	39	36	39	39	32	35	30	32	33	28	33	31	27	43	36		
0,005	4,5	28	32	29	33	33	24	28	24	25	26	22	26	24	20	34	30		
0,004	3,5	25	28	25	29	30	20	24	20	22	22	18	22	20	17	30	26		
0,003	2,5	21	23	21	24	25	16	19	16	18	18	15	17	16	13	25	22		
0,002	1,75	16	18	17	20	21	12	15	13	14	14	11	13	12	10	19	18		
0,0015	1,25	12	13	12	14	16	8	10	8	10	9	8	8	8	6	14	13		
0,001	0,9	9	10	9	11	12	6	8	6	8	7	7	6	6	5	10	10		
0,0008	0,7	6	6	6	7	8	4	5	4	6	5	5	4	4	3	6	7		
0,0006	0,55	4	4	5	5	6	3	4	3	5	4	4	3	3	3	5	6		
0,0005	0,45	3	3	4	4	5	2	3	2	4	2	4	2	2	2	4	4		
0,0004	0,35	3	2	3	3	4	2	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3		
0,0003	0,25	2	1	2	2	3	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	3		
0,0002	<0,20	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1		

**Tabela 3,7** - Percentagens cumulativas de grão retido, por intervalo de calibre, obtidas através do método de crivos e pipetas. Amostras da SAIBREIRA DE CANCELA DE CHÃOS.

**PRADO**

peneiro (mm)	ponto médio (micra)	Pereira A	Pereira B	Pereira C	PereiraD	PereiraE	Pereira F	PereiraG	Pereira 1	Pereira 2	Pereira 3	Pereira 4
11,3	9650	100	100	100	100	100	100	.....	.....	.....	.....	.....
8	6830	97	95	92	94	97	88	100	100	100	100	100
5,66	4830	93	86	83	86	85	76	98	88	99	98	99
4	3415	89	67	66	63	69	63	89	84	98	96	97
2,83	2415	80	49	47	40	52	49	81	81	93	91	93
2	1705	70	36	36	29	40	38	75	77	90	87	88
1,41	1205	58	27	28	23	30	29	70	72	84	83	83
1	853,5	46	21	22	17	21	22	66	67	76	77	75
0,707	603,5	37	16	17	13	13	17	62	61	65	70	67
0,5	427	28	12	12	9	8	12	58	52	50	59	54
0,354	302	22	9	9	7	6	9	55	45	38	48	43
0,25	213,5	15	6	7	5	4	7	52	35	25	34	29
0,177	151	10	4	5	4	3	5	45	24	14	21	18
0,125	112,5	4	2	2	2	1	2	26	11	5	8	7
0,1	100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
infra 100 micra												
peneiro (mm)	ponto médio (micra)	Pereira A	Pereira B	Pereira C	PereiraD	PereiraE	Pereira F	PereiraG	Pereira 1	Pereira 2	Pereira 3	Pereira 4
0,1	90	100	100,0	100,0	100	100,0	100,0	100	100,0	100,0	100	100
0,08	70	98,0	99,3	99,7	100	100,0	100,0	99,5	99,7	98,9	99,7	99,8
0,06	55	97,7	99,3	99,2	99,9	99,5	99,7	99,0	99,6	98,6	99,7	99,2
0,05	45	96,8	98,0	97,6	98,1	97,6	98,3	97,4	99,1	98,3	98,9	98,2
0,04	35	95,5	96,3	96,0	95,8	95,5	96,6	95,5	98,5	97,7	97,6	97,0
0,03	27,5	93,0	93,3	93,0	92,0	92,3	93,7	92,3	96,9	96,3	95,3	94,3
0,025	22,5	88,7	88,0	87,1	85,3	87,2	88,4	86,8	93,9	93,8	91,4	89,0
0,02	17,5	85,5	83,7	82,4	80,2	83,1	84,2	82,4	91,4	91,7	88,2	85,2
0,015	12,5	81,7	78,1	76,4	73,5	77,2	78,4	76,7	87,5	88,2	84,3	80,3
0,01	9	76,7	70,7	68,8	65,0	69,5	70,3	70,0	81,3	82,3	79,0	73,6
0,008	7	69,2	60,7	58,3	53,1	58,4	59,4	60,7	71,4	72,9	70,6	64,1
0,006	5,5	65,1	55,5	52,9	47,2	52,8	53,5	55,8	66,3	67,5	65,6	59,0
0,005	4,5	59,7	48,8	46,0	40,7	46,0	46,4	50,1	59,8	59,9	58,8	51,9
0,004	3,5	56,3	44,7	41,8	36,8	41,9	42,1	46,5	55,9	55,2	54,2	47,4
0,003	2,5	52,4	40,2	37,2	32,4	37,1	37,4	42,1	51,3	49,7	48,4	42,1
0,002	1,75	47,8	34,8	32,2	27,8	31,7	32,3	36,8	45,8	43,3	41,0	36,1
0,0015	1,25	41,5	27,9	25,5	22,7	25,1	26,4	31,1	38,6	35,9	32,2	28,7
0,001	0,9	37,1	23,6	21,0	19,2	20,8	23,1	27,3	34,1	31,2	26,6	24,3
0,0008	0,7	30,7	18,3	15,1	15,2	16,0	18,6	21,5	27,9	24,2	19,4	18,6
0,0006	0,55	27,3	15,4	12,4	13,3	14,0	16,3	18,8	24,2	20,5	15,9	15,7
0,0005	0,45	22,6	11,8	9,4	10,5	11,9	13,5	15,4	19,1	16,0	12,1	12,1
0,0004	0,35	19,2	9,6	7,5	8,4	10,3	11,8	12,9	15,8	13,1	9,6	10,0
0,0003	0,25	14,9	6,9	5,2	5,9	8,0	9,3	9,5	11,4	9,7	6,7	7,5
0,0002	<0,20	8,8	3,4	2,5	3,2	4,9	5,5	5,3	6,0	5,5	3,5	4,6

**Tabela 3,8** - Percentagens cumulativas de grão retido, por intervalo de calibre, obtidas através do método de crivos e pipetas. Amostras do BARREIRO DE PAPAGAIOS-PRADO.

## CAPÍTULO 4

### PESQUISA DE MATÉRIA ORGÂNICA E MINERAIS CARBONATADOS/FOSFATADOS: Propriedades químicas e visuais

O protocolo analítico proposto neste capítulo atende às propriedades reveladas pelos materiais face à reacção com os ácidos nítrico e clorídrico. Deste modo, é relacionada a variação da percentagem de peso perdido em tratamento ácido, com a destruição de **compostos orgânicos e dos minerais carbonatados e fosfatados**. O cálculo da percentagem de peso perdido atribuído a cada um dos reagentes foi ponderado com as previsíveis perdas de sedimentos nas fases de decantação e lavagem estimadas em 6% das perdas totais (Tabela 4.1 e Fig. 4.1).

Como complemento da técnica anterior, mas no sentido de detectar apenas os compostos orgânicos, consideraram-se, ainda, as propriedades visuais. A classificação realizou-se macroscopicamente e por comparação das amostras (previamente secas e moídas em moinho de ágata, exclusivamente para este efeito) com a escala de cores de Munsell (Tabela 4.2).

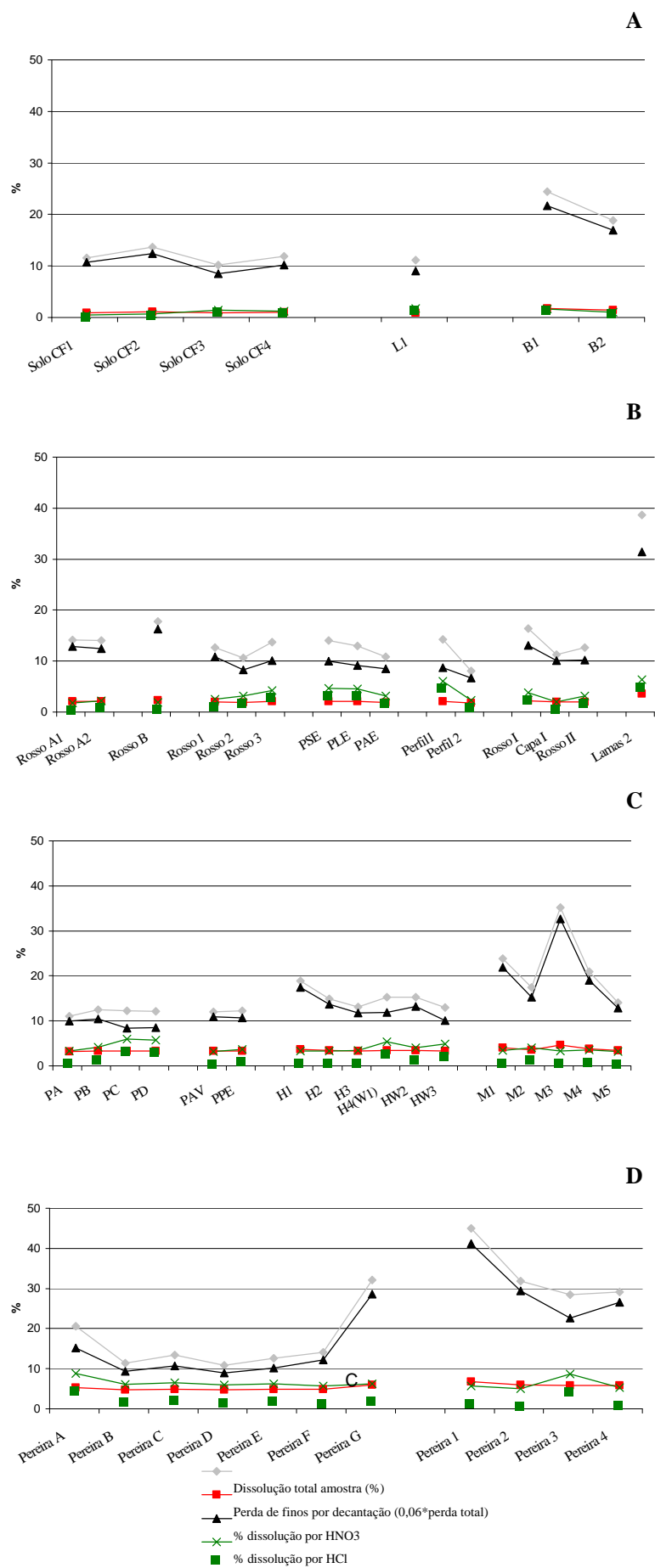
No início dos ensaios químicos verificou-se claramente a **influência da granulometria dos materiais nas perdas de peso** resultantes da reacção com o **ácido nítrico**, que foi o primeiro a ser aplicado. Esta evidência é corroborada pelos seguintes dados:

- São precisamente as amostras de granulometrias mais finas - do Barreiro e também as dos escombros de finos (M1-5) da Saibreira de Cancela de Chãos - que sofreram maiores perdas de peso após reacção com o ácido nítrico;
- A aplicação de HCl é sempre posterior à de ácido nítrico e origina sempre menores percentagens de perda de peso;
- Nos casos dos perfis M1-5 de CC e Pereira 1-4 do Barreiro de Papagaios os horizontes que sofreram **a maior perda de peso** em função do tratamento com ácido nítrico -M3 e Pereira 1- possuem as **maiores percentagens de silte** e as menores de saibro e areia grossa, nos respectivos perfis. Acresce ainda, o facto de possuírem a **tonalidade mais clara** e afastada dos tons castanhos (Fig. 4.2) que resultam normalmente da presença de matéria orgânica nos solos (COSTA, 1995) e SCHNITZER (1982).

Curiosamente os tons mais acastanhados e escuros (cromas baixos) do perfil de CC situam-se acima e abaixo de M3, na superfície do perfil e junto de raízes, respectivamente.

Amostra	Resultados (g)				Perdas percentuais			Ponderação com perda de finos por decantação		
	Peso seco inicial (g)	Perda após HNO <sub>3</sub> (g)	Perda após HCl (g)	Perda total (g)	Dissolução HNO <sub>3</sub> amostra (%)	Dissolução amostra HCl (%)	Dissolução total amostra (%)	Perda de finos por decantação (0,06*perda total)	% dissolução por HNO <sub>3</sub>	% dissolução por HCl
Solo CF1	451	50	1	51	11,1	0,2	11,3	0,7	10,4	0,2
Solo CF2	403	52	2	54	12,9	0,5	13,4	0,8	12,1	0,5
Solo CF3	424	37	5	42	8,7	1,2	9,9	0,6	8,2	1,1
Solo CF4	500	53	5	58	10,6	1,0	11,6	0,7	10,0	0,9
L1	396	37	6	43	9,3	1,5	10,9	0,7	8,8	1,4
B1	426	97	6	103	22,8	1,4	24,2	1,5	21,4	1,3
B2	360	64	3	67	17,8	0,8	18,6	1,1	16,7	0,8
Rosso A1	392	48	2	50	12,2	0,5	12,8	0,8	11,5	0,5
Rosso A2	346	41	3	44	11,8	0,9	12,7	0,8	11,1	0,8
Rosso B	341	54	2	56	15,8	0,6	16,4	1,0	14,9	0,6
Rosso 1	415	42	5	47	10,1	1,2	11,3	0,7	9,5	1,1
Rosso 2	409	30	8	38	7,3	2,0	9,3	0,6	6,9	1,8
Rosso 3	420	39	13	52	9,3	3,1	12,4	0,7	8,7	2,9
PSE	370	34	13	47	9,2	3,5	12,7	0,8	8,6	3,3
PLE	386	32	13	45	8,3	3,4	11,7	0,7	7,8	3,2
PAE	357	27	7	34	7,6	2,0	9,5	0,6	7,1	1,8
Perfill	419	33	21	54	7,9	5,0	12,9	0,8	7,4	4,7
Perfil 2	403	23	4	27	5,7	1,0	6,7	0,4	5,4	0,9
Rosso I	346	43	9	52	12,4	2,6	15,0	0,9	11,7	2,4
Capa I	453	42	3	45	9,3	0,7	9,9	0,6	8,7	0,6
Rosso II	320	30	6	36	9,4	1,9	11,3	0,7	8,8	1,8
Lama 1	204	14			6,9					
Lama 2	322	103	17	120	32,0	5,3	37,3	2,2	30,1	5,0
PA	325	25	2	27	7,7	0,6	8,3	0,5	7,2	0,6
PB	438	36	7	43	8,2	1,6	9,8	0,6	7,7	1,5
PC	316	19	11	30	6,0	3,5	9,5	0,6	5,7	3,3
PD	370	23	12	35	6,2	3,2	9,5	0,6	5,8	3,0
PAV	400	35	2	37	8,8	0,5	9,3	0,6	8,2	0,5
PPE	367	31	4	35	8,4	1,1	9,5	0,6	7,9	1,0
H1	345	54	2	56	15,7	0,6	16,2	1,0	14,7	0,5
H2	335	39	2	41	11,6	0,6	12,2	0,7	10,9	0,6
H3	364	35	3	38	9,6	0,8	10,4	0,6	9,0	0,8
H4(W1)	398	39	11	50	9,8	2,8	12,6	0,8	9,2	2,6
HW2	287	32	4	36	11,1	1,4	12,5	0,8	10,5	1,3
HW3	382	30	9	39	7,9	2,4	10,2	0,6	7,4	2,2
M1	269	55	2	57	20,4	0,7	21,2	1,3	19,2	0,7
M2	436	58	6	64	13,3	1,4	14,7	0,9	12,5	1,3
M3	311	99	2	101	31,8	0,6	32,5	1,9	29,9	0,6
M4	339	59	3	62	17,4	0,9	18,3	1,1	16,4	0,8
M5	380	41	2	43	10,8	0,5	11,3	0,7	10,1	0,5
Pereira A	339	39	16	55	11,5	4,7	16,2	1,0	10,8	4,4
Pereira B	437	23	8	31	5,3	1,8	7,1	0,4	4,9	1,7
Pereira C	398	27	9	36	6,8	2,3	9,0	0,5	6,4	2,1
Pereira D	352	17	6	23	4,8	1,7	6,5	0,4	4,5	1,6
Pereira E	336	21	7	28	6,3	2,1	8,3	0,5	5,9	2,0
Pereira F	359	30	5	35	8,4	1,4	9,7	0,6	7,9	1,3
Pereira G	345	89	7	96	25,8	2,0	27,8	1,7	24,2	1,9
Pereira 1	337	132	5	137	39,2	1,5	40,7	2,4	36,8	1,4
Pereira 2	419	112	3	115	26,7	0,7	27,4	1,6	25,1	0,7
Pereira 3	472	92	22	114	19,5	4,7	24,2	1,4	18,3	4,4
Pereira 4	477	113	5	118	23,7	1,0	24,7	1,5	22,3	1,0

**Tabela 4.1** - Peso seco obtido no tratamento das amostras com HNO<sub>3</sub> e HCl.



**Fig. 4.1-** Projecção dos valores de peso perdido pelas amostras das pedreiras (A), saibreiras (B e C) e barreiro (D) após tratamento com HNO<sub>3</sub> e HCl, com perda de finos nas lavagens estimada em 6%.

Amostra	Côr	Índice
Solo CF1	cinza amarelado	5Y 7/1
Solo CF2	cinza amarelado	5Y 7/1
Solo CF3	castanho pálido amarelado	10YR 6/2
Solo CF4	castanho pálido amarelado	10YR 6/2
L1	cinza amarelado	5Y 7/1
B1	cinza amarelado	5Y 6/1
B2	cinza amarelado	5Y 6/1

Rosso A1	castanho pálido amarelado	10YR 6/2
Rosso A2	laranja acinzentado	10YR 7/2
Rosso B	castanho esverdeado	5Y 6/2 ou 10YR 6/4
Rosso 1	cinza amarelado	5Y 8/2
Rosso 2	laranja acinzentado	10YR 7/2
Rosso 3	laranja muito pálido	10YR 8/2
PSE	laranja acinzentado	10YR 7/2
PLE	laranja escuro amarelado	10YR 6/6
PAE	cinza amarelado	5Y 8/1
Perfil1	cinza amarelado	5Y 7/4
Perfil 2	laranja muito pálido	10YR 8/2
Rosso I	laranja muito pálido	10YR 8/2
Capa I	cinza amarelado	5Y 8/1
Rosso II	cinza amarelado	5Y 8/1
Lamas 2	cinza amarelado	5Y 7/2

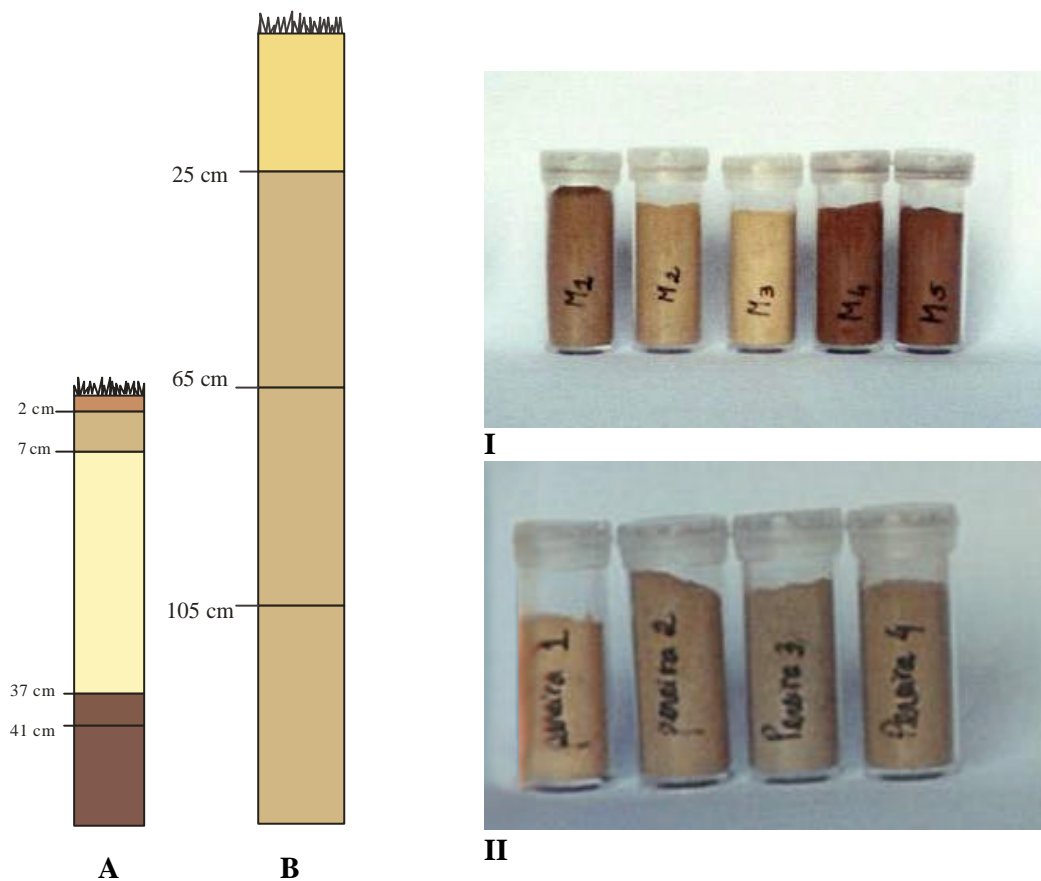
PA	castanho moderado	10YR 6/2
PB	castanho alaranjado	10YR 6/4
PC	laranja acinzentado	10YR 7/6
PD	cinza amarelado	5Y 7/4
PAV	castanho escuro amarelado	10YR 5/2
PPE	castanho escuro amarelado	10YR 4/2
H1	castanho acinzentado	10YR 6/2
H2	laranja acinzentado	10YR 7/2
H3	cinza amarelado	5Y 7/1
H4(W1)	laranja muito pálido	10YR 8/2
HW2	laranja acinzentado	10YR 7/2
HW3	laranja muito pálido	10YR 8/2
M1	cinza amarelado	5Y 7/1
M2	laranja acinzentado	10YR 7/2
M3	laranja muito pálido	10YR 8/2
M4	castanho alaranjado	10YR 6/4
M5	castanho pálido amarelado	10YR 6/4

Pereira A	laranja amarelado escuro	10YR 7/6
Pereira B	laranja amarelado	10YR 8/4
Pereira C	laranja amarelado	10YR 8/4
Pereira D	laranja amarelado	10YR 8/4
Pereira E	laranja amarelado escuro	10YR 7/4
Pereira F	laranja amarelado escuro	10YR 7/6
Pereira G	cinza esverdeado	5Y 7/4
Pereira 1	laranja muito pálido	10YR 8/4
Pereira 2	laranja acinzentado	10YR 7/2
Pereira 3	laranja acinzentado	10YR 7/2
Pereira 4	laranja acinzentado	10YR 7/2

**Tabela 4.2 -** Cor e índice da Escala de Munsell.



- Outras amostras, caracterizadas também por granulometrias finas e reservas de matéria orgânica evidentes, não só em decomposição como também visível (restos de raízes) – PPE, PAV, Solos CF e B1e 2 – apresentam perdas de peso, após o  $\text{HNO}_3$  inferiores a M3, logo a presença de matéria orgânica não se correlaciona inequivocamente com as perdas de peso após a aplicação do  $\text{HNO}_3$ .



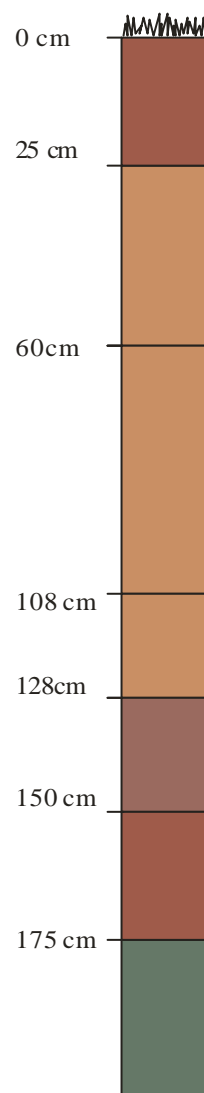
**Fig. 4.2** - (A) Perfil M1-5 do perfil de escombros finos da SAIBREIRA de Cancela de Chãos e (B) Perfil Pereira 1-4 do BARREIRO de Papagaios cuja superfície tem origem na acumulação de lamas de britagem de saibro, exterior à exploração. Amostras moídas de cada horizonte do perfil M1-5 (I) e Pereira 1-4 (II).

Ainda relativamente às amostras de granulometrias finas, e especificamente quanto às **Lamas**, optou-se por não continuar com a aplicação desta metodologia já que se concluiu que o tempo necessário para o processo de decantação tornava morosa e pouco expedita a metodologia em causa.

Apesar desta evidência é possível verificar que, de um modo geral, em cada perfil, **são os horizontes superiores e de tonalidades mais escuras que têm maiores perdas de peso por acção do ácido nítrico** (Fig. 4.1 e Tabela 4.2), o que corrobora o facto de a origem natural da **matéria orgânica** predominar perto da superfície, embora em profundidade também se encontrem as raízes. O exemplo do talude de escombros finos M1-5 de CC, anteriormente discutido e ilustrado, não se enquadra na totalidade nesta reflexão dado que o horizonte M3 é laranja muito pálido (10 YR 8/2) e foi a amostra do perfil que maior perda de peso sob a acção do HNO<sub>3</sub> sofreu (Fig 4.1 C) - É possível que este horizonte seja o limiar entre duas fases de construção do talude e ainda não tenha sido contaminado pelos compostos orgânicos.

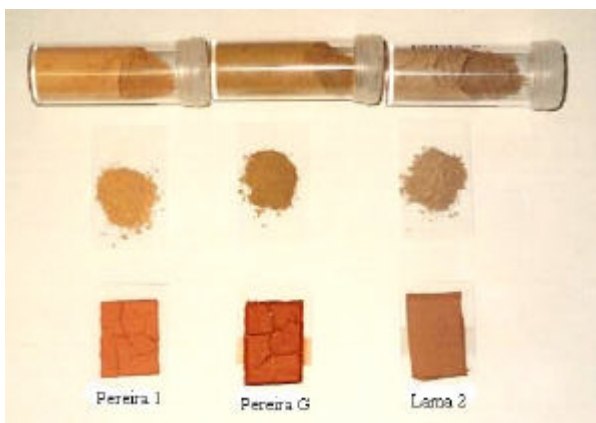
Do mesmo modo o perfil Pereira 1-4 não cumpre os requisitos da generalização anterior já que o horizonte Pereira 1, apesar de ser o horizonte mais superficial a apresentar a maior perda de peso com o tratamento do HNO<sub>3</sub>, a respectiva cor indica que não se trata de MO mas sim de mais um caso de clara influência da granulometria nos resultados (Fig 4.2 B e II). Este facto deve-se à deposição de lamias de britagem de saibro exterior ao Barreiro.

Os horizontes superiores extraídos do Barreiro destacam-se igualmente dos inferiores pela presença de materiais orgânicos através da cor e pelas perdas de peso após o HNO<sub>3</sub>; Constitui excepção a matéria-prima, propriamente dita, o **barro de Papagaios (Pereira G)** que se encontra em profundidade. Os resultados obtidos no tratamento químico deste material poderiam, numa primeira análise, ser atribuídos à granulometria extremamente fina e às prováveis perdas durante o processo de decantação, no entanto, e, mais uma vez, recorrendo às propriedades visuais, é possível adivinhar a presença de matéria orgânica uma vez que a cor é cinza esverdeado. Outros estudos, realizados no mesmo local por CARVALHO e LEMOS (1985) e referenciados por BRAGA (1988), confirmam a origem sedimentar lacustre e a presença de fragmentos vegetais e lenhite, que podem explicar a reactividade da amostra Pereira G ao ácido nítrico. Na tentativa de apurar a real amplitude da presença de matéria orgânica neste horizonte, foi realizado mais um ensaio experimental, juntamente com outras amostras em que se



**Fig.4.3 -**  
Perfil Pereira A-G BARREIRO de Papagaios.

verificaram perdas de peso após tratamento com  $\text{HNO}_3$  significativas (aprox.30%), e que consistiu em sujeitá-las a temperaturas de  $500^\circ\text{C}$ , de modo a detectar eventuais escurecimentos devido à combustão de MO. Tal como se observa na Fig 4.4 não ocorreu combustão orgânica (ausência de tons cinzentos). Confirma-se, portanto, que estas amostras Pereira 1, Pereira G e as Lamas 2 perderam o peso *após* o tratamento com  $\text{HNO}_3$  e *não por* tratamento com  $\text{HNO}_3$ , ou seja por causa da dissolução de eventual matéria orgânica.



**Fig. 4.4**

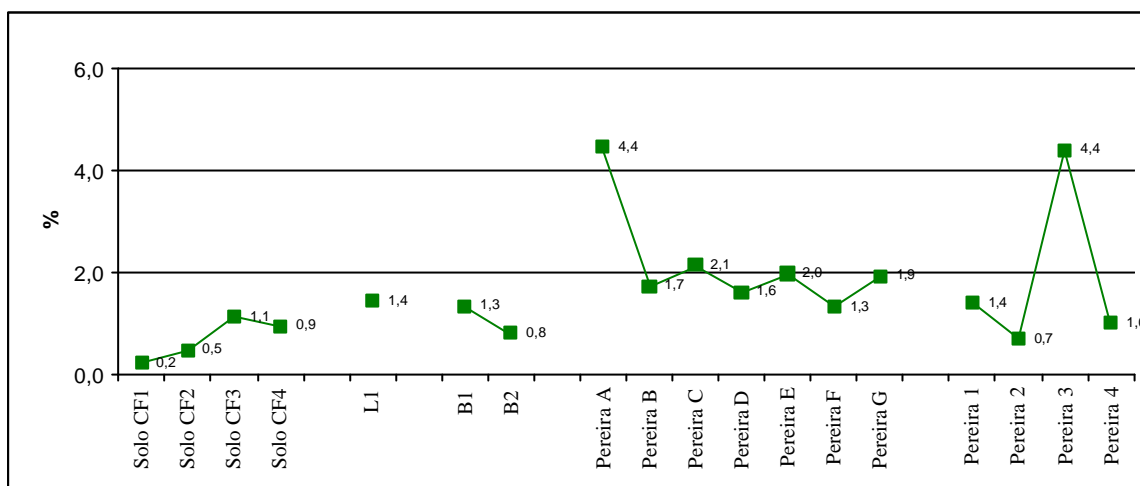
Amostras humedecias e colocadas na mufla a temperaturas até  $500^\circ\text{C}$ .

Em função dos resultados obtidos nas amostras das Pedreiras com o tratamento com o  $\text{HNO}_3$ , também se confirma a maior concentração de matéria orgânica em horizontes superiores, no caso da frente de escorrência da escombreira de Póvoa de Lanhoso (B1-2). Neste local verificou-se ainda que os **materiais mais arenosos** que se encontravam a 9 m da frente de escorrência (Fig. 2.3) apresentavam **menores evidências de compostos orgânicos** ilustradas pela perda de um valor na escala de Munsell e 50% do peso perdido após o  $\text{HNO}_3$  (amostra L1).

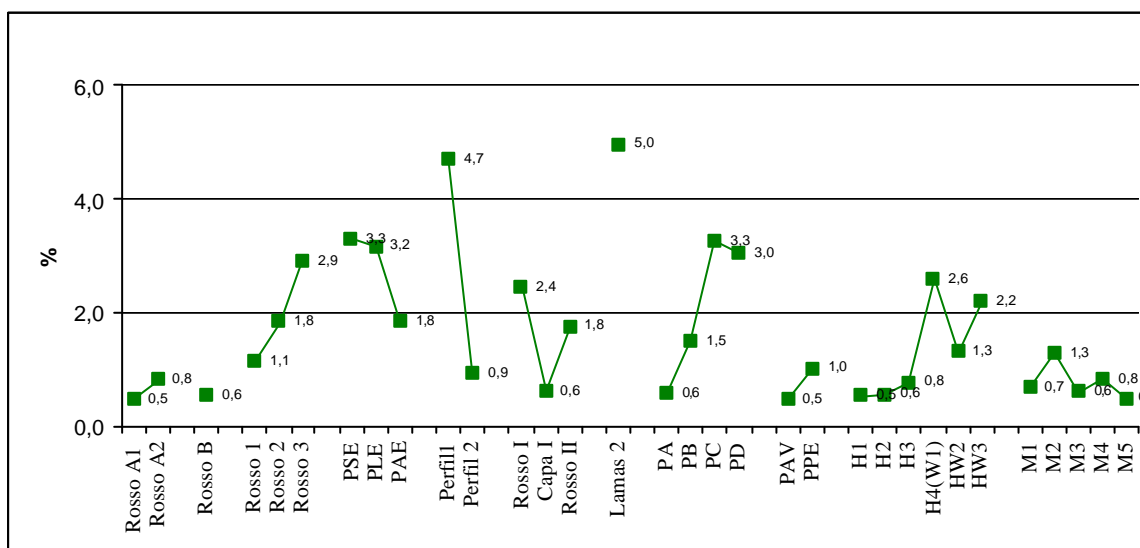
Relativamente ao **tratamento com HCl**, há a registar que a aplicação deste ácido foi sempre posterior ao tratamento com  $\text{HNO}_3$ , pelo que os resultados obtidos e atribuídos à acção do HCl poderão estar diminuídos por eventuais perdas de fosfatos ou carbonatos devido ao tratamento com o  $\text{HNO}_3$ , que em todo o caso serão muito pequenas. Neste tratamento as perdas de peso verificadas **não parecem ser influenciados pela granulometria** das amostras uma vez que, para além de não haver qualquer correspondência entre as maiores perdas de peso e as granulometrias mais finas, é provável que os finos mais susceptíveis de se perderem na decantação terão sido eliminados após a actuação do  $\text{HNO}_3$ .

Nos gráficos das Fig. 4.5 e 4.6 estão isolados os resultados atribuídos às perdas por acção do ácido clorídrico, já que a escala dos gráficos da Fig. 4.1 pouco evidencia os respectivos valores. Com efeito, em nenhuma das amostras a perda de peso por dissolução de carbonatos e fosfatos ultrapassa os 5%.

Note-se ainda que os valores que sobressaem nos materiais do Barreiro (Fig. 4.5) aparentemente **não revelam qualquer comportamento comum**, e nos perfis das Saibreiras (Fig. 4.6) tanto se observam perdas maiores nos horizontes mais profundos PC/PD (MV) com nos mais superficiais (PSE) e tanto nos mais alaranjados (Rosso3 e PLE) como nos menos alaranjados (Perfil 1).



**Fig. 4.5** – Projecção das percentagens de peso perdido por dissolução com HCl nas PEDREIRAS de Amares (Solos CF 1-4), Póvoa de Lanhoso (L1, B1 e B2) e BARREIRO de Papagaios (Pereira A-G e 1-4).



**Fig. 4.6** - Projecção das percentagens de peso perdido por dissolução com HCl nas SAIBREIRAS do Monte de Vasconcelos (Rosso A1 a PPE) e de Cancela de Chãos (H1 a M5).

## CONCLUSÕES

A pesquisa de matéria orgânica proposta é claramente influenciada pelas granulometrias das amostras, no que respeita aos resultados obtidos após a aplicação do primeiro ácido. No entanto, a conjugação do ensaio com o ácido nítrico e as cores da escala de Munsell revelam a **tendência para a retenção da matéria orgânica nos horizontes mais superficiais das frentes inactivas das Saibreiras, não se observando diferenças** significativas das perdas de peso por reacção com  $\text{HNO}_3$  **relativamente aos solos naturais.**

Foi ainda detectada **a maior afinidade da matéria orgânica por materiais com granulometrias inferiores a 200  $\mu\text{m}$  (areia fina).**

Importa salientar que na interpretação dos resultados obtidos na dissolução com  $\text{HNO}_3$ , para a avaliação da dinâmica do comportamento da matéria orgânica, a Cor foi essencial para despistar os casos mais gritantes de perda de finos na decantação.

No sentido de aprofundar as potencialidades desta metodologia poder-se-ia considerar a possibilidade de, para as mesmas amostras, aumentar o tempo de decantação até não serem visíveis quaisquer partículas em suspensão e calcular a margem de erro. Outra possibilidade seria cronometrar os tempos de reacção com os ácidos e estabelecer índices de reactividade devidamente calibrados por exames químicos do carbono orgânico, estes últimos, já rotinadas e divulgadas na literatura (ENGLEMAN *et al*, 1985 e BOWMAN, 1998).

Por fim sugere-se o estudo da influência do factor granulometria/MO dos escombros superficiais, nas taxas de reposição vegetal espontânea de áreas extractivas inactivas.

## **CAPÍTULO 5**

# **ESTUDO PETROGRÁFICO: GEOMETRIA DAS ALTERAÇÕES MINERALÓGICAS**

Esta etapa do estudo incluiu a observação, registo fotográfico e tratamento de dados obtidos a partir dos materiais recolhidos, passíveis de conversão em lâmina delgada, portanto com alguma coesão, e que, de algum modo, pudessem expressar uma **evolução das características petrográficas e texturais** no decurso dos desequilíbrios causados pela extracção de massas minerais (evoluções paragenéticas por impacte ambiental). As amostras do Barreiro de Papagaios não foram tratadas. As respectivas frentes de desmonte estão inactivas e, portanto, não permitem o estudo comparativo. Por outro lado, a petrografia sobre lâmina delgada é dificultada pela falta de coesão dos materiais em causa.

A aproximação petrográfica é reduzida ao estudo das texturas em análise de superfícies convertidas em imagens petrográficas de campos de microscópio seleccionados ou determinados aleatoriamente. O registo fotográfico fez-se em suporte de papel para melhor resolução com uma ampliação máxima de 100X e em suporte digital com uma ampliação de 40X, ao que se seguiu a triagem das imagens mais representativas da diversidade de texturas supergénicas e hidrotermais, tendo sido seleccionadas 87 das 237 fotografias obtidas.

As características imageológicas podem ser agrupadas em amostras de mão, com a coesão de rocha sã, e lamas.

### **5.A - Evolução mineralógica das amostras de mão.**

O primeiro grupo compreende **amostras de mão** retiradas de frentes de desmonte, clastos das Pedreiras e Saibreiras e saibros do Monte de Vasconcelos. Neste estudo as **características petrográficas**, convertem-se em percentagens de secções dos minerais primários invadidas *por produtos de neoformação atribuídos a ocorrências supergénicas e hidrotermais*.

Previsivelmente o impacte da exploração terá expressão na evolução paragenética e pode ser convertido num balanço de decaimento (perda) ou neoformação (ganho) mineralógicos. Os balanços detectam-se nos minerais primitivos e evoluem ao longo da transformação das Frentes de desmonte, Clastos de escombreira, Clastos de Lameiro e Minerais das Lamas – **EVOLUÇÃO MINERALÓGICA**.

## **5.B – Evolução textural das Lamas.**

Dada a escassez de minerais primitivos e a sua reduzida dimensão nas amostras de **Lamas** e numa amostra do horizonte M3 do talude de escombeira (consolidou em estufa e permitiu o fabrico de lâmina delgada), optou-se por adaptar a metodologia de observação, considerando as **características texturais específicas destes materiais**.

Assim, os termos de comparação extremos dizem respeito a lamas de saibreiras pedreiras com conteúdos também extremos de óxidos opacos a translúcidos e minerais matriciais primitivos – estes conteúdos determinam a - **EVOLUÇÃO TEXTURAL DAS LAMAS**.

Com os dados obtidos neste Capítulo procurar-se-á não só diagnosticar a evolução petrográfica e textural dos materiais, após a actividade extractiva nas Pedreiras e Saibreiras, mas também testar a influência dos minerais de formação hidrotermal no processo subsequente de meteorização, afectada ou não por intervenção extractiva.

## 5.A - EVOLUÇÃO MINERALÓGICA DAS AMOSTRAS DE MÃO

O agrupamento e articulação dos dados obtidos operou-se a partir das fácies primitivas das diferentes explorações. Deste modo são definidos três casos - chave e de seguida explicitados os 3 parâmetros (A.1, A.2 e A.3) utilizados para quantificar em termos geométricos as ocorrências mineralógicas observadas através da análise petrográfica. Os casos-chave são:

- PEDREIRA DE PÓVOA DE LANHOSO – 5.1
- PEDREIRA DE AMARES – 5.2
- SAIBREIRAS DO MONTE DE VASCONCELOS E CANCELA DE CHÃOS – 5.3

### A.1) Percentagem de Mineral primitivo

Por mineral primitivo entendem-se os três minerais susceptíveis de meteorização pertencentes à fácies primitiva em causa, que neste estudo serão as plagioclases (PL), feldspatos potássicos (FK) e biotites (BI). O parâmetro A.1 consiste *na área percentual de cada PL, FK ou BI não invadida por fenómenos de alteração supergénica ou hidrotermal.*

O quartzo não é funcional na qualidade de material primitivo por dois motivos: primeiro por ser, quase inerte quando comparado com os minerais anteriores, em segundo lugar porque a origem das suas fracturas, pode confundir-se com artefactos induzidos pela preparação das lâminas delgadas.

### A.2) Percentagem de Produtos de Alteração Hidrotermal (PAH)

As alterações hidrotermais diagnosticadas não são muito diversificadas, nem tão pouco extensas, raramente ultrapassando 25% da área de cada mineral. A mais frequente foi a sericitização no entanto também se observaram minerais como a moscovite II, calcite espática e outros cuja identificação microscópica não é tão imediata.

Embora WINTER (2001) admita que a sericitização é reconhecível por uma aparência pulverulenta, passando pela formação de finas micas de moscovite II com birrefringência moderada, até ao desenvolvimento de placas mais desenvolvidas e de maior birrefringência o conceito considerado neste trabalho será o de RIEDER *et al* (1998) da Subcomissão para a Nomenclatura das Micas da “International Mineralogical Association” que descrevem a sericite como agregados finos de “mica-like phases”.



É de notar que as alterações hidrotermais observadas são bastante mais importantes em **amostras de mão** (frentes de desmonte e clastos de escombreciras).

### **A.3) Percentagem de Produtos de Alterações Supergénicas (PAS)**

Em termos texturais, as alterações supergénicas compreendem, aspectos como:

- carácter pulverulento dos feldspatos;
- presença de pontuações opacas de óxidos, tanto em feldspatos como nas biotites;
- descoloração das biotites, e eventual passagem a clorite.

A presença de plasmas ferruginosos em preenchimento de fracturas foi observada, tendo sido considerada apenas como parâmetro qualitativo complementar no processo de análise dos estados de meteorização dos materiais.

A matriz paragenética acima especificada constituiu o ponto de partida para a elaboração das Tabelas 5.1- 4 que se seguem, tendo a quantificação das áreas sido realizada através de estimativa visual expedita.

Na identificação dos minerais primários, surgiram algumas indeterminações, nomeadamente na distinção das plagioclases e feldspatos potássicos. Nesses casos, nas tabelas a coluna PL é afectada pela menção “Felds”.

Nas imagens das Lamas foi também difícil a discriminação dos feldspatos, principalmente devido à sua reduzida dimensão, pelo que o estudo petrográfico comparativo das amostras de mão e as respectivas Lamas foi mais fundamentado no caso das biotites.

Por último, refira-se que nas moscovites enquadradas no parâmetro, alteração hidrotermal (juntamente com a sericitização), correspondem a situações em que o contexto textural se aproxima de uma sericitização, no entanto as secções de cada mineral neoformado são de maiores dimensões adquirindo o aspecto de moscovites II típicas.

---

**PL** - plagioclase

**FK** - feldspato potássico

**BI** - biotite

**PAH** – produtos de alteração hidrotermal

**PAS** – produtos de alteração supergénica

**PEDREIRA DE PÓVOA DE LANHOSO**

Foto	Tipo de amostra*	PL	Ser/ MO	Calc	Hidrot	Arg	Óxi	Meteo	Fk	Hidrot	Meteo	Arg	Óxi	BI	Hidrot	Meteo	MO	Óxi	Clor	Desco	Hidrot	
1:17	P								50		50	50		75		25					25	
1:05	P													95		5					5	
1:05	P								70		30	30		80	10	10	10	10				
1:15	P	65				30	5	35	95		5	5		75	20	5	20	5				
1:04	P													95		5					5	
1:04	P													90		10		10				
1:06	P	20	10		10	20	50	70	85	5	10	10		100								
1:32	P													75	20	5					5	20
1:32	P	50				40	10	50	90		10	10										
1:27	P	80	5		5	5	10	15						95		5					5	
1:19	P	60		25	25	10	5	15	90		10	10		95		5		5				
b211	CSP	40	10		10	30	20	50						80		20		10	2		8	
b212	CSP													95		5					5	
b213	CSP													90		10					10	
b22	CSP	5				65	30	95						95		5		5				
8:36	CL								90		10	10										
8:36	LP								80		20	15	5	55		45		5			40	
8:36	LP								75		25	20	5									
8:36	LP								86		14	10	4									
8:31	LP													95		5					5	
8:27	LP													75		25		20			5	

\* P - Frente de desmonte azul de Pedreira    CSP - Clasto de Solo artificial de Pedreira    CL - Clasto de Lameiro    LP - Lama de Pedreira

**Tabela 5.1** - Percentagens das secções de minerais de Plagioclase, Feldespato Potássico e Biotite diagnosticados em análise petrográfica, invadidas por ocorrências supergênicas (argilizações, óxidos opacos e descolorações) e de alteração hidrotermal (Sericitização, Moscovitização e outras).

**PEDREIRA DE AMARES**

Foto	Tipo de amostra*	PL	Ser/ MO	Calc	Hidrot	Arg	Óxi	Meteo	Fk	Hidrot	Meteo	Arg	Óxi	BI	Hidrot	Meteo	MO	Óxi	Clor	Desco	Hidrot	
3:10	P								25		75	60	15									
3:10	P								80		20	15	5	90		10					10	
3:10	P								20	10	70	60	10	60	15	25	15	5			20	
3:09	P	15				55	30	85														
3:09	P	85				5	10	15	80	5	15	10	5	85		15		10			5	
3:06	P								5		95	85	10									
3:06	P								20		80	60	20	85		15		10			5	
1:34	PA	40	10		10	20	30	50						95		5						5
2:24	PA								40	10	50	30	20	80		20		20				
1:36	PA	70				10	20	30	65		35	15	20									
1:36	PA	85				5	10	15	90		10	10		60		40						40
		Felds.																				
8:02	CLP	89				6	5	11						80		20		15			5	
		Felds.																				
8:05	CLP	75				15	10	25						80		20					20	
8:05	CLP													60		40		40				
4:23	CSP	5	5		5	30	60	90	55		45	40	5	90		10			5		5	
Cf11	LP													20		80						80
Cf12	LP													60		40						40
8:01	LP													5		95						95
		Felds.																				
8:04	LP	90				10		10						20		80						80
Cf21	LP	???																				
Cf22	LP	???																				
8:07	LP													70		30		5				25
8:07	LP													10		90						90
8:06	LP																					

\* P - Frente de desmonte azul de Pedreira PA - Frente de desmonte Amarela de Pedreira CLP - Clasto de Lameiro de Pedreira CSP - Clasto de Solo artificial de Pedreira LP - Lama de Pedreira

**Tabela 5.2** - Percentagens das secções de minerais de Plagioclase, Feldspato Potássico e Biotite diagnosticados em análise petrográfica, invadidas por ocorrências supergênicas (argilizações, óxidos opacos e descolorações) e de alteração hidrotermal (Sericitização, Moscovitização e outras).

**SAIBREIRA DO MONTE DE VASCONCELOS**

Foto	Tipo de amostra*	PL	Ser/MO	Calc	Hidrot	Arg	Óxi	Meteo	Fk	Hidrot	Meteo	Arg	Óxi	BI	Hidrot	Meteo	MO	Óxi	Clor	Desco	Hidrot	MO	Hidrot	Arg
9:11	SZ	15		10	10	70	5	75	70		30	30										90	10	
		Felds.																						
9:15	SZ	75				25		25						90	0	10				10				
		Felds.																						
9:14	SZ	20				70	10	80																
		Felds.																						
9:10	SA	70				30		30						80	10	10	10	5		5				
		Felds.																						
9:09	SA	40				30	30	60																
		Felds.																						
9:05	SA	30		15	15	50	5	55																
		Felds.																						
9:25	BZ	95				5		5	90		10	10		83	2	15	2	10		5				
9:24	BZ								85		15	15		50		50		10		40				
9:22	BZ	85	5		5	10		10	88	5	7	5	2											
		Felds.																						
9:19	BA	20				50	30	80						20		80		50		30				
9:21	BA																					85		15
9:20	BA	30		10	10	15	45	60	65		35	30	5											
		Felds.																						
ac1	CLS								90		10	5	5											
ac1	CLS								60		40	30	10											
ac2	CLS													20		80				80				
		Felds.																						
4:32 #	LS													5		95				95				
4:32 #	LS													15		85				85				
5:15	LS								88		12	10	2											
4:30 #	LS													80		20				20				
4:30 #	LS													60		40				40				
5:00	LS													70		30				30				
5:21	LS								70		30	30				100				100				
5:17	LS	45				55		55						60		40				40				
5:17	LS								76		24	20	4	80		20		10		10				

\* SZ - Frente de desmonte azul de Saibreira    SA - Frente de desmonte Amarela de Saibreira    BZ - Brita aZul    BA - Brita Amarela    CLS - Clasto de Lameiro de Saibreira    LS - Lama de Saibreira    # 1/16 campo ampliado 40X

**Tabela 5.3** - Percentagens das secções de minerais de Plagioclase, Feldspato Potássico e Biotite diagnosticados em análise petrográfica, invadidas por ocorrências supergênicas (argilizações, óxidos opacos e descolorações) e de alteração hidrotermal (Sericitização, Moscovitização e outras). As três últimas colunas referem-se a minerais de Moscovite, não classificados como produto de alteração hidrotermal mas de cristalização primária, dada a sua dimensão.

**SAIBREIRA DE CANCELA DE CHÃOS**

Foto	Tipo de amostra*	PL	Ser/MO	Calc	Hidrot	Arg	Óxi	Meteo	Fk	Hidrot	Meteo	Arg	Óxi	BI	Hidrot	Meteo	MO	Óxi	Clor	Desc	Hidrot/Clor	MO	Hidrot	Arg
4:01	SZ	95				5		5	85		15	15		90		10		5		5				
3:11	SZ								50		50	20	30	75		25		5		20				
2:20	SZ	50		40	40		10	10						80		20		5		15				
3:12	SZ								76	5	19	15	4	65	25	10	10	5		5	15			
2:21	SZ								95		5	5		35	30	35		25		10	30			
2:34	SZ	90				10		10																
2:34	SZ	60		20	20	15	5	20	65	10	25	20	5	80		20		10		10				
3:34	SA								75		25	20	5	20		80		25	30	25				
3:36	SA	30		15	15	50	5	55																
3:29	SA								90		10	10		78	10	12	10	5		7				
3:33	SA	70	10		10	15	5	20	85	5	10	10		90		10		5		5				
3:35	SA								70		30	20	10											
3:32	SA	90				10		10	75		25	10	15	80		20				20				
3:37	SA													80		20		5	15					
3:22	SA	70		10	10	15	5	20	75		25	25												
4:15	SAI	80				10	10	20	91		9	5	4	55		45		5		40				
4:07	SAI	55				25	20	45	85		15	5	10											
4:04	SAI								70		30	15	15											
4:18	SAI1								70	20	10	10		92	4	4	4	4						
4:17	SAI1								75	5	20	15	5									50	50	0
4:20	SAI1								50	20	30	25	5											
3:21	SAIB													75	5	20		10		10	5			
3:20	SAIB								65		35	15	20											
3:20	SAIB								70	5	25	20	5	20		80		20		60				
3:16	SAIB	50	5		5	30	15	45	65		35	20	15											

\* SZ - Frente de desmonte azul de Saibreira    SA - Frente de desmonte Amarela de Saibreira    SAI - Rocha A da frente inactiva de CC    SAI1- Rocha A1 da frente inactiva de CC    SAIB - Rocha B da frente inactiva de CC

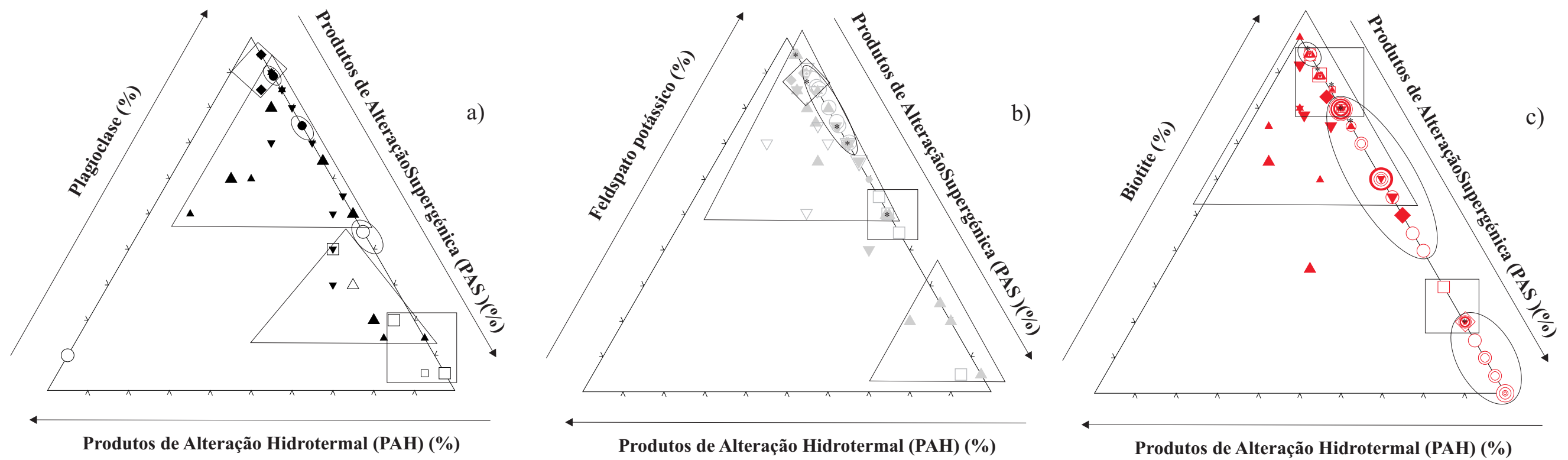
**(Continua próxima pág.)**

## (cont.)SAIBREIRA DE CANCELA DE CHÃOS

Foto	Tipo de amostra*	PL	Ser/MO	Calc	Hidrot	Arg	Óxi	Meteo	Fk	Hidrot	Meteo	Arg	Óxi	BI	Hidrot	Meteo	MO	Óxi	Clor	Desc	Hidrot	MO	Hidrot	Arg	
6:07	CES								5	5	90	20	70												
6:11	CES													85		15		5		10		60	10	30	
6:14	CES	20	5		5	65	10	75	50		50	30	20												
6:19	CES								90		10	10		30		70		25	35	10					
ee	CES								45		55	40	15												
x1	LS																								
x2	LS																								
8:14	LS													0		100				100					
8:14	LS													45		55		5		50					
8:14	LS	10		90	90									80		20		10		10					
		Feldes.																							
8:22	LS	85				15		15						10		90		55		35					
8:22	LS													0		100				100					
		Feldes.																							
8:18	LS	85				15		15																	
		Feldes.																							
8:09	LS	90				10		10						10		90		50		40					
8:09	LS													0		100				100					
m32	LS													40		60		15		45					

\* CES - Clasto de Escombreira de Saibreira LS - Lama de Saibreira

**Tabela 5.4** - Percentagens das secções de minerais de Plagioclase, Feldespato Potássico e Biotite diagnosticados em análise petrográfica, invadidas por ocorrências supergênicas (argilizações, óxidos opacos e descolorações) e de alteração hidrotermal (Sericitização, Moscovitização e outras). As três últimas colunas referem-se a minerais de Moscovite, não classificados como produto de alteração hidrotermal mas de cristalização primária, dada a sua dimensão.



**Legenda:**

- Plagioclase
- Feldspato potássico
- Biotite

- Frente de desmonte azul/amarela (activas)
- Frente desmonte amarela inactiva
- Brita azul/amarela

- Clasto de Escombreira/Solo artificial
- Clasto de Lameiro
- Minerais de Lamas

**Nota:**

Apenas com o intuito de tornar visíveis os símbolos, cujos valores coincidem, foram adoptados tamanhos diferentes para o mesmo símbolo e em algumas casos\* aplicou-se um pequeno desvio das suas posições reais no diagrama.

**Fig. 5.1** - Projecção dos valores das Tabelas 5.1-4, referentes às percentagens de PAS e POH nos minerais de (a) Plagioclase, (b) Feldspato potássico e (c) Biotite de materiais das PEDREIRAS de Póvoa de Lanhoso e Amares e as SAIBREIRAS do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos.

## 5.1 - PEDREIRA DE PÓVOA DE LANHOSO

### A.1) Fácies primitiva

Na Pedreira da Póvoa de Lanhoso a fácies primitiva é definida como granito de duas micas essencialmente biotítico e porfiróide de **grão médio a fino**.

Com efeito, foi possível localizar e recolher amostras de mão onde se observa a zona de transição entre as fácies de grão médio e fino.

### A.2) Percentagem de Produtos de Alteração Hidrotermal (PAH)

As alterações hidrotermais encontram-se em 23% dos minerais seleccionados, principalmente nas PL das amostras de mão (**frentes de desmonte e clasto**) onde foram detectadas texturas sericíticas e moscovite II (5-10% da área do mineral) e raramente calcite. As biotites também apresentam descoloração para moscovite (10 e 20% área do mineral primitivo).

### A.3) Percentagem de Produtos de Alterações Supergénicas (PAS)

É nas **PL dos clastos dos Solos Artificiais** e também das **frentes de desmonte** onde se verificam argilizações e formações de óxidos opacos em superfícies totais superiores a 50%.

Os **FK** apresentam alterações supergénicas **abaixo dos 50% de secção**.

Já as **BI** da maior parte dos materiais têm baixas percentagens de meteorização (**<25% de secção**), à excepção de uma das amostras de Lama que, ainda assim, não ultrapassa os 45%.

## 5.2 - PEDREIRA DE AMARES

### A.1) Fácies primitiva

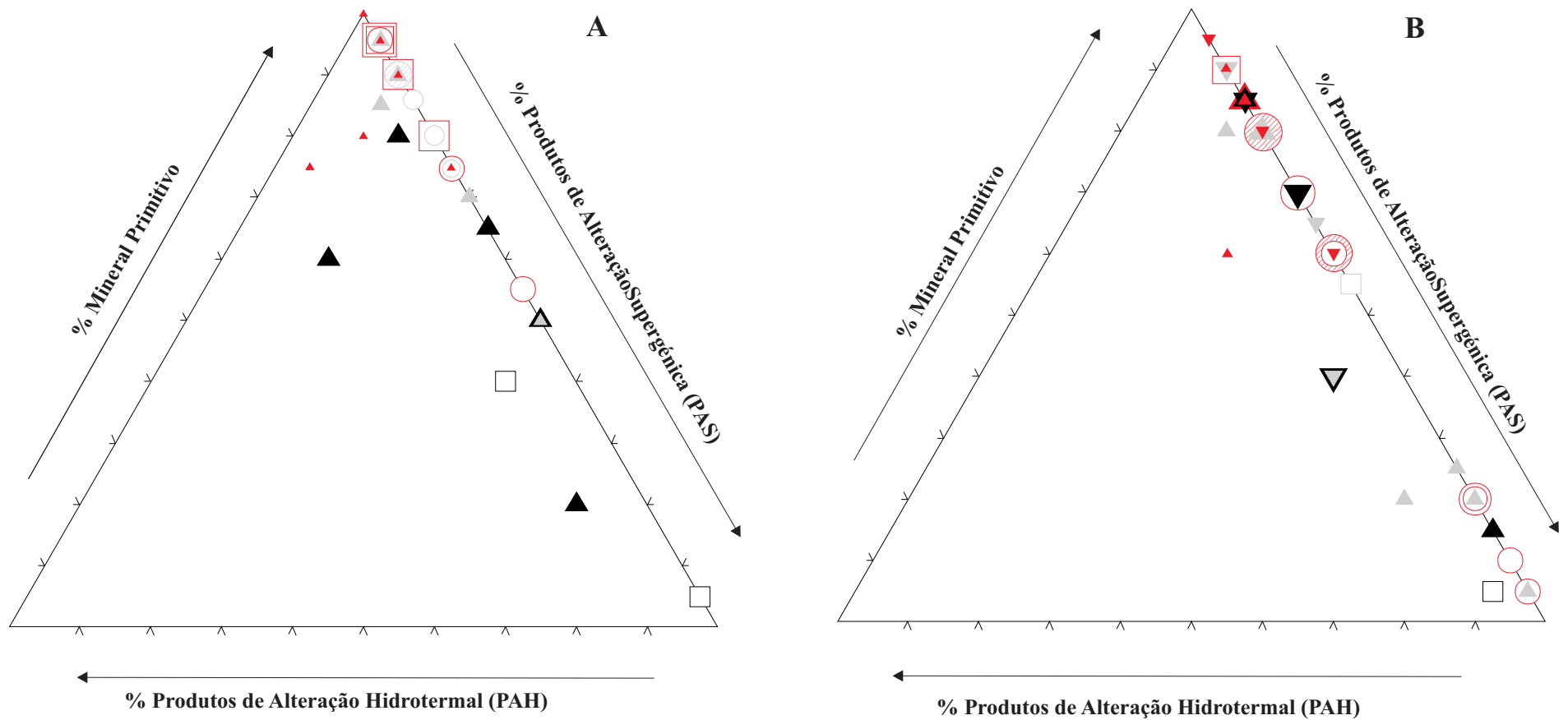
Na Pedreira de Amares a fácies primitiva é constituída por um granito de duas micas essencialmente biotítico, porfiróide de grão **grossoiro a médio**. Nesta pedreira foram encontrados estados principais do granito:

- estado são, o granito azul;
- estado de alteração insipiente, o granito amarelo.








### A.2) Percentagem de Produtos de Alteração Hidrotermal (PAH)

Em 17% dos minerais observados, principalmente **FK e PL das frentes de desmonte**, foram observadas texturas sericíticas. A formação de moscovite II é pouco visível nas biotites de qualquer dos materiais.





**Legenda:**

- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  Plagioclase          |  Biotite                   |  Frente de desmonte azul/amarela |  Clasto de Lameiro |
|  Feldespato potássico |  Clasto de Solo Artificial |  Minerais de Lamas             |   |

**Fig. 5.2** - Projecção dos valores das Tabelas 5.1 e 5.2 correspondentes aos minerais primários e respectivas áreas invadidas por PAH e PAS, nas PEDREIRAS DE PÓVOA DE LANHOSO (A) e AMARES (B).

### **A.3) Percentagem de Produtos de Alterações Supergénicas (PAS)**

As manifestações da meteorização são reveladas pelos minerais de **FK das frentes de desmonte azuis** assim como pelas **biotites das lamas** que apresentam percentagens totais superiores a 75% da secção do mineral (em Póvoa de Lanhoso não ultrapassam os 50%).

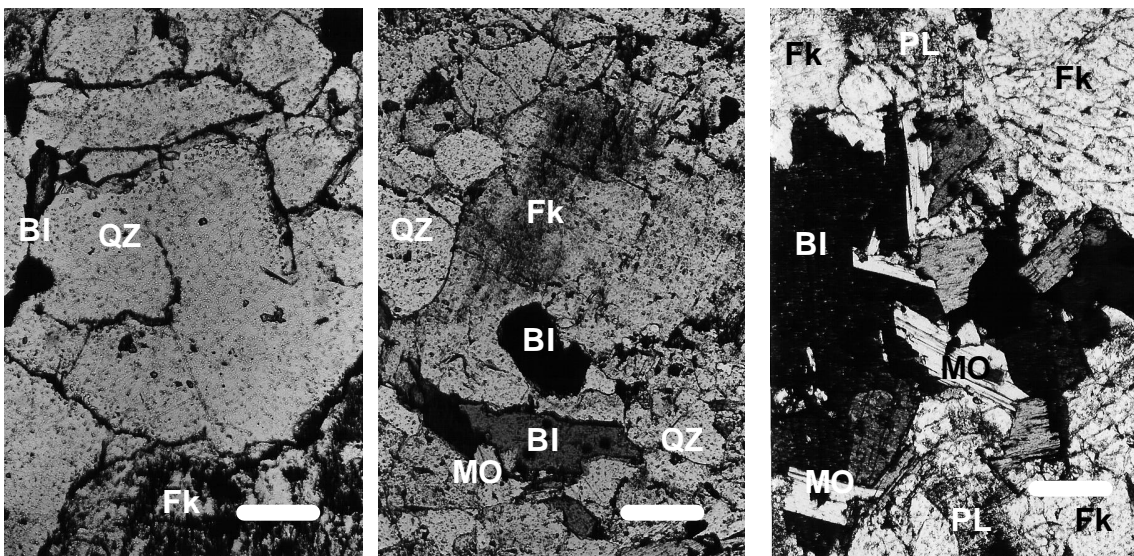
A meteorização dos FK consiste maioritariamente em *argilizações* sendo a presença de óxidos opacos mais discreta.

Relativamente às BI observam-se elevadas percentagens de alterações supergénicas que surgem nas Lamas como fruto de *descolorações* em detrimento dos óxidos opacos, esses sim, mais notórios nas BI dos Clastos dos solos artificiais e também nas Frentes de desmonte.

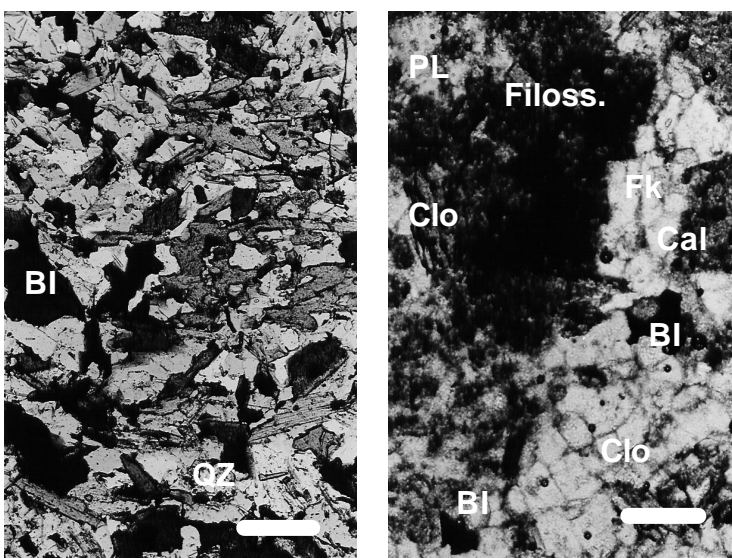
## **EVOLUÇÃO PARAGENÉTICA**

- ⇒ Para além da diferença ao nível da textura do grão determinada pela fácies primitivas das duas Pedreiras, verifica-se uma tendência das amostras de Póvoa de Lanhoso para maiores percentagens de alterações hidrotermais. Contudo, em ambos os casos, os minerais com percentagens de PAH's mais elevadas apresentam graus de meteorização muito díspares o que indicia **a não correlação entre a formação de PAH's e de PAS's**.
  
- ⇒ As PL **revelam grande sensibilidade aos fenómenos supergénicos ao longo do processo de extracção** dado que os Clastos dos solos artificiais apresentam em média o dobro das percentagens de PAS relativamente às Frentes de desmonte, na Póvoa de Lanhoso, e o triplo em Amares. Esta relação é baseada no facto de os Clastos que fazem parte dos solos (neste caso artificiais) serem provenientes das frentes de desmonte. Note-se ainda que as PL praticamente não foram observadas nas Lamas nem tão pouco sob a forma de Clastos de Lamas.
  
- ⇒ Relativamente aos **FK da Póvoa de Lanhoso, parece não haver influência da intervenção extractiva** na neoformação de minerais uma vez que, desde as Frentes de desmonte e Clastos de Lameiro até às próprias Lamas as percentagens de PAS não ultrapassam os 50%. Em Amares não foram observados minerais de FK nos Clastos de Lameiro nem nas Lamas; Presume-se que o **processo de formação de PAS ao nível dos FK da Pedreira de Amares esteja numa fase inicial** atendendo à diversidade de graus de meteorização das Frentes de desmonte azuis e amarelas e ao valor intermédio do Clasto de Solo artificial.

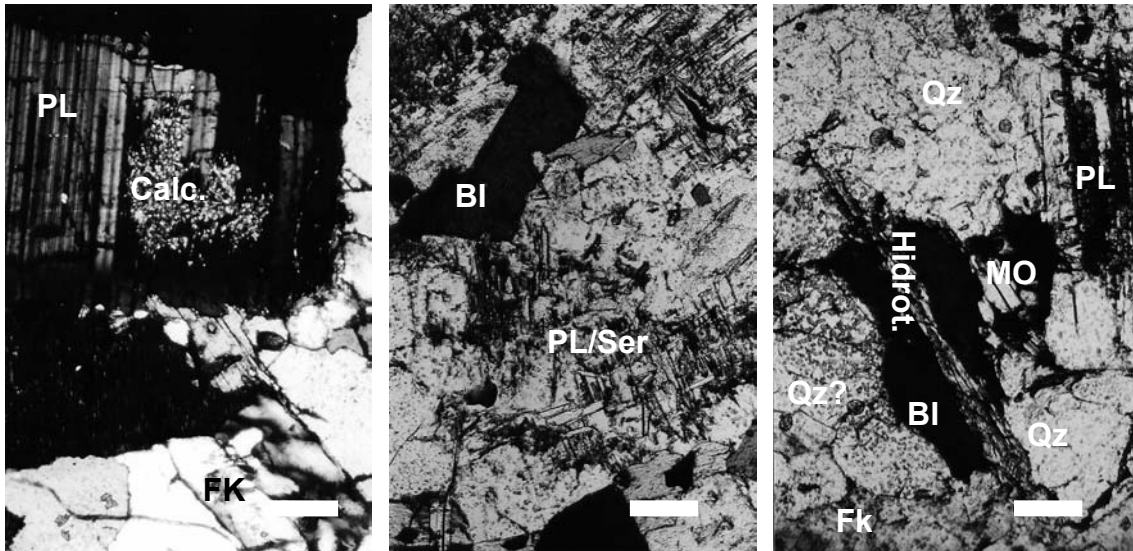
⇒ Também no caso das **biotites**, os resultados da **pedreira de Póvoa de Lanhoso** demonstram que a **transformação das frentes de desmonte em Clastos ou em Lamas pouco condiciona as percentagens de PAS**, contudo, são as Lamas as amostras mais afectadas pelas alterações supergênicas (que no entanto são < 45% da secção do mineral). Em **Amares é bem visível a fase terminal da meteorização das biotites das Lamas** e a disparidade de valores de percentagem de PAS, relativamente aos Clastos do Lameiro, Solos artificial e Frentes de desmonte azuis e amarelas. Em média, as BI das frentes amarelas estão mais descoloradas que as azuis.



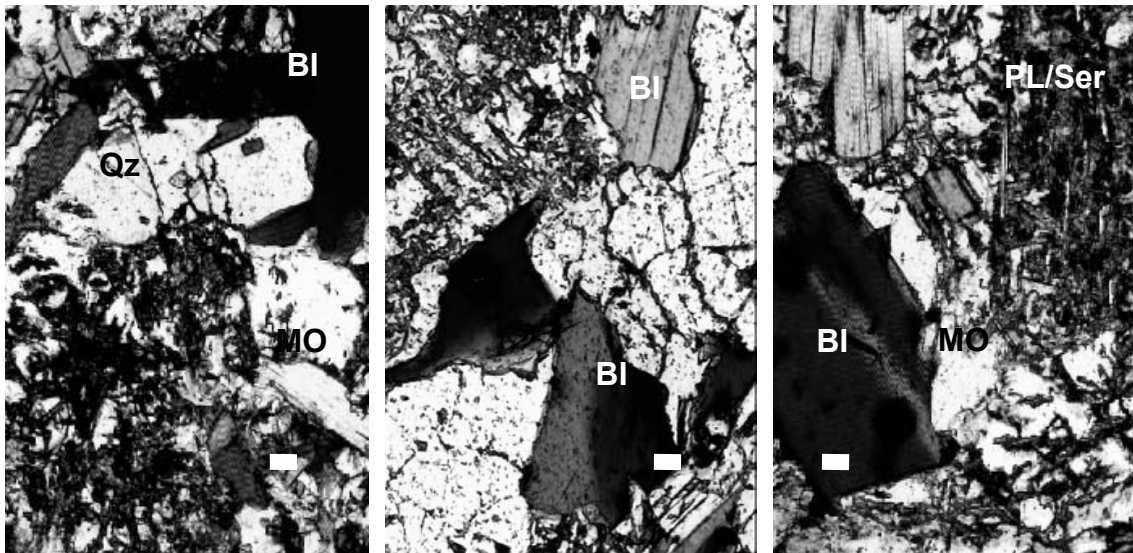
**Fig. 5.3** - Granito Azul de grão médio da frente de desmonte - Pedreira de PÓVOA DE LANHOSO. Fotografias 1:17, 1:5 e 1:15 da Tabela 5.1.(Escala = 200 µm).



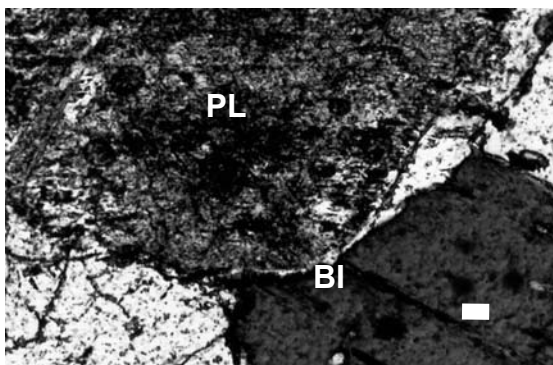
**Fig. 5.4** - Granito Azul de grão fino da frente de desmonte da Pedreira de PÓVOA DE LANHOSO. Fotografias 1:4 e 1:6 da Tabela 5.1. (Escala = 200 µm).



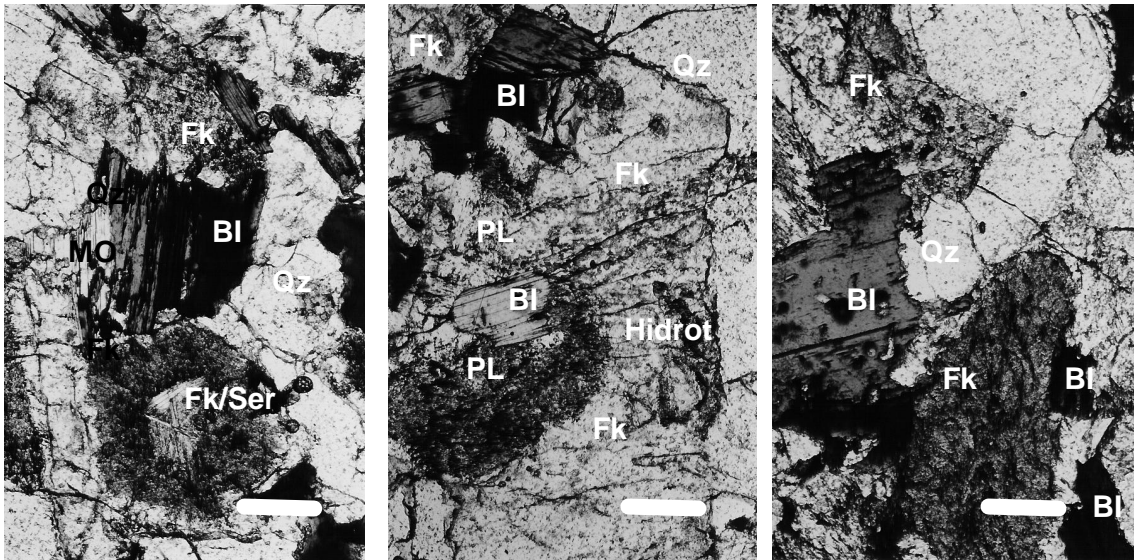
**Fig. 5.5** - Formações hidrotermais no granito Azul de grão médio da frente de desmonte Pedreira de PÓVOA DE LANHOSO. Fotografias 1:19 (nicóis cruzados), 1:27 e 1:32 da Tabela 5.1. (Escala = 200  $\mu$ m).



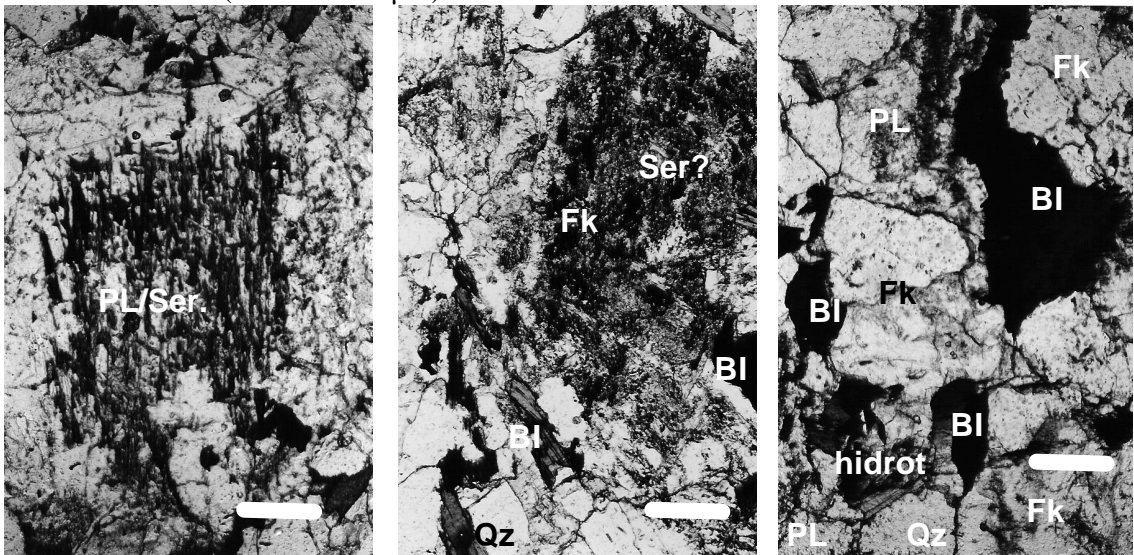
**Fig. 5.6** - Clasto de escombeira B21- Pedreira de PÓVOA DE LANHOSO. Fotografias b212, b213 e b211 da Tabela 5.1. (Escala = 200  $\mu$ m).



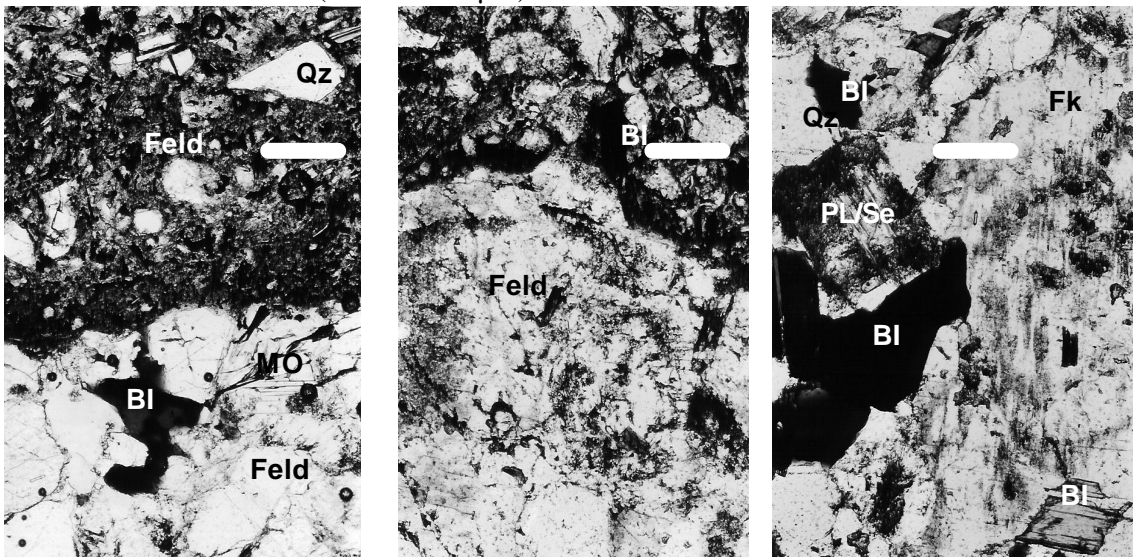
**Fotografia 5.7** - Clasto de escombeira B22 Pedreira de PÓVOA DE LANHOSO. Fotografias b22 da Tabela 5.1. (Escala = 200  $\mu$ m).



**Fig. 5.8** - Granito Azul da frente de desmonte da Pedreira de AMARES. Fotografias 3:10, 3:9 e 3:6 da Tabela 5.2. (Escala = 200 µm).



**Fig. 5.9** - Granito Amarelo da frente de desmonte da Pedreira de AMARES. Fotografias 1:34, 2:24 e 1:36 da Tabela 5.2. (Escala = 200 µm).



**Fig. 5.10** - Clastos das Lamas CF1 e CF2 e do Solo CF3 - Pedreira de AMARES. Fotografias 8:2, 8:5 e 4:23 da Tabela 5.2. (Escala = 200 µm).

### 5.3 - SAIBREIRAS DO MONTE DE VASCONCELOS E CANCELA DE CHÃOS

#### A1) Fácies primitiva

As Saibreiras do Monte de Vasconcelos e Cancela de Chãos são caracterizadas por uma fácies primitiva de granito essencialmente biotítico, porfiróide de grão **grossoiro a médio**. É de notar que nas proximidades da Saibreira de Cancela de Chãos se regista a ocorrência de um afloramento de rochas **corneanas pelíticas e quartzo feldespáticas**.

#### A.2) Percentagens de Produtos de Alteração Hidrotermal (PAH)

Apesar de pertencerem à mesma fácies primitiva, observou-se uma maior percentagem relativa de minerais com alterações hidrotermais em Cancela de Chãos com **(35%)**, que no Monte de Vasconcelos com **22%**.

No **Monte de Vasconcelos** observou-se a formação pontual (<10% da área do mineral) de *calcite* e *texturas sericíticas*, nas **Plagioclases** e de *moscovite II* nas **biotites**.

Em **Cancela de Chãos** a maior parte das alterações hidrotermais figuram nos **FK** e **PL** das frentes desmonte, tanto activas como inactivas:

- o tipo de alteração hidrotermal na maior parte dos FK é dificilmente identificável ao microscópio, no entanto pode abranger entre 5 e 20% da área dos feldspatos;
- nas PL os PAH ocupam 5 a 40%, sendo a maior parte minerais de *calcite*;
- com menor frequência que os feldspatos, as **BI** também apresentam PAH: são formações de *moscovite II* com extensões entre 5 e 10% da área do mineral, e halos de *cloritizações* a partir dos rebordos das MO, que atingem entre 15 e 20% da área das BI.

#### A.3) Percentagens de Produtos de Alterações Supergénicas (PAS)

Apesar do método utilizado permitir a identificação de feldspatos nas amostras do **Monte de Vasconcelos**, não foi possível reunir dados acerca do estado petrográfico das **PL** das Lamas e respectivos Clastos – observou-se contudo nas britas amarelas a tendência para maiores percentagens de PAS do que nas azuis.

Na saibreira de **Cancela de Chãos** as **PL** foram, em média, **gradualmente ganhando PAS** desde as Frentes de desmonte azuis, amarelas e inactivas até aos Clastos de



escombreira (11%, 26%, 36% e 76% respectivamente); As Lamas, muito possivelmente devido à granulometria, já não manifestam, através deste método, a presença de PL.

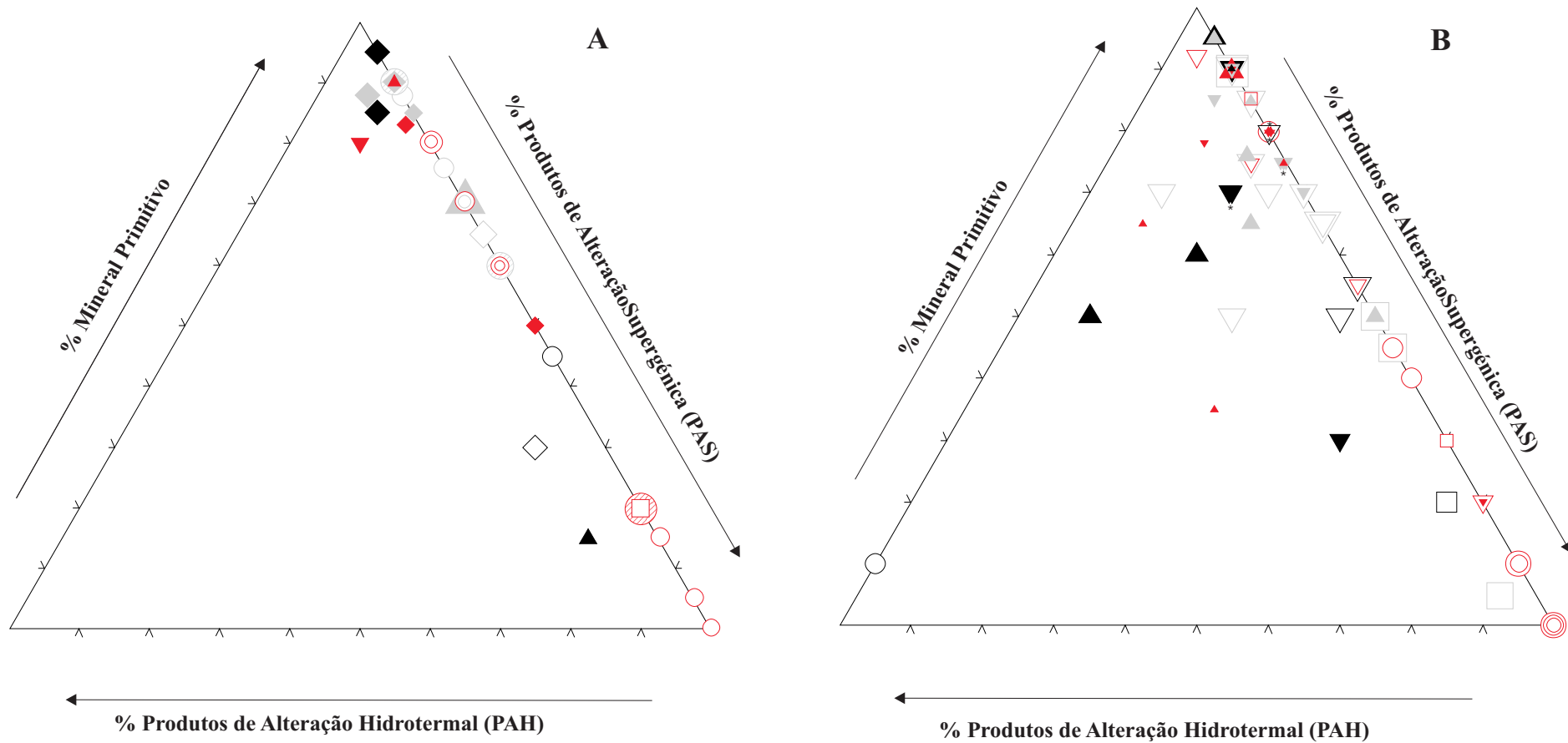
Quanto aos **FK** da saibreira do **Monte de Vasconcelos** parece haver uma propensão para a **homogeneidade das percentagens de PAS** que não ultrapassam os 40%; Com efeito, a neoformação de minerais ocorre nos mesmos padrões quer se trate das Frentes, Clastos ou Lamas o que sugere, tal com nas Pedreiras, o **baixo impacte da actividade extractiva na formação de PAS dos FK**.

Em **Cancela de Chãos** os FK apresentam a mesma tendência embora o dasto de escombreira presente em média o dobro da área invadida por PAS relativamente às Frentes de desmonte (azuis, amarelas e inactivas). A partir destes resultados será pertinente questionar o **papel da matéria orgânica nas alterações supergénicas dos FK**. Por último, regista-se ainda a ausência de resultados na pesquisa de **FK nas Lamas desta Saibreira**, pelo que se conclui que, a haver, **estarão tão subgranulados** que nas ampliações utilizadas não foi possível o seu diagnóstico.










Nas duas explorações é a **biotite** que, na globalidade dos materiais, apresenta maiores percentagens de PAS.

No **Monte de Vasconcelos** os PAS consistem sobretudo em *descolorações* e ocasionalmente pontuações de óxidos opacos; É possível definir um intervalo entre os 50 e 80% em que não existe qualquer amostra com PAS. No intervalo com menores percentagens de PAS **nas BI**, encontram-se as Frentes de desmonte (azuis e amarelas), as Britas azuis e algumas Lamas, **com mais de 80%** de PAS, surgem os Clastos de escombreira e Lameiro, e também as Lamas – estes dados ilustram **o ganho de PAS e perda de material primitivo (biotite) pelos produtos artificiais** (provenientes das Frentes) e também a **fase plena de alteração supergénica das BI dos Lameiros**.

Em **Cancela de Chãos** ocorre uma maior diversidade de PAS uma vez que foram observadas algumas *cloritizações*, para além das *argilizações* e *óxidos opacos*. Embora estas cloritizações sejam consideradas como PAS, é de realçar que esta Saibreira apresentou mais 13% de produtos de alteração hidrotermal (PAH) nas biotites que o Monte de Vasconcelos havendo também cloritizações mas, de origem hidrotermal. Em média a percentagem de **PAS nas BI vai aumentando** ao longo da sequência: Frente activa azul, Frente activa amarela, Frente inactiva, Clasto de escombreira e Minerais de Lamas (**18%, 28%, 37%, 42% e 76%**, respectivamente), ou seja, na **sequência da actividade extractiva**, tal como em Cancela de Chãos. É de realçar o **incremento de 4,2 X nos efeitos da meteorização das BI, na passagem das Frentes de desmonte azuis para as Lamas**.



**Legenda:**

- |   |                      |   |                                  |   |   |   |                    |   |                   |
|---|----------------------|---|----------------------------------|---|---|---|--------------------|---|-------------------|
|  | Plagioclase          |  | Biotite                          |    | Frente de desmonte azul/amarela (activas) |  | Brita azul/amarela |  | Clasto de Lameiro |
|  | Feldespato potássico |  | Frente desmonte amarela inactiva |  | Clasto de Escombreira                     |  | Minerais de Lamas  |   |                   |

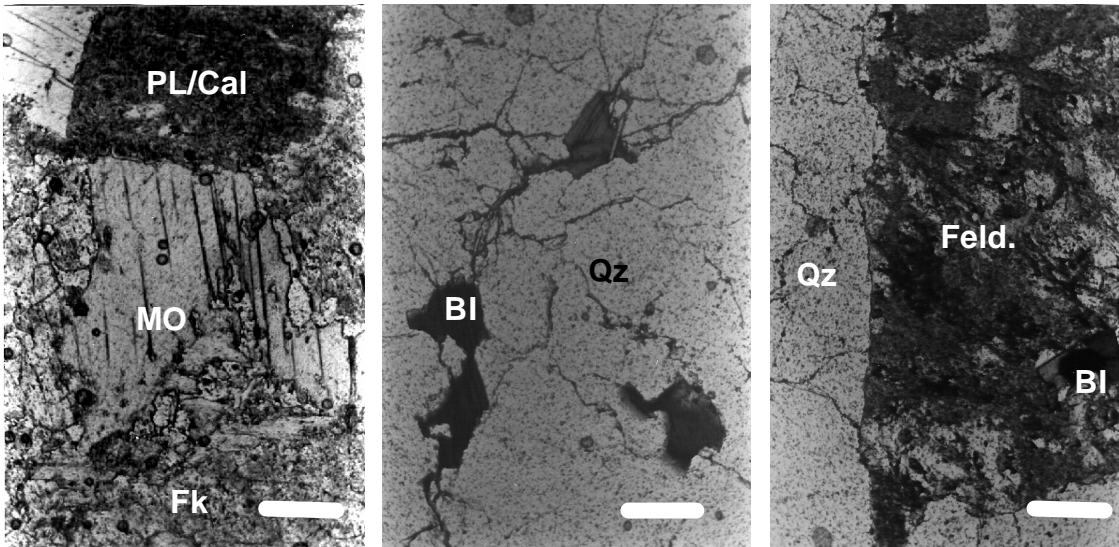
\* Casos em que os símbolos correspondentes aos mesmos valores sofreram um pequenos desvio de modo a serem visíveis na projecção em diagrama.

**Fig. 5.11** - Projecção dos valores das Tabelas 5.3 e 5.4 correspondentes aos minerais primários e respectivas áreas invadidas por PAH e PAS, nas SAIBREIRAS DO MONTE DE VASCONCELOS (A) e CANCELA DE CHÃOS (B).

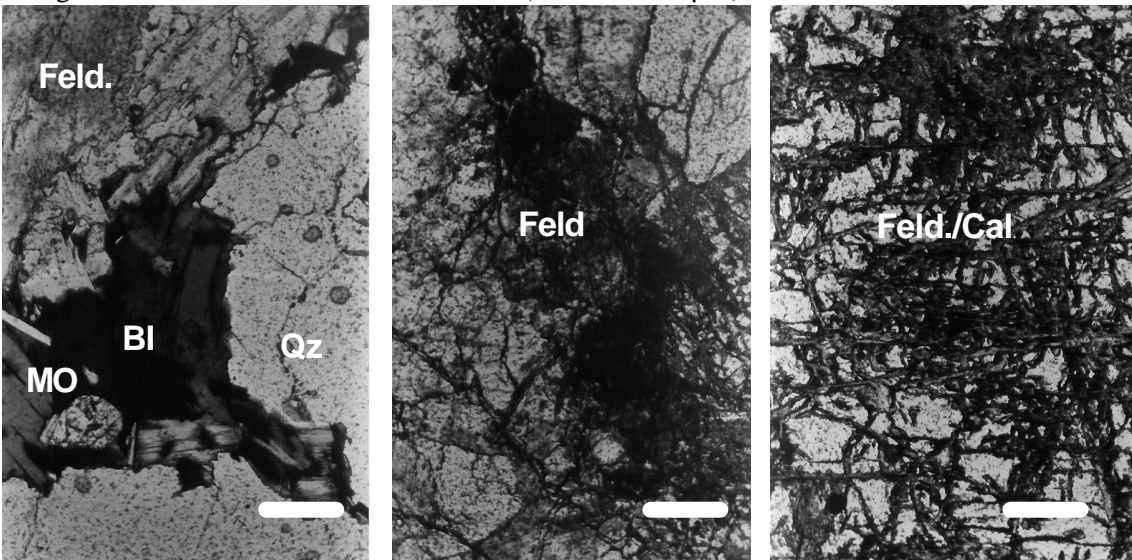


## EVOLUÇÃO PARAGENÉTICA

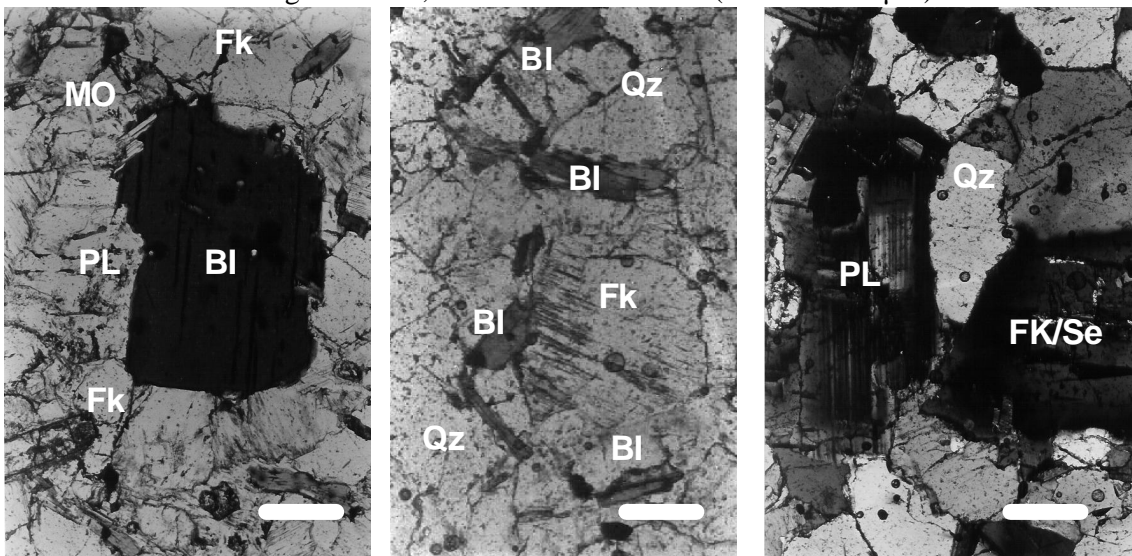
- ⇒ É importante salientar o facto de que os minerais invadidos por PAH são preponderantes nas amostras de mão (Frentes de desmonte, Clastos e Britas). A total ausência destes produtos, nos materiais residuais finos analisados – LAMAS – sugere que a **subgranulação artificial é selectiva quanto aos PAH e permeável à acumulação de Produtos de Alteração Supergénica**, todavia, perante os dados obtidos, não é possível demonstrar a relação de causalidade entre a diminuição de PAH com aumento de PAS.
- ⇒ Os minerais de PL revelam **grande sensibilidade ao longo do processo extractivo** na Saibreiras sobretudo, ao nível das **Lamas em que praticamente não foram detectadas** por este método. Também parece ter **alguma influência a presença de matéria orgânica** já que foi detectada uma perda substancial de PL (mineral primitivo) aquando da transformação das Frentes em Clastos de escombreira.
- ⇒ Os resultados da análise das perdas e ganhos de **FK revelam um equilíbrio** destes minerais ao longo da diversidade de objectos geológicos produzida **durante e após a extracção**. Tal como nas PL as Lamas apresentam poucos vestígios de minerais de FK do que se conclui que a **formação de Lamas segrega eventuais sedimentos de FK, ou então implica a sua conversão em PAS**.
- ⇒ **A evolução paragenética da biotite é mais perceptível** que dos minerais anteriores através deste método, uma vez que é possível localizar intervalos de percentagens de PAS para os vários objectos geológicos que compõem as Saibreiras. Assim, é visível que **a alteração das BI é gradual ao longo da extracção e acumulação de resíduos**, no entanto, parece apresentar **maior resistência à formação de PAS que os feldspatos** isto porque, ao contrário dos anteriores, não só caracterizam as próprias Lamas como ainda apresentam as propriedades ópticas necessárias à sua identificação e análise.



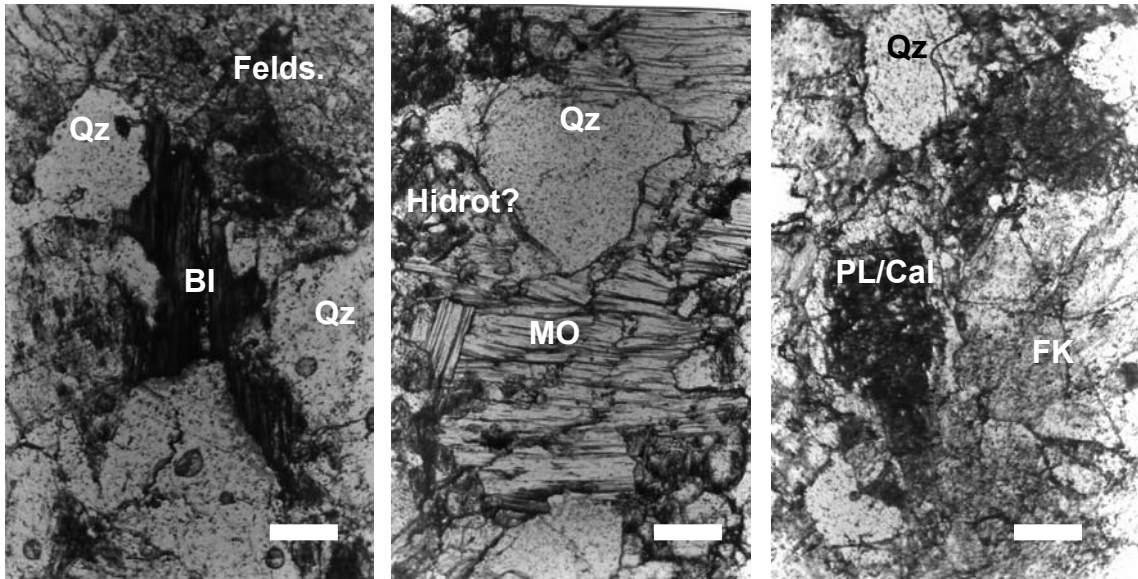
**Fig. 5.12** - Frente de desmonte Azul (MVZ) da Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS. Fotografias 9:11, 9:15 e 9:14 da Tabela 5.3. (Escala = 200  $\mu$ m).



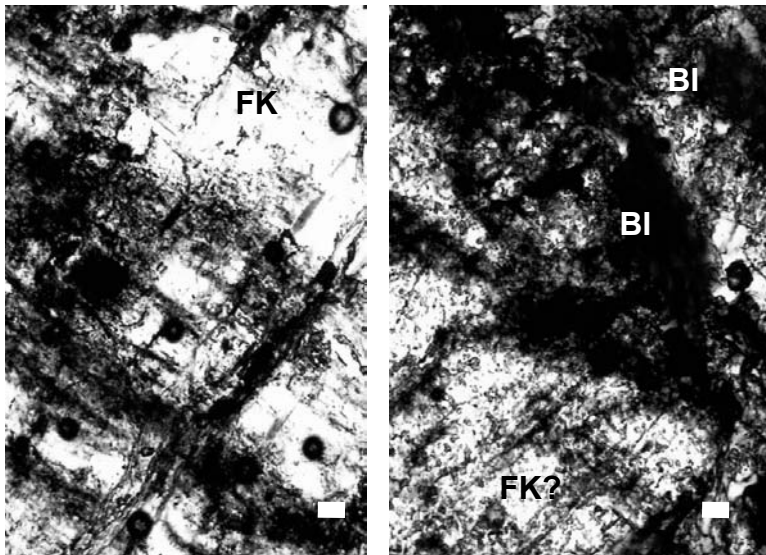
**Fig. 5.13** - Frente de desmonte Amarela (MVA) da Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS. Fotografias 9:10, 9:9 e 9:5 da Tabela 5.3. (Escala = 200  $\mu$ m).



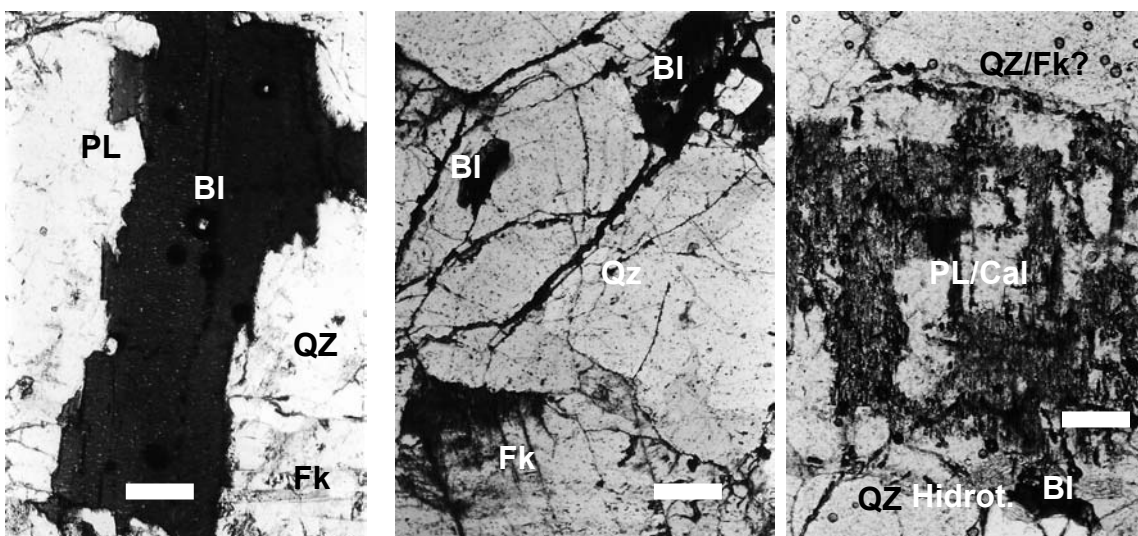
**Fig. 5.14** - Brita Grosseira Azul - Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS. Fotografias 9:25, 9:24 e 9:22 da Tabela 5.3. (Escala = 200  $\mu$ m).



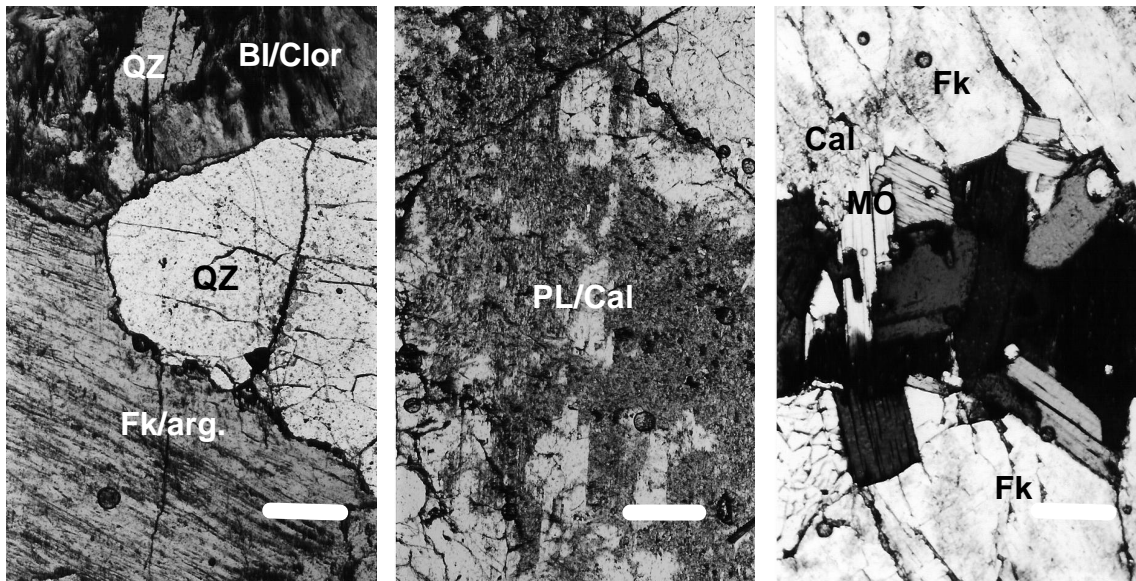
**Fig. 5.15** - Brita Grosseira Amarela - Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS. Fotografias 9:19, 9:21 e 9:20 da Tabela 5.3. (Escala =200  $\mu$ m)



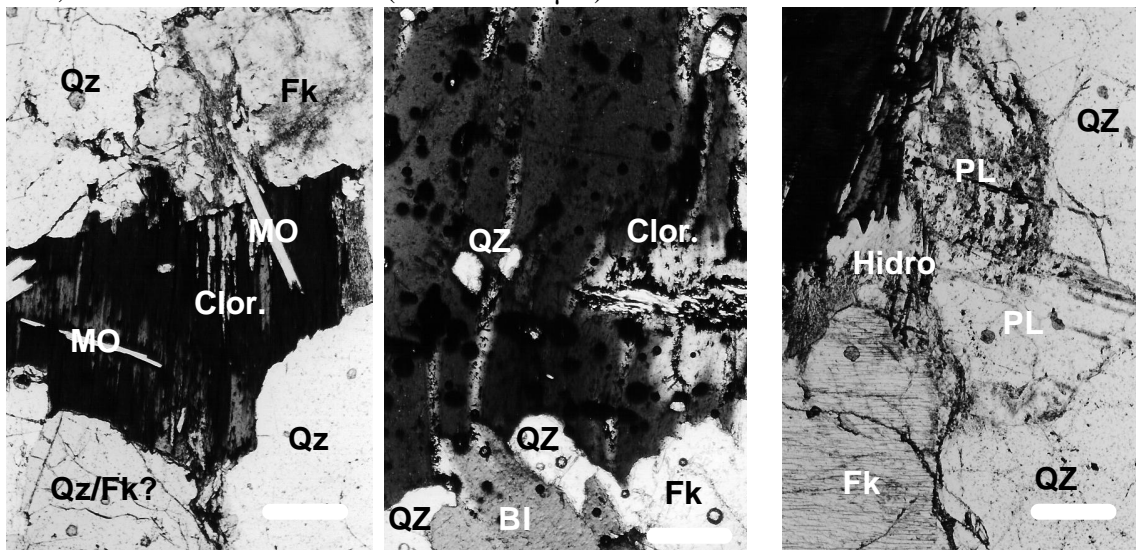
**Fig. 5.16** - Clasto da Lama AC (sedimentação) da Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS. Fotografias ac1e ac2 da Tabela 5.3. (Escala = 200  $\mu$ m)



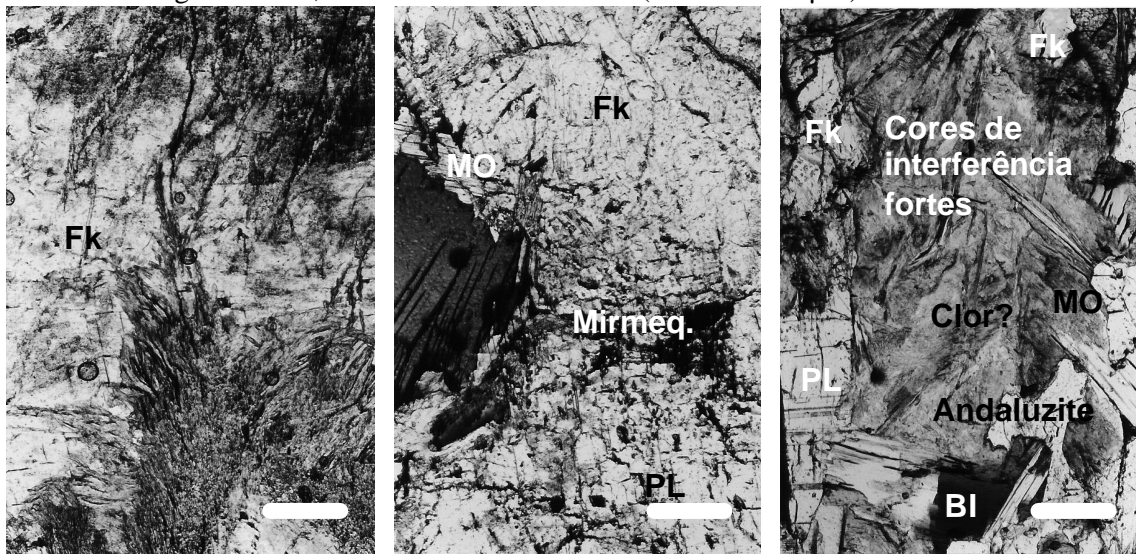
**Fig. 5.17** - Frente de desmonte azul da Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias 4:1, 3:11 e 2:20 da Tabela 5.3. (Escala =200  $\mu$ m)



**Fig. 5.18** - Frente de desmonte amarela da Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias 3:34, 3:36 e 3:29 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m).

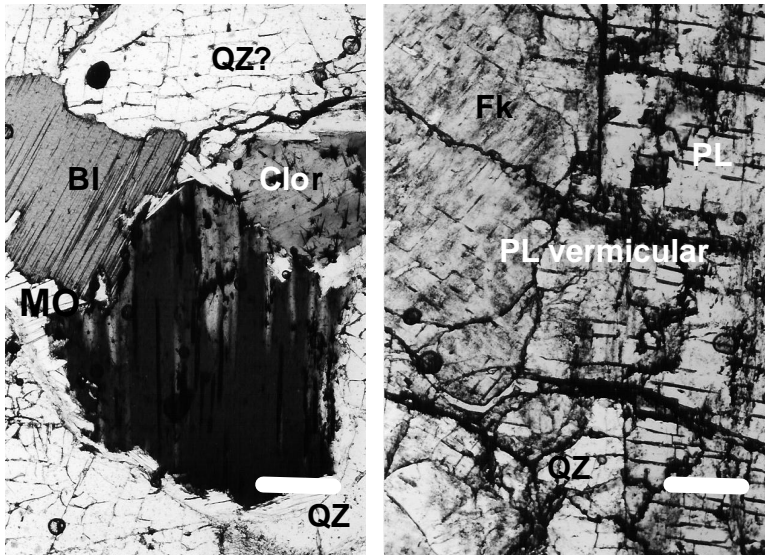


**Fig. 5.19** - Formações hidrotermais na frente de desmonte azul da Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias 3:12, 2:21 e 2:34 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m).

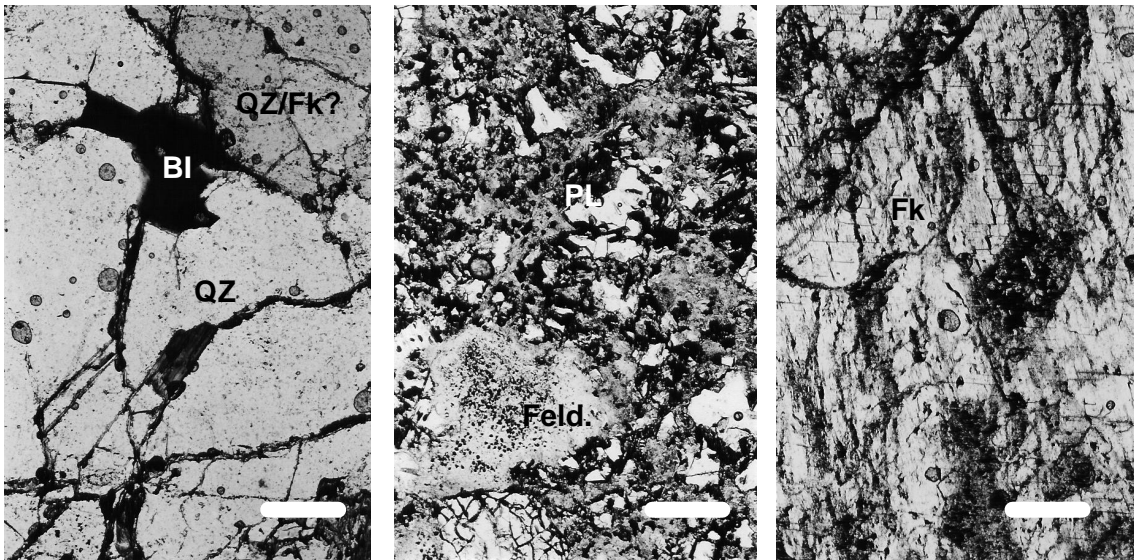


**Fig. 5.20** - Formações hidrotermais na frente de desmonte amarela da Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias 3:33, 3:35 e 3:32 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m).

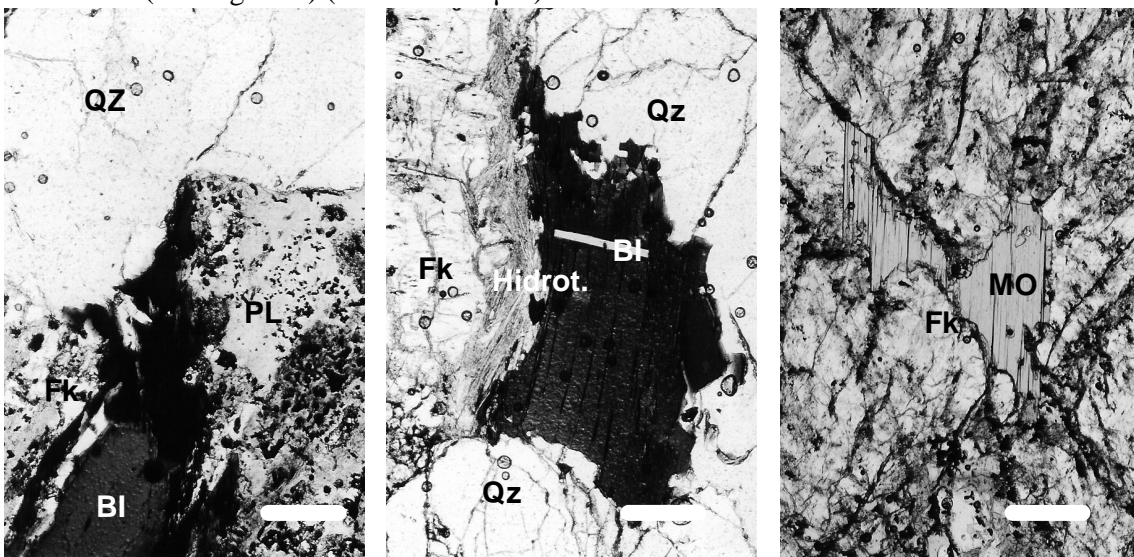




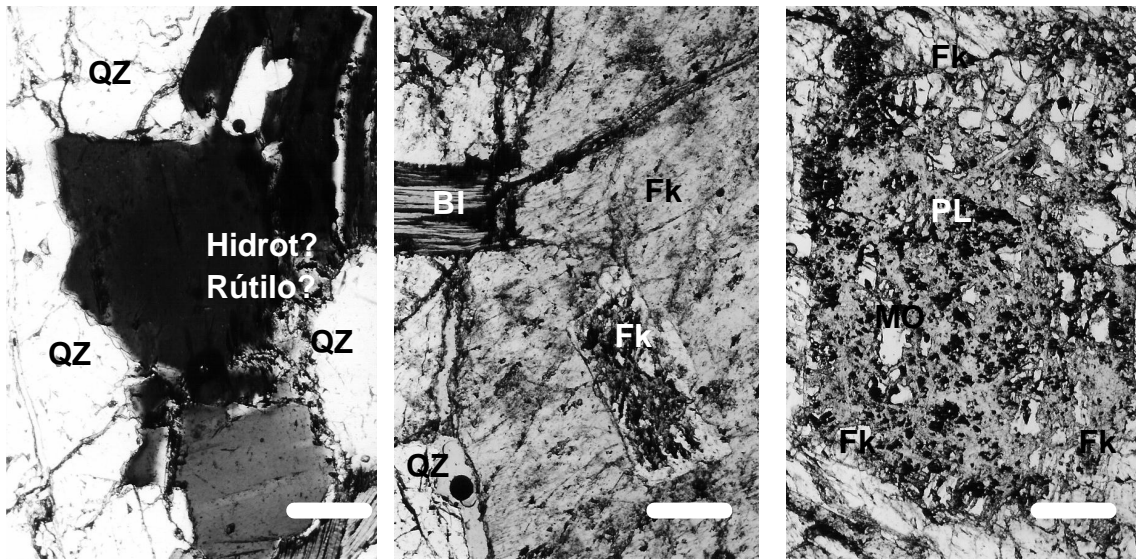
**Fig. 5.21** - Formações hidrotermais na frente de desmonte amarela da Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias 3:37 e 3:22 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m)



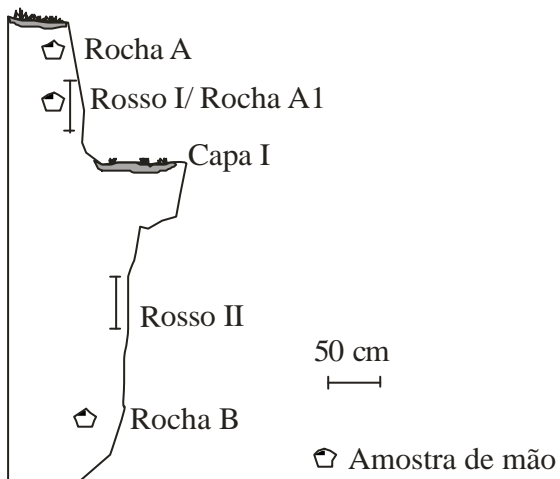
**Fig. 5.22** - Rocha A da Saibreira de CANCELA DE CHAOS. Fotografias 4:14, 4:7 e 4:4 da Tabela 5.4. (Ver Fig. 5.25) (Escala = 200  $\mu$ m).



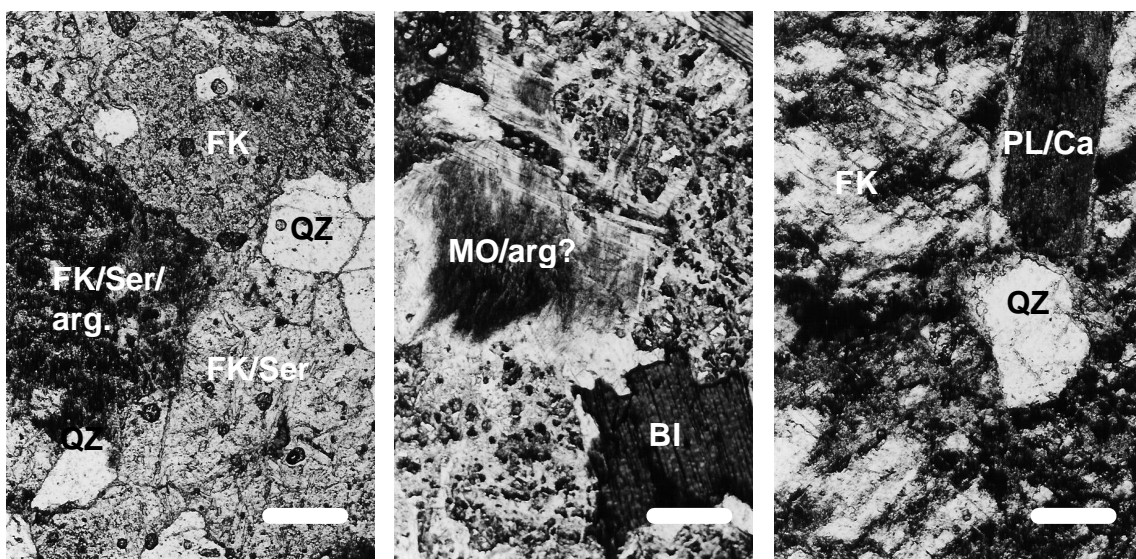
**Fig. 5.23** - Rocha A1 - Saibreira de CANCELA DE CHAOS. Fotografias 4:18, 4:15 e 4:20 da Tabela 5.4. (Ver Fig. 5.25) (Escala = 200  $\mu$ m).



**Fig 5.24 - Rocha B - Saibreira de CANCELA DE CHAOS.** Fotografias 3:21, 3:20 e 3:16 da Tabela 5.4. (Ver Fig. 5.25) (Escala = 200  $\mu$ m).

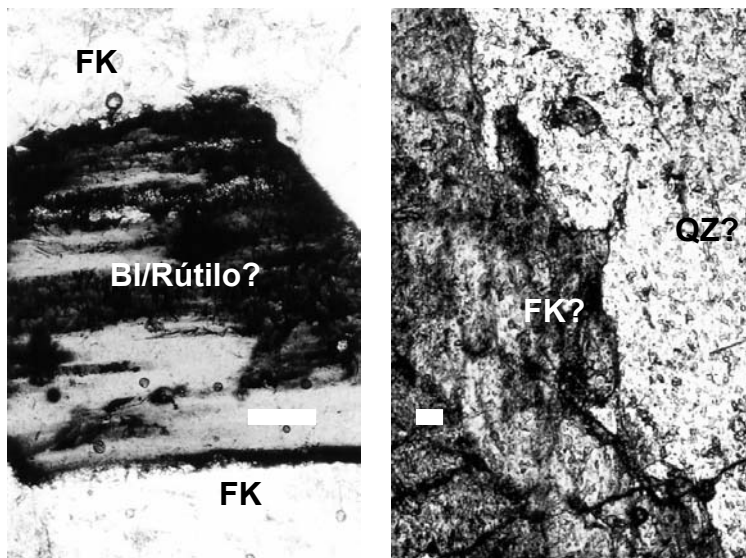


**Fig. 5.25 - Distribuição espacial das Amostras de mão da Frente Inativas de CANCELA DE CHAOS.**



**Fig. 5.26 - Clastos de escombrelas ES1, ES2 e ES3 da Saibreira de CANCELA DE CHAOS.** Fotografias 6:7, 6:11 e 6:14 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m).





**Fig. 5.27** – Clasto de escombreira EE da Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias 6:19 e ee da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m).

## 5.B – PADRÕES TEXTURAIS DAS LAMAS

Os padrões texturais das lambras das pedreiras são macroscopicamente muito distintos dos das lambras das Saibreiras. Nas primeiras ocorrem granulometrias de Minerais Primitivos mais grosseiras para além de predominar o tom cinza, enquanto que nas lambras das saibreiras são notórias granulometrias mais finas (até macias ao tacto) para além da cor tender para os tons alaranjados. É importante realçar, que à semelhança da caracterização granulométrica, também se considerou na análise textural, a distribuição espacial das lambras nos estaleiros. Assim, os caso-chave definidos neste item são:

- LAMAS DE PEDREIRAS versus LAMAS DE SAIBREIRAS - 5.4
- LAMAS DE SUSPENSÃO/ESCORRÊNCIA versus LAMAS SEDIMENTADAS – 5.5

O método utilizado neste item consistiu no cálculo da percentagem da área de cada fotografia das amostras das Lambras ocupada por Materiais primitivos, Óxidos opacos e pela restante Matriz. Através de um decalque em acetato fez-se a estimativa desta área e que está traduzida na Tabela 5.5.

### B.1) Percentagem de Material primitivo

Neste tipo de amostras (desagregadas) entende-se por material primitivo todo o grão ou lâmina que expresse as propriedades ópticas do quartzo, dos feldspatos (potássico ou Plagioclase) ou biotite; Dada a reduzida dimensão da maioria dos minerais em questão, não foram contabilizadas, neste âmbito, as áreas invadidas por PAH e PAS.

Foto	Amostra	% Mineral Primitivo (B1)	% Óxidos Opacos (B2)	% Matriz B3)
<b>Pedreira de PÓVOA DE LANHOSO</b>				
8:36	Lama S	25	20	55
8:31	Lama S	45	38	17
8:27	Lama S	20	20	60
<b>Pedreira de AMARES</b>				
8:01	Lama CF1	15	16	69
8:04	Lama CF1	12	9	79
Lama cf11	Lama CF1	#	#	#
Lama cf12	Lama CF1	#	#	#
8:07	Lama CF2	40	25	35
8:06	Lama CF2	17,5	22,5	60
Lama cf21	Lama CF2	#	#	#
Lama cf22	Lama CF2	#	#	#
<b>Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS</b>				
4:32	Lama 1	1,5	32	66,5
5:15	Lama 1	6	31	63
4:30	Lama 2	3,8	11,2	85
5:00	Lama 2	25	13	62
5:21	Lama D	10	22,5	67,5
5:17	Lama D	17,5	27,5	55
<b>Saibreira de CANCELA DE CHÃOS</b>				
x1	Lama X	#	#	#
x2	Lama X	#	#	#
8:14	Lama Y sup	12	10	78
8:22	Lama Ysed	9	14	77
8:18	Lama Ysed	9	19	72
8:09	M3	10	20	70
m32	M3	#	#	#

**Tabela 5.5** - Percentagem das áreas ocupadas em cada fotografia pelos Minerais Primitivos, Óxidos Opacos e pela Matriz. # - Fotografias digitais

### B.1) Percentagem de Material primitivo

Neste tipo de amostras (desagregadas) entende-se por material primitivo todo o grão ou lâmina que expresse as propriedades ópticas do quartzo, dos feldspatos (potássico ou Plagioclase) ou biotite; Dada a reduzida dimensão da maioria dos minerais em questão, não foram contabilizadas, neste âmbito, as áreas invadidas por PAH e PAS.

### B.2) Percentagem de Óxidos opacos

Os óxidos opacos apresentam, nestes materiais um tom avermelhado que normalmente se atribui aos óxidos de Fe. A formação destes óxidos pode resultar da acumulação de Fe perdido pelas biotites que entretanto se convertem em vermiculite, clorite ou mesmo outras argilas, ou mesmo da formação biogénica de óxidos de Fe comprovada por CHÂTELLIER *et al* (2001) por bactérias como *Bacillus subtilis* e *Escherichia coli*.



### B.3) Percentagem de Matriz

A matriz compreende uma diversidade grande de situações não contempladas nos pontos anteriores. Recorde-se que todas as amostras solidificaram em estufa a 40°C e os interstícios foram preenchidos com cola, que solidificou lentamente, também em estufa.

A matriz das preparações é portanto preenchida por:

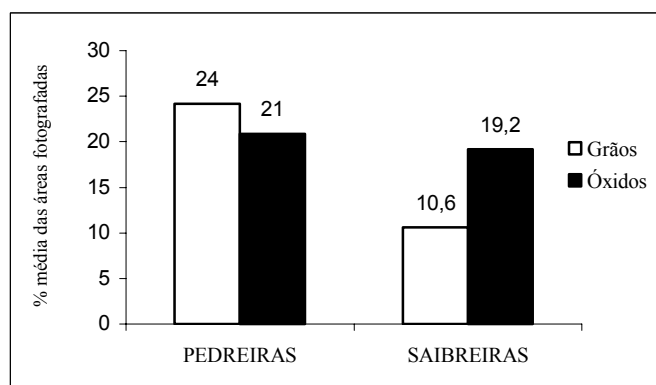
- Argilas;
- Óxidos dispersos não mensuráveis nas ampliações utilizadas;
- Plasmas ferruginosos - formações translúcidas, avermelhadas com aspecto plasmóide e que frequentemente acompanham minerais de biotite com pleocroísmo já fraco ou então dispersos na matriz fotografada da amostra;
- Resina.

### 5.4 - LAMAS DE PEDREIRAS *versus* LAMAS DE SAIBREIRAS

Como se pode verificar através dos dados obtidos por este método, as lamas das Pedreiras apresentam em média o dobro das percentagens das áreas cobertas por grãos não sendo evidentes diferenças quanto às percentagens médias de Óxidos, donde se pode concluir que **nas Pedreiras há uma maior resistência dos materiais à produção de PAS que nas Saibreiras**. No entanto, a **concentração de óxidos nas Lamas** parece obedecer aos mesmos padrões nos dois tipos de exploração o que é consentâneo com a **presença característica dos plasmas ferruginosos nas Lamas das Saibreiras** que preenchem a matriz das mesmas, conferindo assim o tom alaranjado que não existe nas Lamas das Pedreiras.

É importante relembrar que, para um estudo comparativo mais preciso destas dinâmicas, as condições ambientais (temperatura, tempo de deposição, etc) deverão ser monitorizadas já que interferem na manifestação das propriedades aqui observadas.

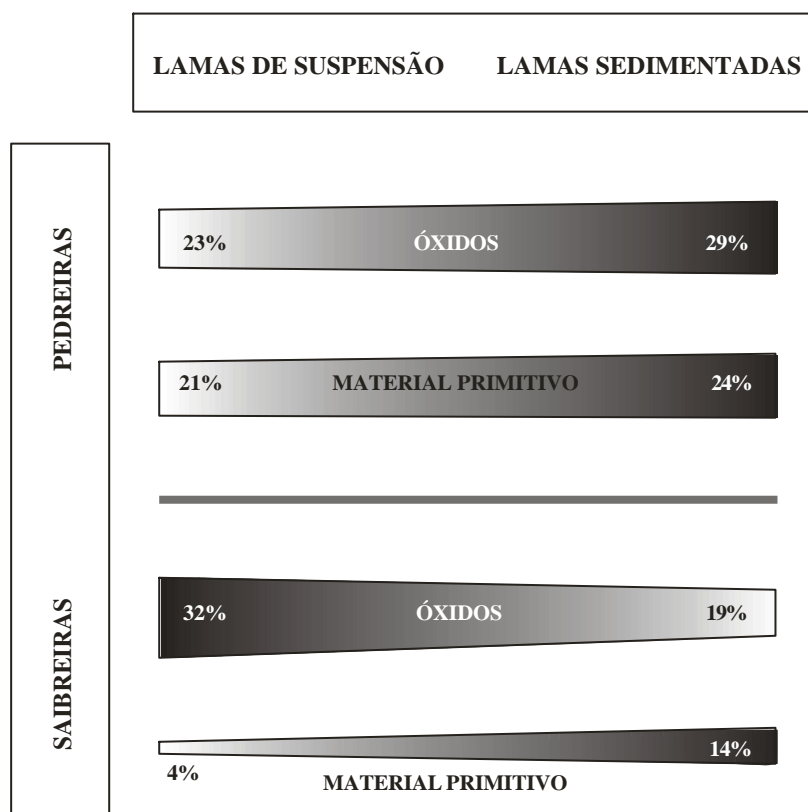
**Fig. 5.28** - Projecção do valor médio das percentagens de áreas fotografadas preenchidas por grãos e óxidos nas Lamas das PEDREIRAS e SAIBREIRAS (Tabela 5.5).



## 5.5 - LAMAS DE SUSPENSÃO/ESCORRÊNCIA *versus* LAMAS SEDIMENTADAS

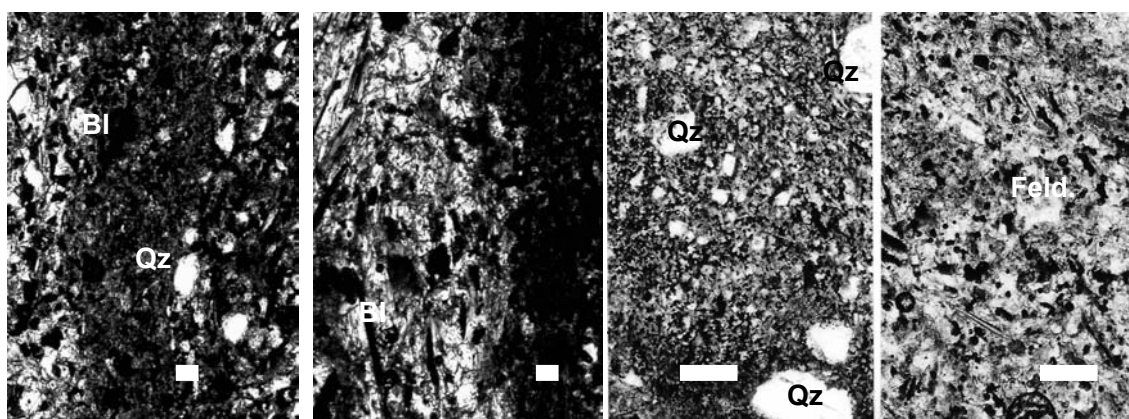
Tendo em conta a proveniência das lamas dentro das explorações é possível comprovar que a **razão óxidos/mineral primitivo** é menor nos **materiais sedimentados** do que nos que se encontram em **suspensão** ou que dela resultam. Recorde-se que o material primitivo compreende minerais de quartzo, feldspatos e filossilicatos e que as áreas calculadas sofrem um incremento significativo com a presença de clastos com massas superiores à densidade das Lamas.

Enquanto que nas PEDREIRAS o processo de sedimentação não parece produzir **reduções significativas na percentagem de Materiais primitivos nas lamas Sedimentadas**, nas SAIBREIRAS o contraste é maior (Fig.5.29) o que leva, mais uma vez, a reforçar a importância da decantação no processo de depuração das águas das Lagoas.

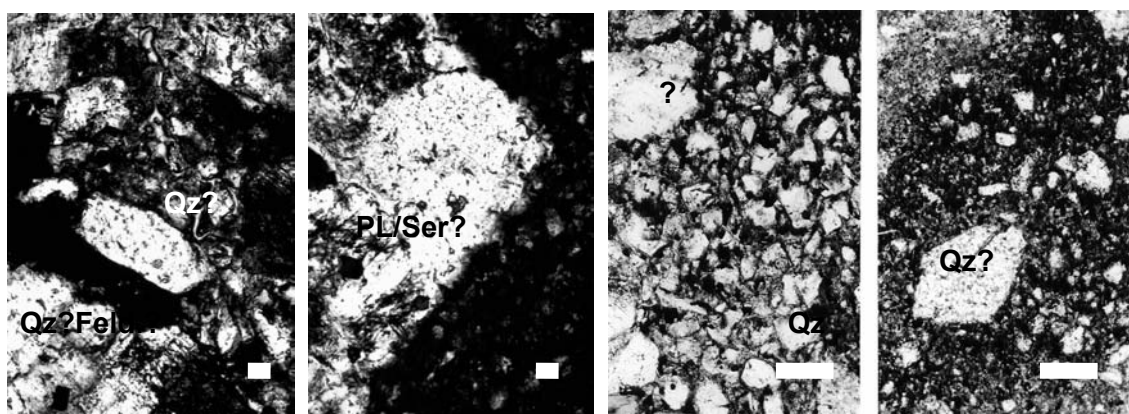


**Fig. 5.29-** Percentagens médias das áreas ocupadas por óxidos e material primitivo nas secções das amostras das Lamas de Suspensão e Sedimentação das Pedreiras e Saibreiras.(Dados da Tabela 5.5).

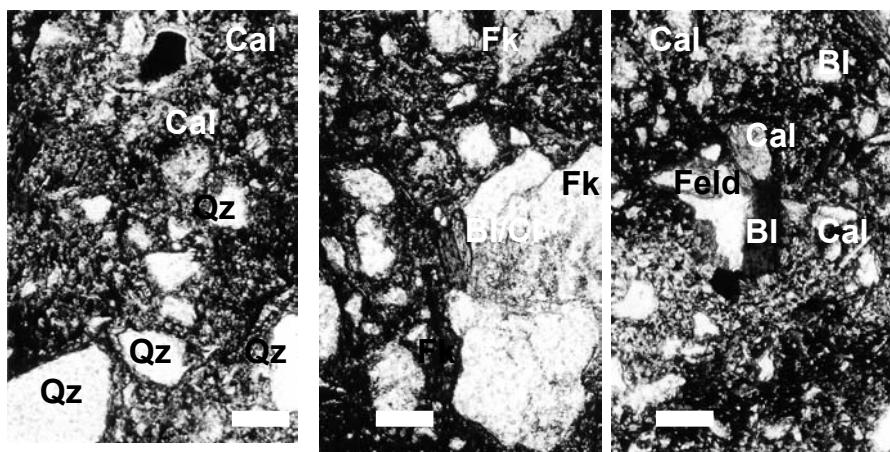
Por último, é de notar que os valores (Tabela 5.5) do horizonte **M3 da saibreira de Cancela de Chãos apresentam a mesma tendência** das Lamas Sedimentadas o que é previsível atendendo a que o talude M1-5 foi construído, precisamente com os materiais residuais das lagoas de decantação.



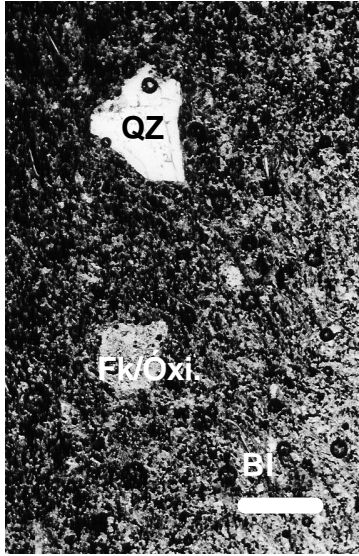
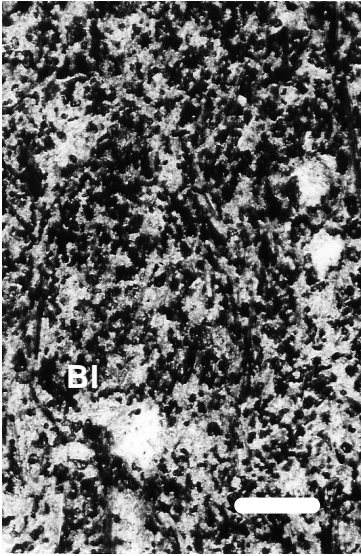
**Fig. 5.30** - Lamas CF1 (Poça a 2m da frente de escorrência de uma escombreira) da Pedreira de AMARES. Fotografias cf11, cf12, 8:1 e 8:4 da Tabela 5.2. (Escala = 200  $\mu$ m).



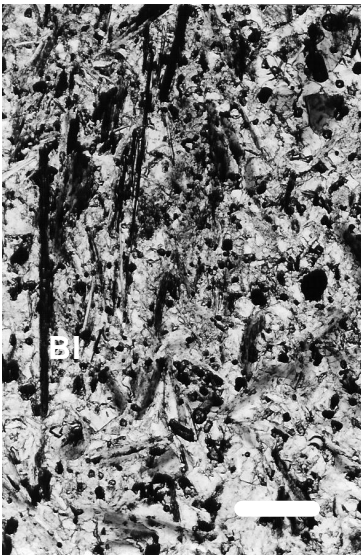
**Fig. 5.31** - Lamas CF2 (Poça a 1m da frente de escorrência de uma escombreira) da Pedreira de AMARES. Fotografias cf21, cf22, 8:7 e 8:6 da Tabela 5.2. (Escala = 200  $\mu$ m).



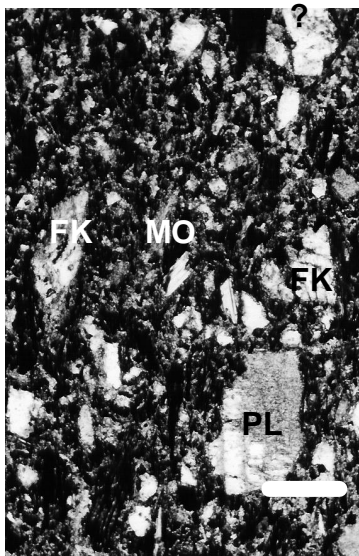
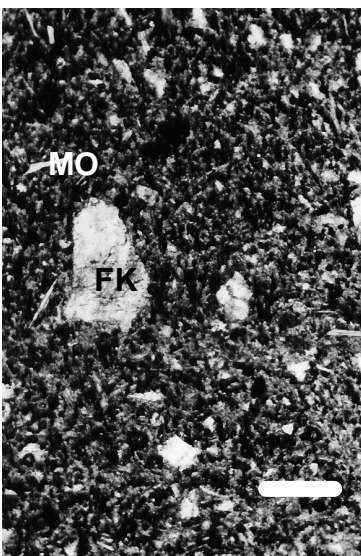
**Fig. 5.32** - Lama S (em suspensão) da Pedreira de PÓVOA DE LANHOSO. Fotografias 8:21, 8:36 e 8:27 da Tabela 5.1. (Escala = 200  $\mu$ m).



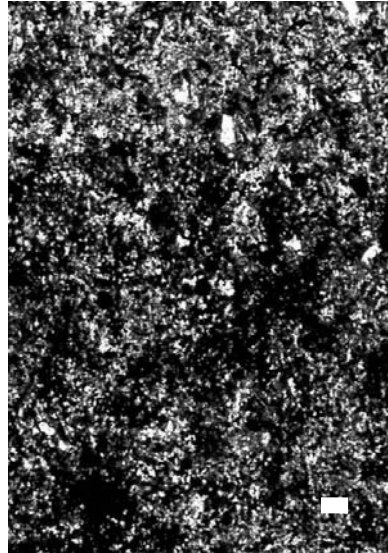
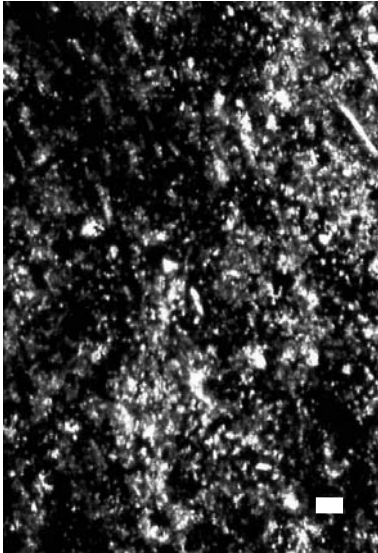
**Fig. 5.33** - Lama 1 (de suspensão) da Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS. Fotografias 4:32 e 5:15 da Tabela 5.3. (Escala = 200 µm)



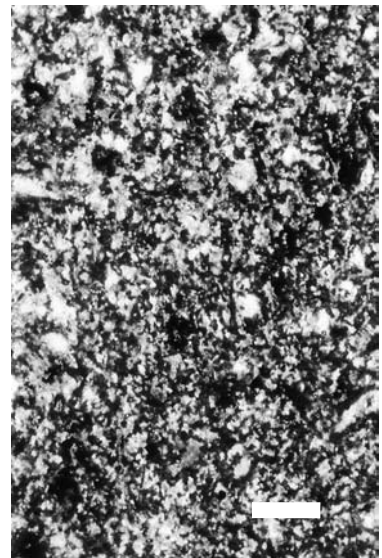
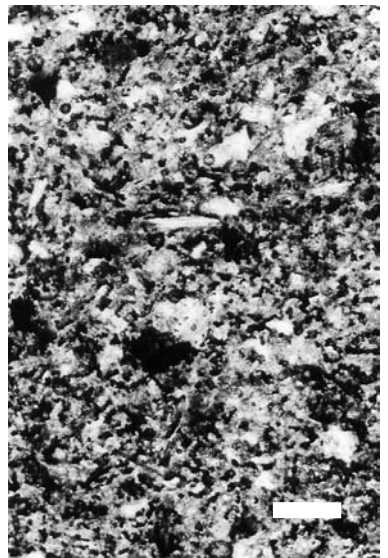
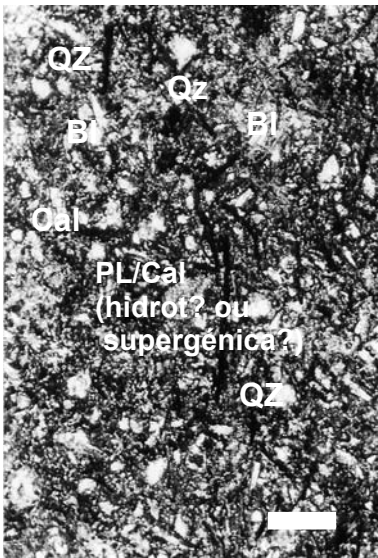
**Fig. 5.34** - Lama 2 (de sedimentação) Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS. Fotografias 4:30 e 5:0 da Tabela 5.3. (Escala = 200 µm)



**Fig. 5.35** - Lama D (de suspensão) Saibreira do MONTE DE VASCONCELOS. Fotografias 5:21 e 5:17 da Tabela 5.3. (Escala = 200 µm)

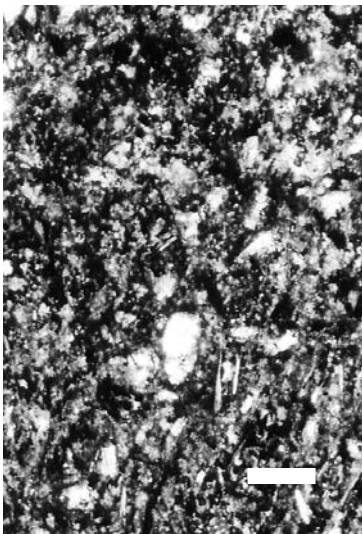


**Fig. 5.36** - Llama X (Lama em suspensão) da Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias x1 e x2 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m).



**Fig. 5.37** - Llama Y (película superficial) da Saibreira de CC. Foto 8:14 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m)

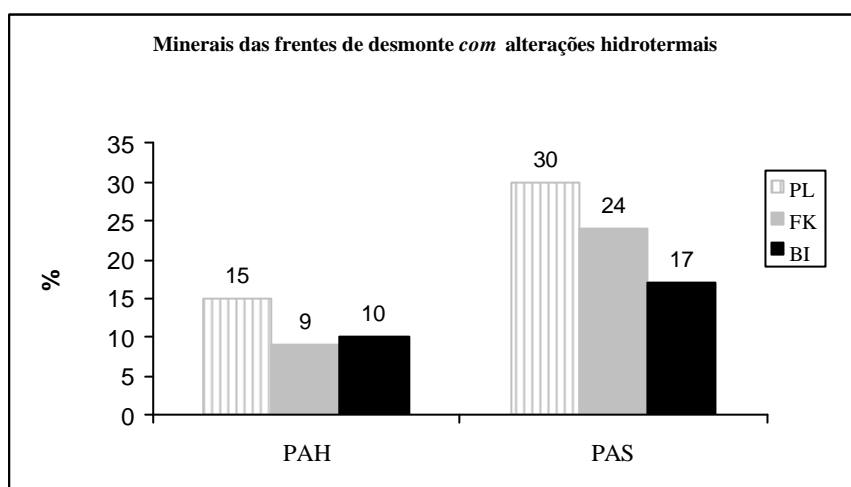
**Fig. 5.38** - Llama Y (em profundidade) da Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias 8:22 e 8:18 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m).



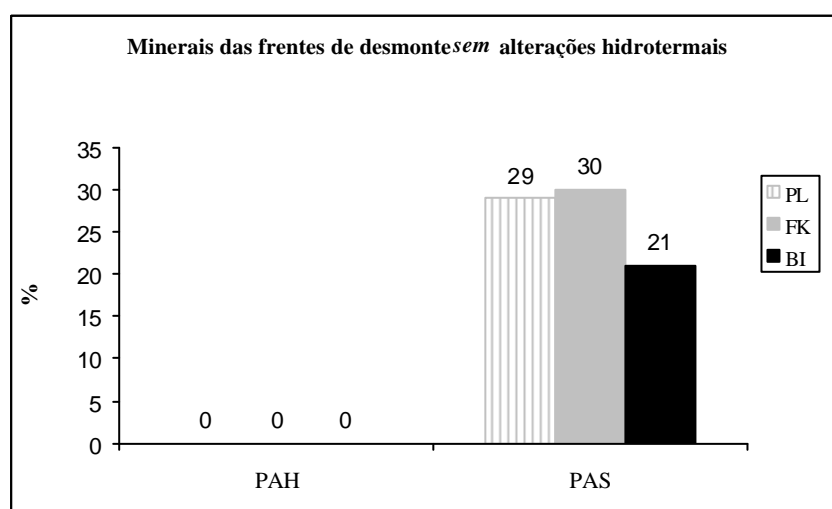
**Fig. 5.39** - Horizonte M3 (Perfil de escombreira) Saibreira de CANCELA DE CHÃOS. Fotografias 8:9 e m32 da Tabela 5.4. (Escala = 200  $\mu$ m).

## CONCLUSÕES

Retomando a questão levantada no início deste Capítulo conclui-se que, a presença de produtos de Alteração Hidrotermal, principalmente metassomática, apesar de contribuir para uma maior diversidade geoquímica dos materiais geológicos das explorações, não implica a neoformação de maiores percentagens de PAS que em minerais sem PAHidrotemais (Fig. 5.40 e 5.41). Uma explicação para este facto pode residir na possibilidade de os **materiais com PAH** terem sofrido processos de recristalização mais recentes e estarem, portanto mais próximos do equilíbrio supergénico sendo **mais resistentes aos agentes meteóricos em condições naturais e artificiais**.



**Fig. 5.40** – Médias percentuais de Produtos de Alteração Hidrotermal (PAH) e respectivas Alterações Supergénicas (PAS) dos minerais primitivos (PL, FK e BI) pertencentes às amostras das Frentes de desmonte.

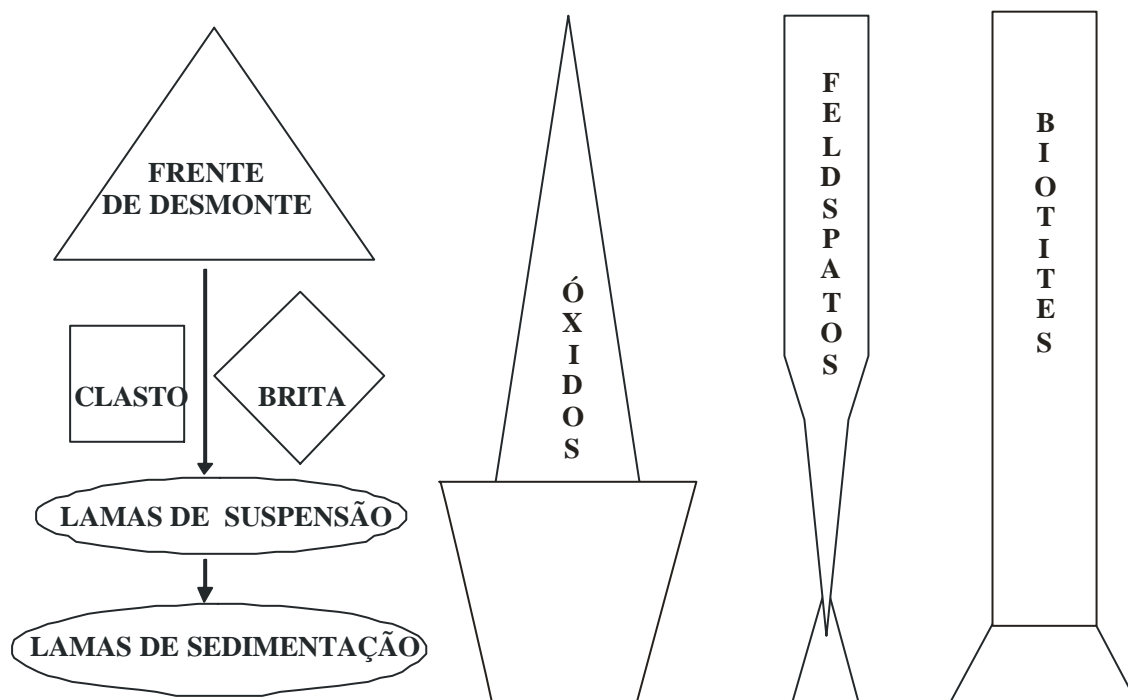


**Fig. 5.41** – Médias percentuais de Produtos de Alterações Supergénicas (PAS) dos minerais primitivos (PL, FK e BI) pertencentes às amostras das Frentes de desmonte *sem* (0 %) PAH.



Quanto à caracterização petrográfica dos materiais que compõem as Saibreiras e Pedreiras conclui-se que **é na transição dos materiais compactos – Frentes, Britas e Clastos - para as Lamas que se verificam as perdas de minerais primitivos em detrimento de PAS mais significativas**. Com efeito, esta transformação resulta em **Lamas com cerca de 20% de óxidos opacos em secção**, e 10% de minerais primitivos nas Saibreiras e o dobro nas Pedreiras.

Relativamente ao comportamento dos três minerais primitivos (FK, PL e BI) estudados face à subgranulação e acumulação de resíduos nas unidades extractivas, constata-se que nas **Lamas** os feldspatos surgem em baixas quantidades e que, os que são detectados, apresentam PAS inferiores a 50 % (Fig. 5.1). Assim, **a maioria dos feldspatos fica retida nos materiais comercializados (Britas)** pelo que as águas utilizadas nas unidades extractivas, e que dão origem às lamas, transportam **sobretudo os minerais com baixas densidades como as biotites e os feldspatos de menor calibre**, cuja área de superfície amplifica a formação de PAS; Deste modo justifica-se grande parte dos óxidos opacos observados sobretudo ao nível das Lamas de suspensão das Lagoas das Saibreiras. É neste sentido que se evidencia a importância da decantação, como meio de eliminar o Material primitivo das águas das Lagoas de Decantação.



**Fig. 5.42** – Produção dos conteúdos de Minerais primitivos e Produtos de alteração Supergênica dos materiais-tipo das Pedreiras e Saibreiras (Fontes: Tabela s 5.1-4 e 5.5).

## CAPÍTULO 6 – DIFRACTOMETRIA DE RAIOS X

O método de difractometria por Raios X constitui instrumento de análise já rotinado em laboratório e expedito na identificação da estrutura interna dos minerais. A análise difractométrica da fracção argilosa dos materiais mereceu especial atenção neste trabalho já que é a este nível que se esboçam as alterações supergénicas mais incipientes. A análise à rocha total também constituiu um importante instrumento que em articulação com as observações petrográficas permite a comparação dos materiais, como adiante se verá. Assim pretende-se conjugar elementos de diferentes técnicas de modo a abranger o máximo de informação relativamente às amostras seleccionadas. No entanto, o principal objectivo proposto na análise difractométrica consiste na pesquisa dos perfis difractométricos dos materiais naturais e antropogénicos de modo a tipificar estados de alteração e correlacioná-los com a sequência da evolução paragenética após o desmonte.

Com esta técnica pretende-se aferir:

- perfis difractométricos dos diferentes materiais que compõem os sistemas de extracção;
- minerais mais frequentes da fracção argilosa e da rocha total;
- padrões de variação de intensidade de minerais chave.

A difractometria sobre pós foi efectuada num equipamento PHILIPS – 1710, munido de ampola de cobre, monocromador de grafite, fenda de divergência automática e um contador Geiger proporcional. A tensão aplicada foi de 40 Kv e intensidade de corrente de 30mA. Utilizou-se um passo angular de medida de 0.02 ° e o tempo de registo por passo foi de 1.25s em todas as amostras. O registo de dados fez-se através de um software para PC da série APD X'PERT da PHILIPS.

As identificações são feitas por comparação com os valores padrões listados no ficheiro *Joint Commitee on Powder Diffraction Standards (JCPDS)* do *International Center for Diffraction Data (ICDD)*.

A identificação da fracção argilosa foi ainda auxiliada através de tratamentos com etilenoglicol e aquecimento até 400°C. Deste modo o comportamento dos vários minerais a estes tratamentos, reflectido nos difractogramas, possibilitou uma interpretação mais aprofundada que, dado o carácter expedito em apreço neste estudo, acabou por não ser considerado.

A análise à rocha total incidiu nas amostras das frentes de desmonte das Pedreiras e Saibreiras e respectivas Lamas, com intuito de comparar as flutuações das intensidades dos picos



difracométricos relativos ao material primitivo (quartzo, feldspatos e micas) nos extremos do impacte atribuível ao processo extractivo.

Os materiais mais alterados e com alguma falta de coesão como as frentes de desmonte das Saibreiras e outros materiais das restantes explorações, foram sujeitos a uma análise mais detalhada que incidiu, portanto, na fracção < 2 µm. Deste modo, será possível realizar um estudo comparativo sobre as alterações mineralógicas da fracção mais sensível à meteorização dentro e fora das unidades extractivas da região em apreço.

A fracção < 2 µm das amostras obteve-se por sedimentação e sifonagem após dispersão em água de um resíduo seco primitivo.

O Método dos pós, como técnica analítica tem a vantagem de não ser uma técnica destrutiva, exigir uma pequena quantidade de amostra, permitir a identificação directa das espécies cristalinas presentes no material, distinguir as diferentes variedades alotrópicas ou polimórficas de um composto e informar sobre o grau de cristalinidade das espécies mineralógicas a partir do perfil dos picos de difracção.

Na totalidade, foram realizadas 63 análises difracométricas da fracção < 2 µm e 18 análises da fracção da rocha total.

## **RESULTADOS**

Os registos difracométricos foram organizados nas categorias:

### **6.1 - Perfis do Barreiro – Fracção < 2 µm**

#### **6.2 - Materiais das Pedreiras :**

**6.2.1** - Frentes de desmonte e Lamas – Rocha total

**6.2.2** - Lamas e solos artificiais - Fracção < 2 µm

#### **6.3 - Materiais das Saibreiras :**

**6.3.1** - Frentes de desmonte e Lamas – Rocha total

**6.3.2** - Britas e Lamas - Fracção < 2 µm

**6.3.3** - Frentes de desmonte frescas e inactivas - Fracção < 2 µm

**6.3.4** - Solos naturais e artificiais - Fracção < 2 µm

## 6.1 - Perfis do Barreiro:

### 6.1.1 - Fracção < 2 µm

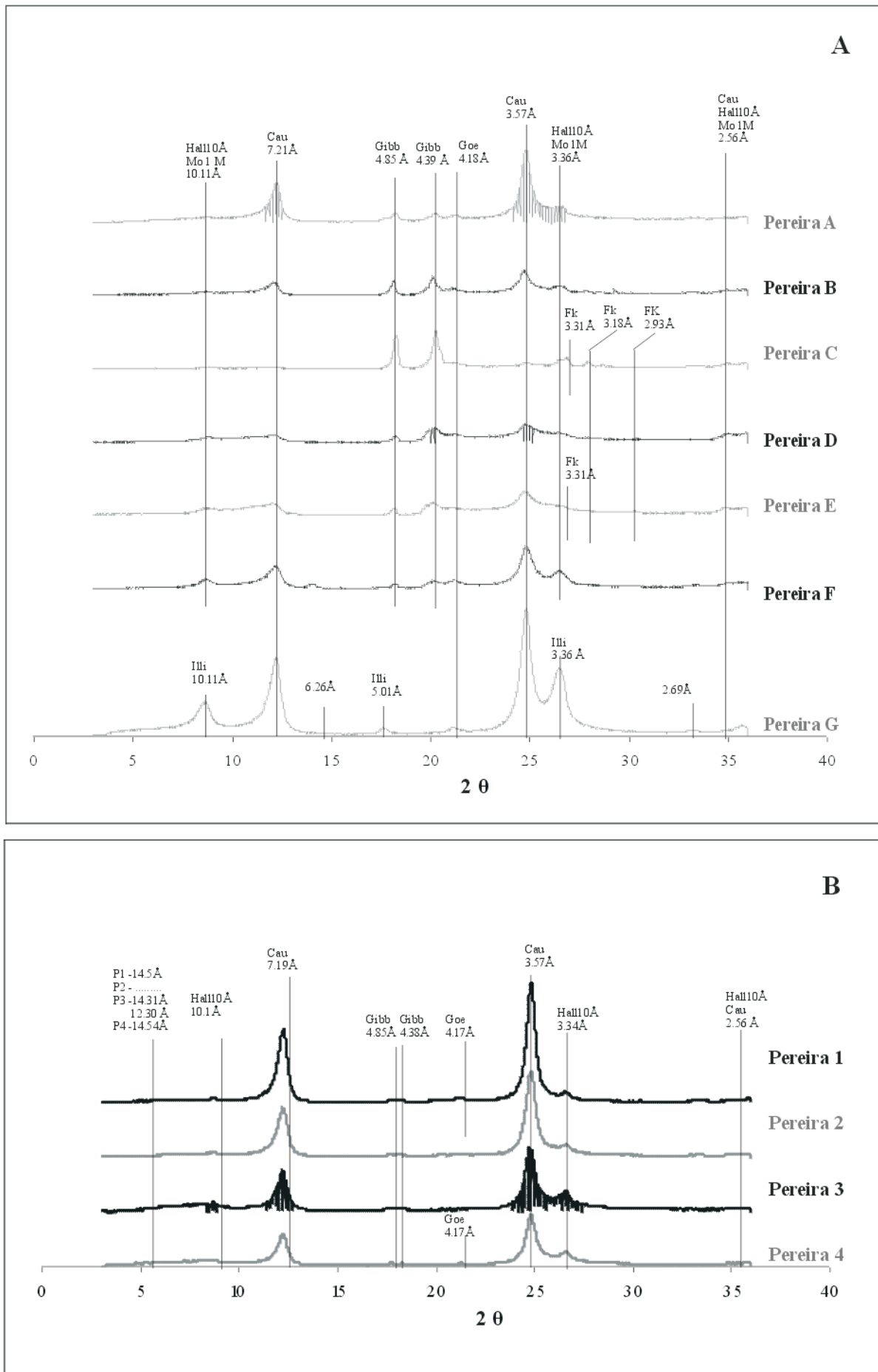
Em ambos os perfis **predomina a caulinite** (3.57Å, 7.2Å e 2.56Å) associada a **gibbsite e halloysite 10Å**. Destaca-se ainda o facto de, no universo das explorações estudadas, a **goethite** (pico 4.17Å), embora não muito pronunciada, ser exclusiva do Barreiro, em acordo com o **tom alaranjado** 10 YR 7/6 ou 8/4 que caracteriza a maioria das amostras.

Note-se a presença significativa de gibbsite nos horizontes B e C do perfil de Pereira (Fig. 6.1.1). À medida que se progride para o horizonte Pereira G, os picos de difracção mais típicos destes minerais vão-se reduzindo até desaparecerem nos horizontes mais profundos.

O horizonte Pereira G distingue-se, portanto, pela ausência de gibbsite, pelo facto de apresentar os picos de caulinite mais acentuados e por ser o único a revelar a presença de illite.

Os feldspatos potássicos do perfil natural correspondem à fracção < 2 µm dos horizontes Pereira C, D e E caracterizados pela presença de pequenos seixos.

Relativamente à presença dos **interestratificados 12-16Å** exclusivamente no Perfil 1-4 poder-se-á atribuir à contaminação da superfície do perfil com Lamas de britagem de saibro que ocorre nas imediações daquele Barreiro.



**Fig 6.1.1** - Difratometria de Raio X da fração < 2  $\mu\text{m}$  das amostras da frente de desmonte natural inactiva (A) e do perfil contaminado com lamias de saibro (B) do BARREIRO de Papagaios em Prado.

## 6.2 - Materiais das Pedreiras:

### 6.2.1 - Rocha Total: Frentes de desmonte e Lamas

Os picos mais evidentes na análise à rocha total das amostras das frentes de desmonte e Lamas das Pedreiras são os correspondentes à **illite/biotite e moscovite** (10.1Å, 3.33 e 3.35Å) e os das **palgioclases** (3.24 e 3.19Å).

Com menor intensidade são visíveis os picos do quartzo (4.24Å, 4.03Å, 1.81Å, 1.54Å e 2.45Å).

Quanto ao pico dos filossilicatos (10.0Å) verificam-se percentagens de intensidade maiores nas Lamas recolhidas em solução (lama CF1 e S) relativamente às sedimentadas (lama CF2 e lama P) e solo CFB.

Relativamente ao quartzo (4.24Å) e feldspatos (3.24Å, 3.19Å e 1.45Å) não se diagnosticam diferenças de intensidade significativas.

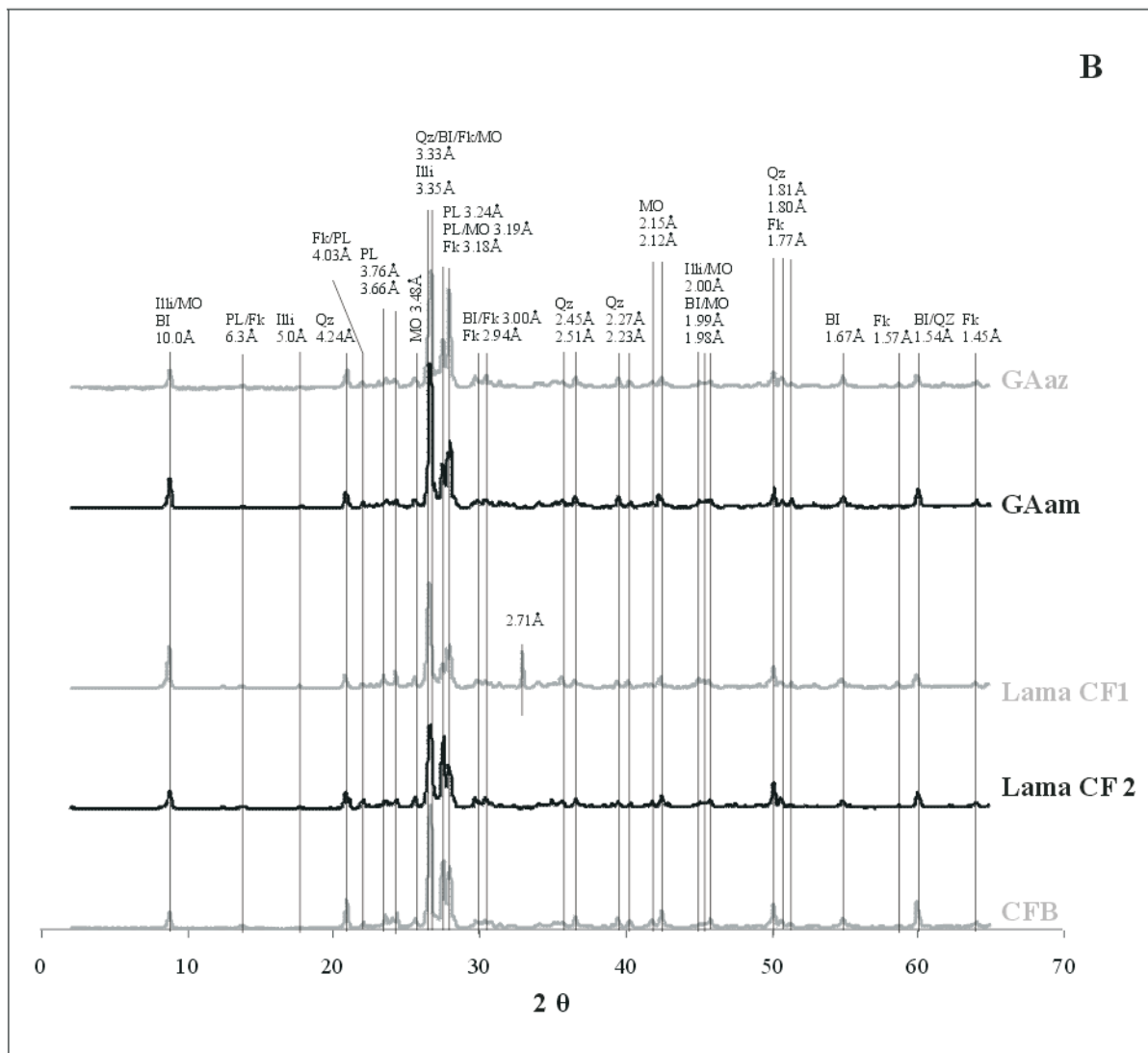
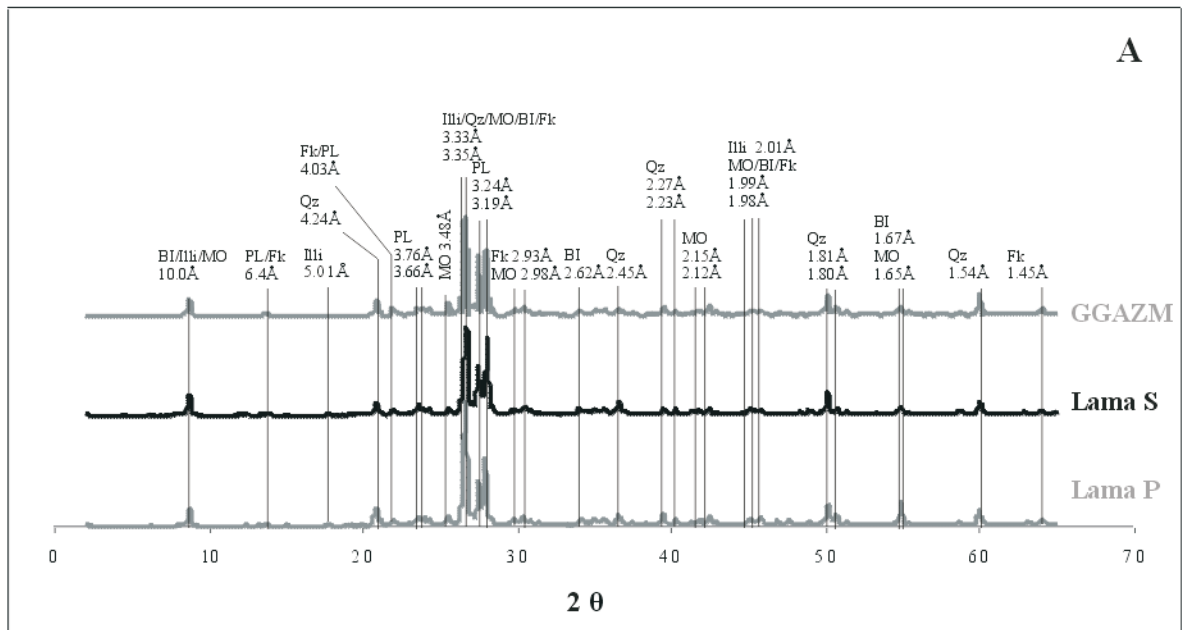
### 6.2.2 - Fração < 2 µm: Solos artificiais e Lamas

Os resultados da análise à fracção < 2 µm revelam picos discretos da **caulinite e gibbsite** (4.86Å e 4.38Å), para além da **presença evidente de illite** 26-911 (picos 3.35Å, 10.2Å e 5.02Å) detectada na análise à rocha total.

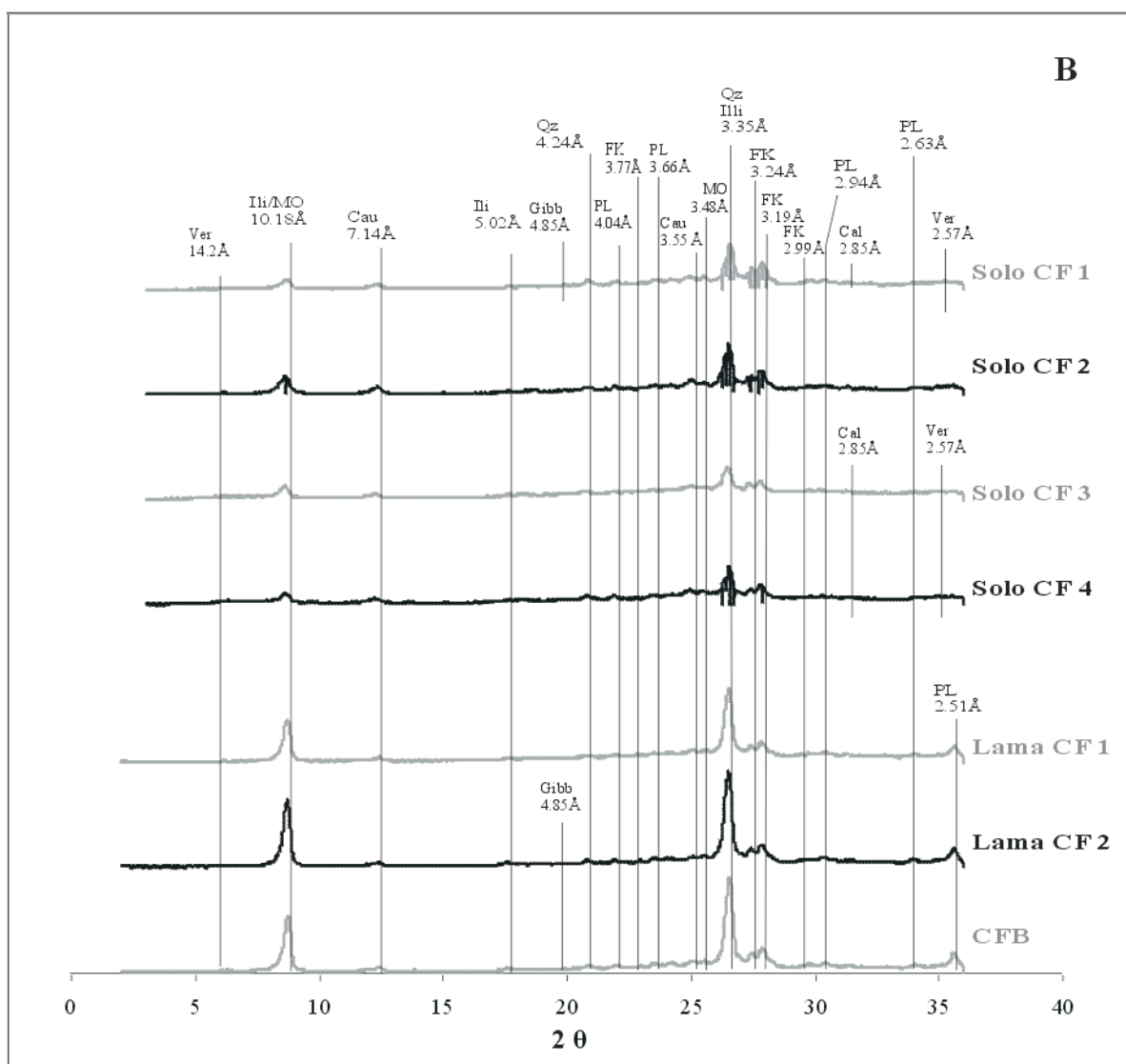
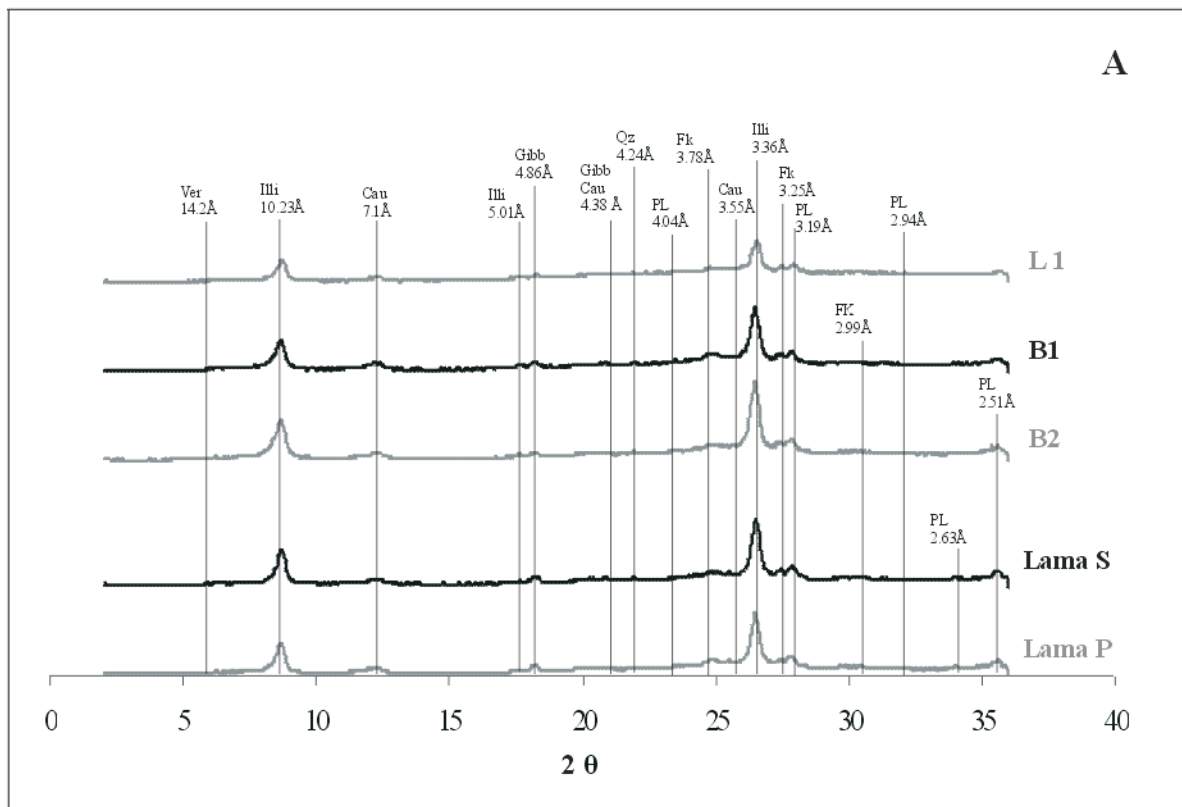
Neste caso as Lamas CF2 (sedimentação) têm o pico da illite mais intenso que as de suspensão (Lamas CF1), no entanto os resultados da mesma fracção mas nas Lamas S e P confirmam a tendência inversa, anteriormente demonstrada.

Distinguem-se bem os feldspatos potássicos (picos 3.77Å, 3.24Å e 2.99Å) e as palgioclases (4.04Å, 2.94Å, 3.66Å e 3.19Å) tal como o quartzo (3.34Å e 4.25Å) que também não ilustram qualquer variação significativa dos perfis difractométricos entre Lamas e solos artificiais.

Menos perceptíveis são os interstratificados 14.2 Å, prováveis **vermiculites**, que nas Lamas atingem % relativas mais baixas que os respectivos solos.



**Fig. 6.2.1** - Diffractometria de Raio X da rocha total das amostras das frentes de desmonte e lamas das PEDREIRAS de Póvoa de Lanhoso (A) e Amares (B).



**Fig. 6.2.2** -Difratometria de Raio X da fracção < 2 µm das amostras de lamas e solos artificiais das PEDREIRAS de Póvoa de Lanhoso (A) e Amareis (B).

## 6.3 - Materiais das Saibreiras

### 6.3.1 - Rocha Total: Frentes de desmonte e Lamas

Os picos que mais se evidenciam em resultado da análise à rocha total das frentes de desmonte e Lamas das Saibreiras são:

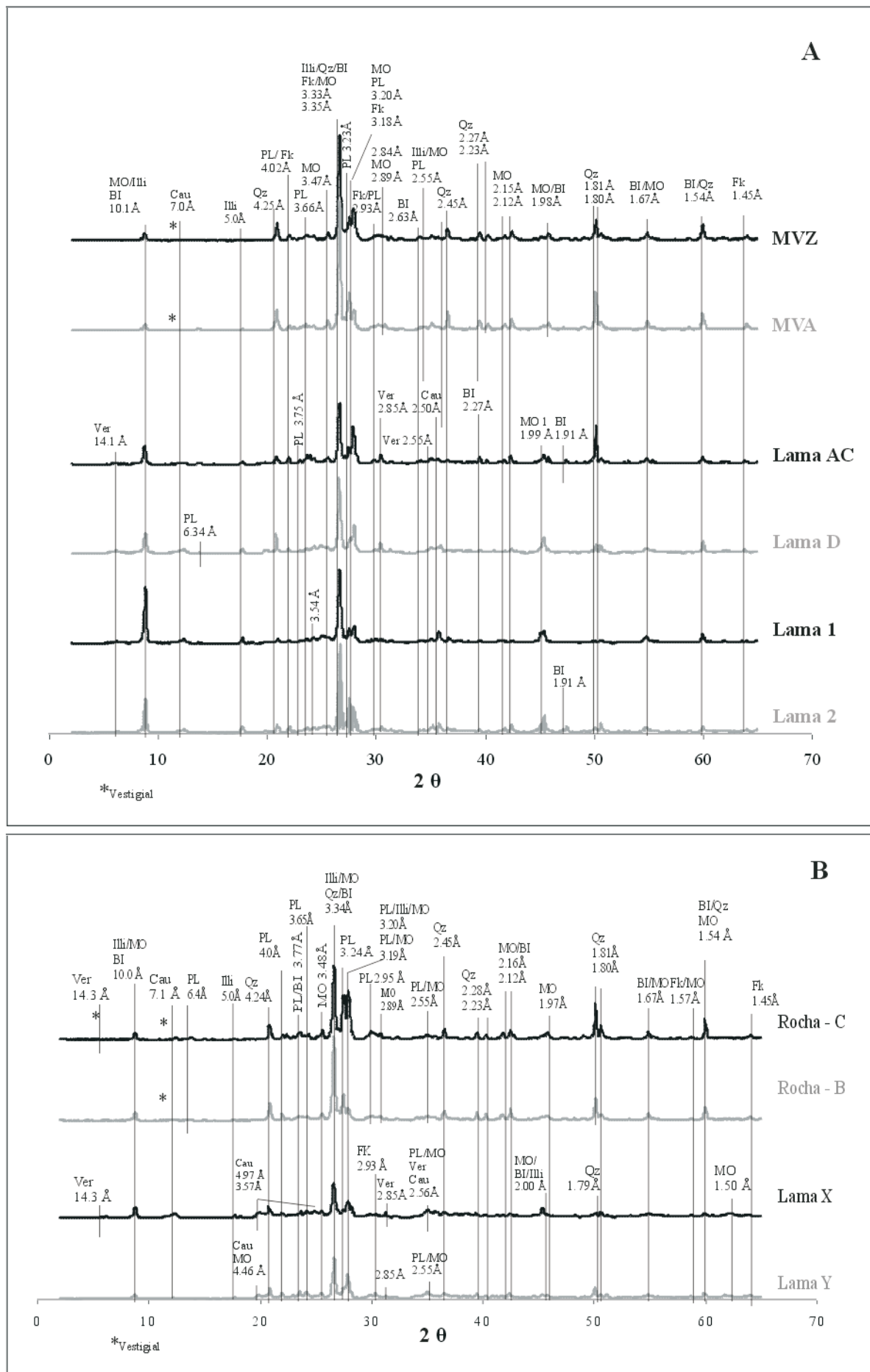
**illite/biotite/moscovite/quartzo e feldspato potássico** (3.33, 3.35Å, 3.20 e 3.19Å) e **quartzo** (1.80, 1.81Å e 4.24Å); As frentes amarelas têm os picos principais (3.33, 3.35Å, 3.20 e 3.19Å) mais intensos que as frentes azuis, ao contrário do que acontece com os feldspatos (3.23Å e 3.18Å).

Quando comparados nos picos 10.0Å verificamos que, no geral, **as Lamas têm mais illite/moscovite que as frentes de desmonte** e que, os mais elevados correspondem precisamente às Lamas 1 e 2 que foram recolhidas directamente da Lagoa da Saibreira MV. Deste modo se chama a atenção para a importância **das águas de lavagem e escorrência na concentração dos filossilicatos** numa exploração.

Com picos 10Å também salientes verificamos que as restantes Lamas recolhidas em solução (lama X e D) apresentam, relativamente às sedimentadas (Y e AC), mais filossilicatos.

É de referir que a análise à rocha total detecta a presença, embora vestigial, de **caulinite** nas frentes de desmonte (MVZ, MVA, Rocha B e C) com intensidades inferiores a 3% que no caso da respectivas Lamas varia entre 2 e 8%; Assim, apesar de não serem grandes as diferenças conclui-se que **as Lamas apresentam um ganho de caulinite** nos processos de desmonte, britagem e acumulação de escombros finos.

Por último, constata-se que a **vermiculite surge apenas nas Lamas e nunca nas frentes de desmonte.**



**Fig.6.3.1** - Difractometria de Raio X da rocha total das Frentes de desmonte e Lamas das SAIBREIRAS do Monte de Vasconcelos (A) e Cancela de Chãos(B).



### 6.3.2 - Fracção < 2 µm: Britas e Lamas

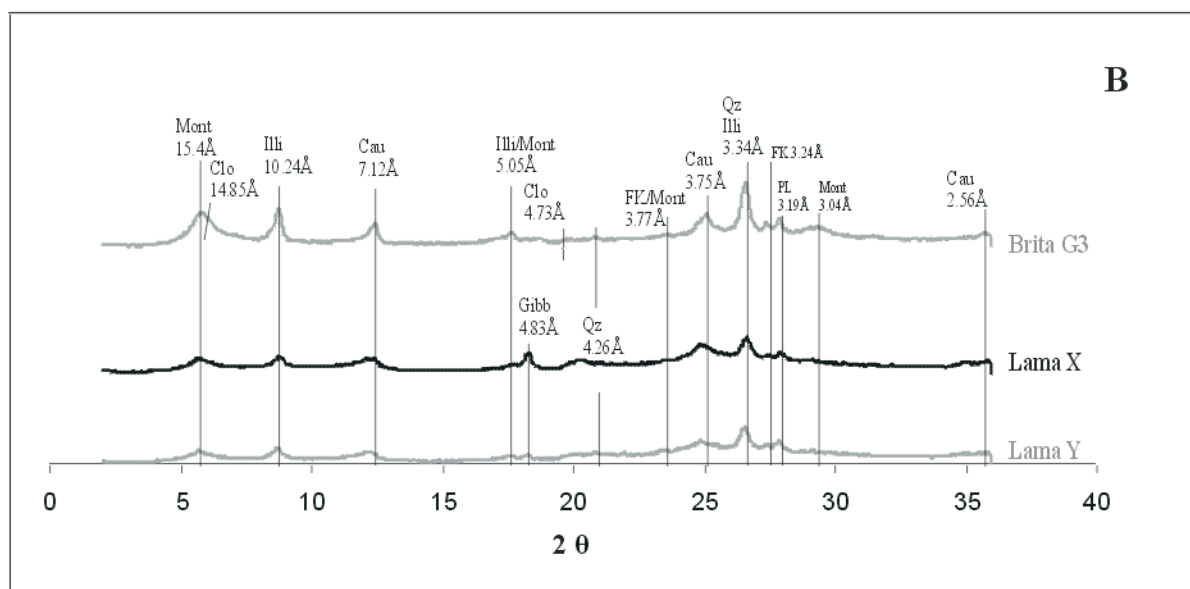
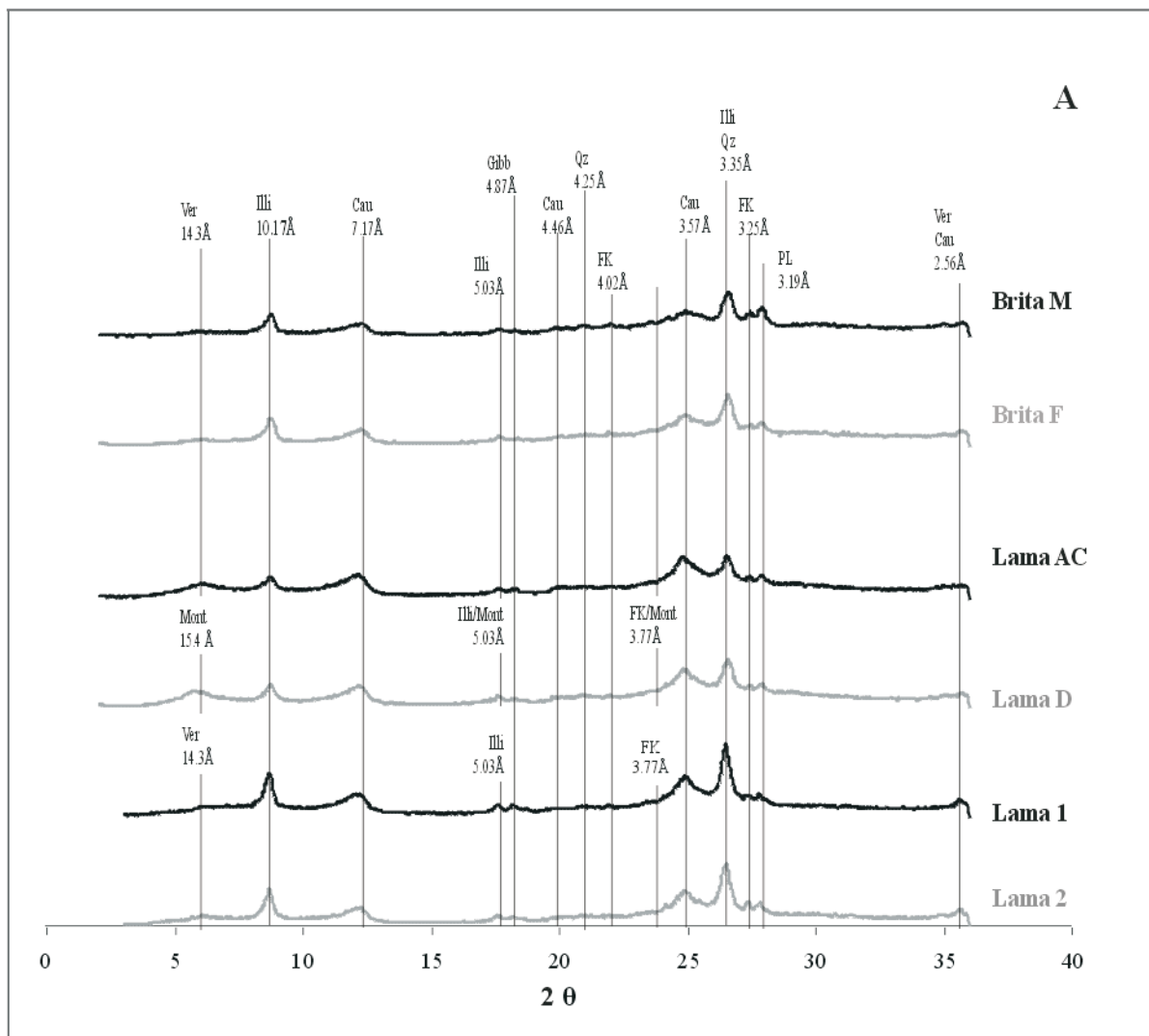
A análise à fracção < 2 µm realça a presença de **caulinite e filossilicatos em todas as amostras de britas e lamas**.

No Monte de Vasconcelos a maioria dos filossilicatos corresponde à **illite** (10.1Å, 5.03Å e 3.35Å) enquanto que, em Cancela de Chãos os picos mais salientes sugerem a presença de **montemorilonite**, um filossilicato hidratado com propriedades expansivas determinado pelos picos 15.4Å, 5.01Å, 3.77Å e 3.04Å. Acresce ainda a ocorrência de outro filossilicato exclusivo da Saibreira de Cancela de Chãos e que é a **clorite na Brita G3** (14.85Å e 4.73Å).

São também evidentes os picos correspondentes aos **feldspatos potássicos, pargioclases e quartzo** que, quando comparados, **não definem qualquer padrão** de flutuação destes minerais dentro das Saibreiras.

Verifica-se ainda que a maioria dos materiais das Saibreiras **têm gibbsite**, mineral este que, tanto nas Britas como nas Lamas, parece não ser muito abundante. Recorde-se que a análise à rocha total tanto das Frentes de desmonte como das Lamas não detectou gibbsite.

Quanto à presença de **vermiculite**, na fracção < 2 µm constata-se que esta surge apenas nas **Lamas do Monte de Vasconcelos** à semelhança dos resultados obtidos da rocha total.



**Fig. 6.3.2** - Diffractometria de Raio X da fracção < 2 µm das amostras de lamas e britas das SAIBREIRAS do Monte de Vasconcelos (A) e Cancela de Chãos (B).

### 6.3.3 - Fracção < 2 µm: Frentes de desmonte frescas e inactivas

A fracção < 2 µm dos rossos efectuados às frentes de desmonte revelou perfis difractométricos caracterizados pelos picos de **caulinite**, **filossilicatos** (**illite**, **halloysite 10Å** e **moscovite**) e também de **gibbsite**.

A caulinite é mais abundante **especialmente nas frentes inactivas expostas a Oeste** (Rosso 2, PLE, PSE, PAE, Rosso I, Capa I e Rosso II); Este fenómeno acontece indiferenciadamente nas amostras azuis e amarelas (PLE e PAE). A ausência de caulinite apenas se observou no Rosso 3 que apresenta o pico 8.41Å para o qual não foi encontrado um possível mineral.

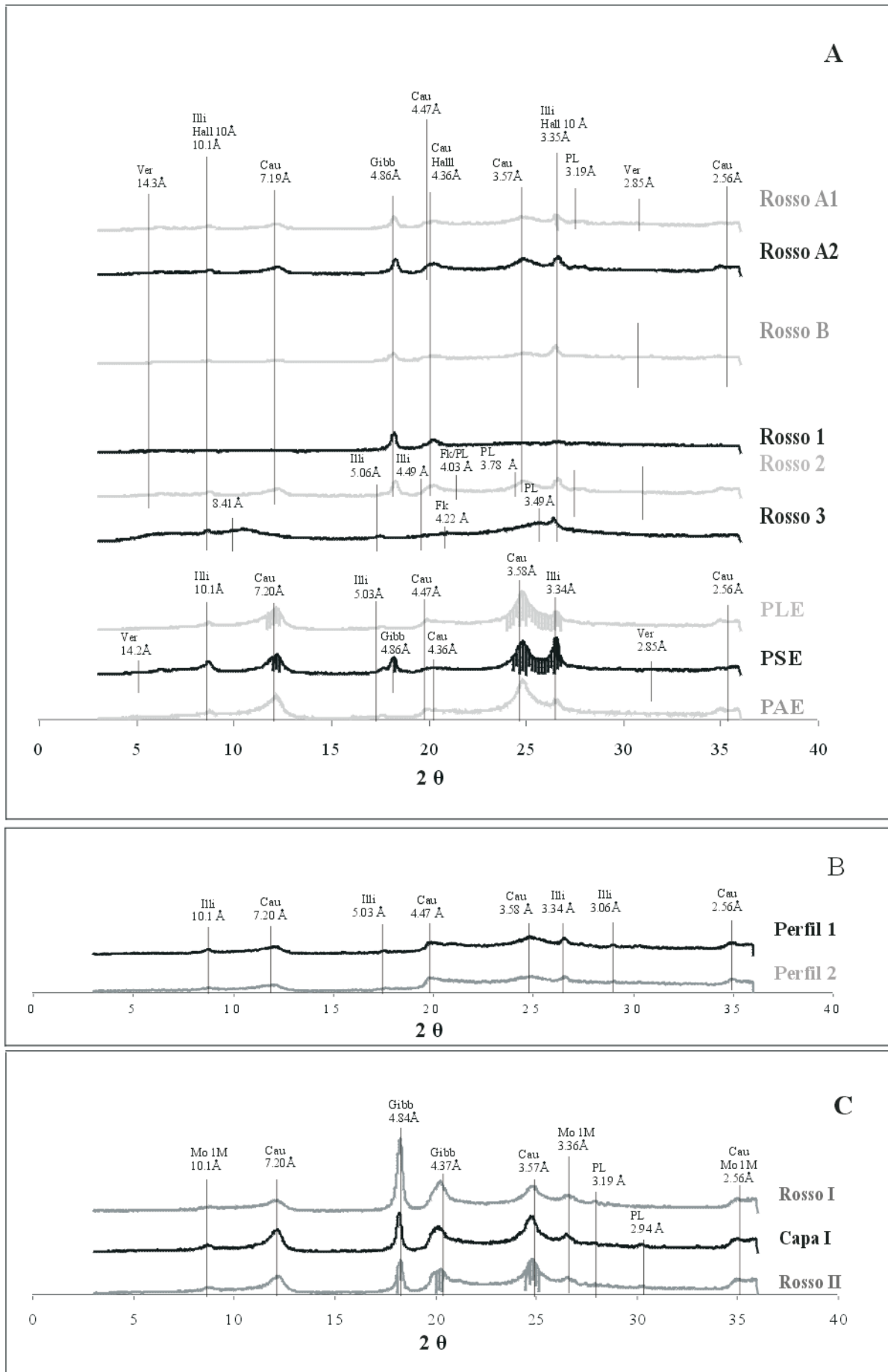
Ao contrário das análises à rocha total das frentes de desmonte frescas, a fracção < 2 µm das **frentes inactivas com musgo** (Rossos A1, A2, B e 1), assim como da frente inactiva de Cancela de Chãos acusam a presença de **illite**. Nestes casos, os filossilicatos prováveis serão ou **halloysite 10Å** (aluminossilicato hidratado) ou **moscovite**.

Os minerais de **gibbsite e vermiculite apresentam ocorrências simultâneas**, embora a gibbsite revele picos mais evidentes. Com efeito, esta dupla de minerais secundários caracteriza **as frentes inactivas e/ou próximas do contacto com materiais orgânicos** como o musgo (Rossos das frentes inactivas 1, 2, A1, A2, B do MV) ou solos já maduros (Perfil PSE). Ver Tabela 2.8 e Fig.2.15.

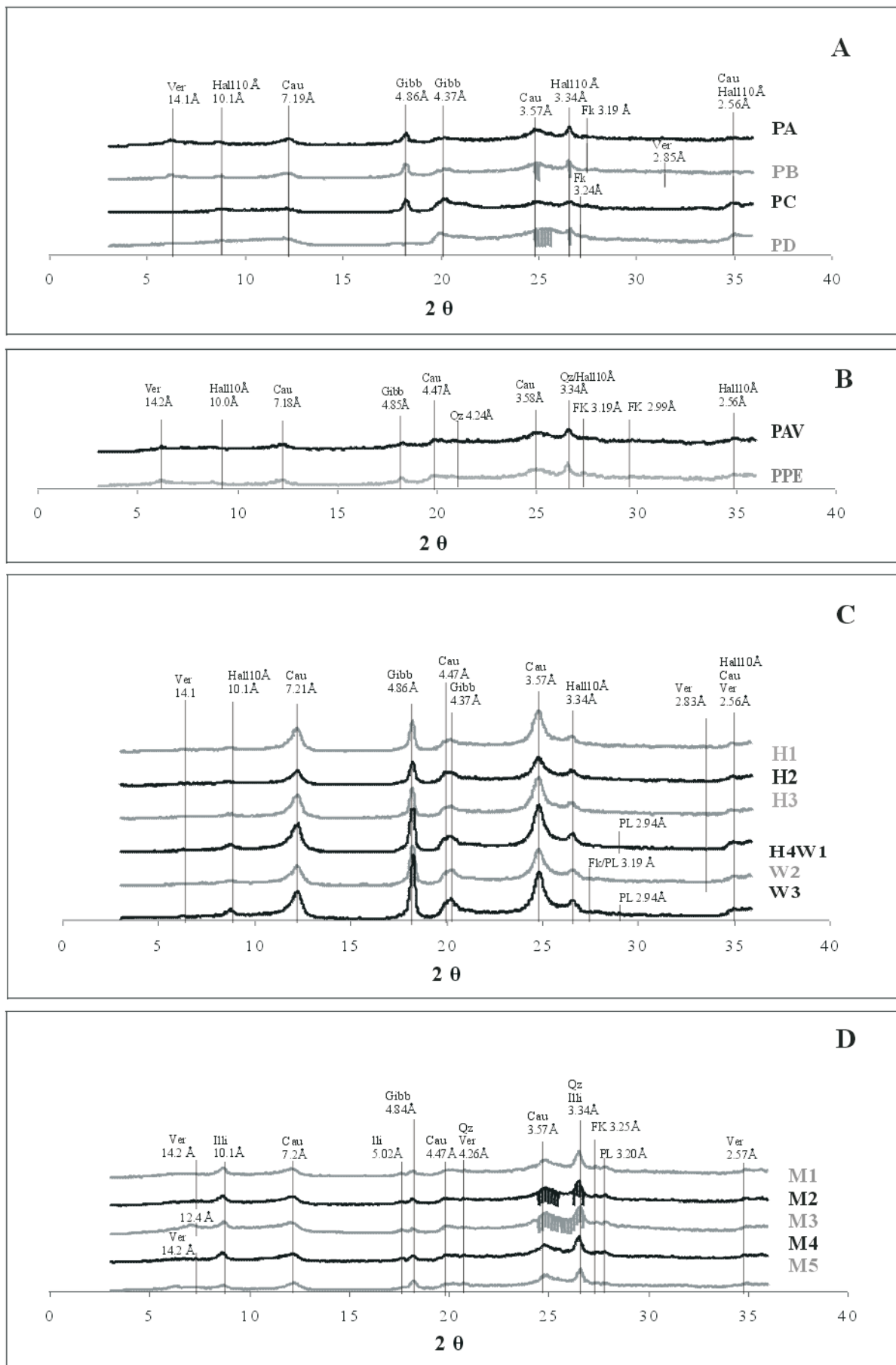
### 6.3.4 - Fracção < 2 µm: Solos naturais e artificiais

Os solos considerados ( H1W3, PA-D, PAV, PPE e M1-5) têm em comum os picos da **halloysite 10Å**, **caulinite**, **gibbsite**, e **vermiculite**.

A única diferença relevante encontrada entre os solos naturais e o solo artificial foi ao nível dos filossilicatos. O solo artificial, M1-5, tem **illite** e os solos naturais têm **halloysite 10Å** (filossilicato hidratado).



**Fig. 6.3.3** - Difratometria de Raio X da fracção < 2 µm das frentes de desmonte inactivas (A) e activas (B) da SAIBREIRA do Monte de Vasconcelos e inactivas (C) de Cancela de Chãos.



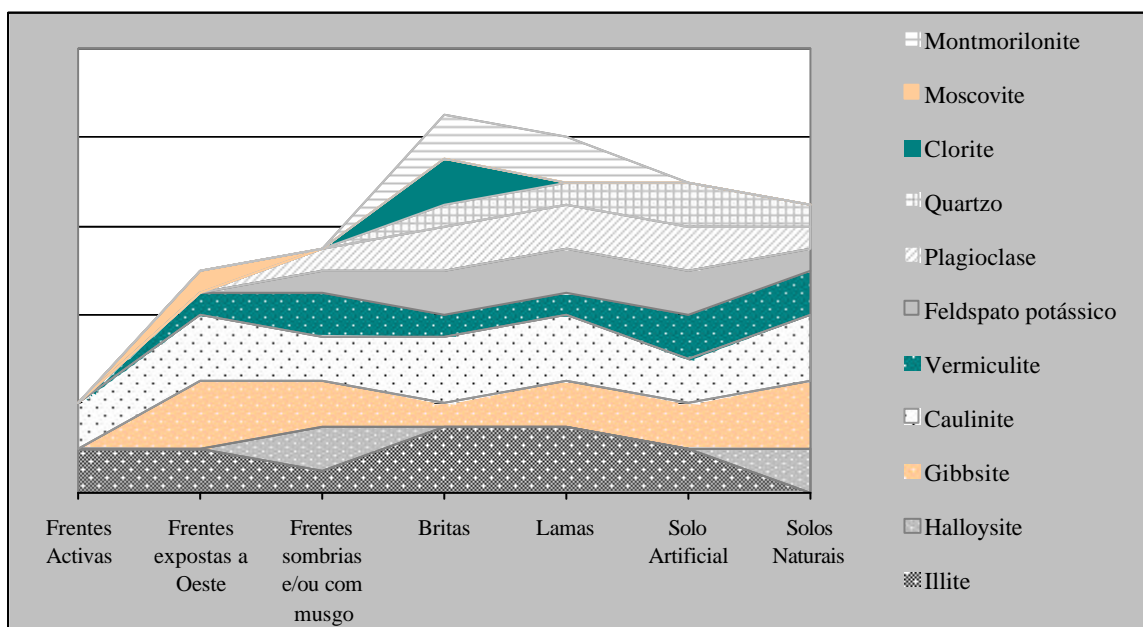
**Fig. 6.3.4** - Diffractometria de Raio X da fracção < 2 µm dos solos naturais (A e B) da SAIBREIRA do Monte de Vasconcelos e solo natural (C) e artificial (D) da SAIBREIRA de Cancela de Chãos.

## OCORRÊNCIAS MINERAIS

As maiores diferenças observadas na detecção dos minerais a partir de registos difractométricos dependem, em primeiro lugar da fracção de amostra considerada. Assim, os exames efectuados à rocha total revelam sistematicamente os picos relativos a minerais primários como quartzo, feldspatos e filossilicatos, não obliterando a manifestação de presença de outros minerais constituintes. A fracção argilosa das mesmas amostras permite detectar com maior clareza os minerais de alteração tais como a caulinite, gibbsite, entre outros.

Em síntese, a globalidade das identificações difractométricas foi traduzida para a Tabela 6.1, onde constam os resultados da classificação das intensidades dos picos mais importantes dos 81 difractogramas em apreço nas categorias: muito evidente, evidente, presente, interpretação duvidosa e ausente. Com o objectivo de transpor para gráfico estas categorias foram transpostas para a escala numérica (Fig. 6.4).

Esta ordenação constituiu um importante instrumento de definição de hierarquias de grupos de amostras, e posterior análise das relações mineralógicas entre os diversos materiais que compõem cada unidade extractiva. Assim, a aproximação que se segue incide sobre o comportamento de cada um dos minerais, nos diferentes objectos geológicos em que foram detectados, procurando extrair ilações quanto às condições ambientais de génese.



**Fig. 6.4.** - Diagrama referente às classificações da intensidade dos picos difractométricos (raioX) da fracção < 2 µm dos materiais das SAIBREIRAS. (Tabela 6.1).

Mineral	PEDREIRAS				SAIBREIRAS								BARREIRO		
	Rocha total		fracção < 2 micra		Rocha total		fracção < 2 micra						fracção < 2 micra		
	Frentes de desmonte	Lamas	Lamas	Solos artificiais	Frentes de desmonte	Lamas	Britas	Lamas	Frentes de desmonte			Solos		Perfil com saibro	Perfil natural
									Activas	Inactivas		Naturais	Artificial		
expostas a Oeste	sombrias e/ou com musgo														
Quartzo	+++	+++	+	+	+++	+++	+	+	.....	.....	.....	+ ou ausente	+	.....	.....
Feldspato -K	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	.....	.....	+ ou ausente	+ ou ausente	++	.....	++ (horizontes C, D e E)
Plagioclase	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	.....	.....	+ ou ausente	+ ou ausente	++	.....	.....
Biotite	+++	+++	.....	.....	+++	+++	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Moscovite	+++	+++	+	+	+++	+++	.....	.....	.....	+	(CC)	.....	.....	.....	.....
Illite	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+ (MV)	.....	++	.....	++ (horizonte G)
Halloysite 10A	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	++	++	.....	++	++
Montemorilonite	.....	.....	.....	.....	.....	.....	++ (CC)	++ (Lama D de MV)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Vermiculite	.....	.....	+	+	vestigial ou ausente	++	+	+	.....	+ ou ausente	++	++	+	+/-	.....
Caulintite	.....	.....	++	++	vestigial	++	+++	+++	++	+++	++	++ (+++ em CC)	++	+++	++ (+++ em profundidade)
Gibbsite	.....	.....	+	+	.....	.....	+	++	.....	+++	++	+++	++	++	++ (+++ à superfície)
Goethite	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	++	++
Mo 1M	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	++
Clorite	.....	.....	.....	.....	.....	.....	++ (CC)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

**Tabela 6.1** - Ocorrência dos minerais apurados através da análise difractométrica da rocha total e fracção < 2 µm das amostras das Pedreiras de Póvoa de Lanhoso e Amares, Saibreiras do Monte de Vasconcelos (MV) e Cancela de Chãos (CC) e do Barreiro de Papagaios.

Classificação baseada na intensidade comparada dos picos difractométricos, posteriormente traduzida numa escala de 0 a 3 para conversão em gráfico (Fig.6.1). (+++ muito evidente (3), ++ evidente (2), + presente (1), +/- interpretação duvidosa (0) e (...) ausente.

---

O **quartzo** é diagnosticado principalmente na **rocha total das frentes de desmonte e Lamas** das Pedreiras e Saibreiras, **não se verificando grandes diferenças entre os dois tipos de materiais**, quanto a este mineral.

Os picos de quartzo não constam nos difractogramas da fracção < 2 µm dos rossos das frentes de desmonte das Saibreiras, no entanto, aparecem, embora discretamente, nos **produtos artificiais** (Britas, Lamas e Solo artif.) das Pedreiras e Saibreiras. Estes parecem sugerir que **nas Saibreiras as frentes poderão ter quartzo mas ainda na forma de grânulos (> 2µm)** e que os processos de desmonte e britagem contribuem para que este seja detectado em solos artificiais (M1-5) à semelhança do que sucede nos solos naturais (PAV e PPE).

Saliente-se que em nenhuma amostra do Barreiro foi encontrado quartzo na fracção < 2 µm.

---

A análise à rocha total dos materiais das Pedreiras e Saibreiras permitiu constatar que entre as **frentes de desmonte e as respectivas lamas** não se manifestam diferenças relevantes nas intensidades dos picos dos **feldspatos**.

Esta tendência mantém-se nos resultados obtidos nas fracções < 2 µm dos materiais artificiais das Pedreiras - **Lamas e Solos artificiais** – (Fig. 6.2.2) e das Saibreiras - **Lamas e Britas** – (Fig.6.3.2) que, no entanto, são **ligeiramente mais pronunciados** que os dos rossos das **frentes de desmonte e solos** naturais e artificial das Saibreiras(Fig.6.3.4).

Uma análise comparada dos difractogramas de todas as amostras, tanto sobre a rocha total como da fracção < 2 µm, leva a admitir que **não existem padrões de evolução mineralógica diferenciados nem para o feldspato potássico nem para a palgioclase** das Pedreiras e Saibreiras.

É possível correlacionar a baixa intensidade dos picos dos feldspatos com a presença de caulinite.

A presença específica de pequenos seixos nos horizontes Pereira C, D e E do Barreiro parece justificar os picos de feldspatos potássicos deste perfil, o que contrasta com os difractogramas dos restantes materiais do Barreiro de Papagaios.

---

A **biotite e a moscovite**, são visíveis a olho nú nos **materiais de partida** das Pedreiras e Saibreiras, sobretudo **identificáveis na análise à rocha total**, pelo que se presume que nas fracções < 2 µm dos materiais subsequentes já tenham existido transformações em illite, halloysite 10Å e montmorilonite. Estes últimos minerais, são, portanto, pesquisados e analisados na fracção < 2 µm do materiais em causa:



A **illite** pertence à Família das micas corresponde a um estado de alteração resultante da perda de  $K^+$  e do colapso parcial das ligações nos planos de clivagem (FOTH, 1984), tanto que, RIEDER *et al*, (1998) desaconselham o termo hidromicas e propõem o de *interlayer-cation-deficient-micas*.

Os difractogramas demonstram que a illite é um mineral **predominante nas Pedreiras e ausente no barreiro**.

Enquanto que, na Pedreira de Amares as Lamas têm picos mais intensos que os Solos artificiais, na Póvoa do Lanhoso não se notam diferenças importantes.

Nas Saibreiras a illite é mais pronunciada nos materiais artificiais (**Britas, Lamas e Solo \_artf.**) que nos rossos das frentes de desmonte onde é quase imperceptível, sendo em alguns casos confundida com a **halloysite**.

Atendendo que a illite é um mineral secundário, intermediário entre as micas e a vermiculite, é de notar a sua ausência nos sistemas considerados mais evoluídos tais como o Barreiro e os solos maduros H1-W3 e PA-PD das Saibreiras onde também surge halloysite 10Å.

A **halloysite 10Å** foi diagnosticada como o provável mineral a que correspondem os picos 10.1Å, 3.34Å e 2.56Å que surgem na ausência do pico 5.02Å da illite. Refira-se que o termo halloysite10Å é o resultado da reapreciação da definição de endellite no seguimento dos trabalhos de BAILEY *et al*, (1980). Este mineral de alteração, que também é referido no FICHEIRO JCPDS como uma halloysite hidratada é característico dos **solos naturais das Saibreiras e também do Barreiro**. Nos perfis do Barreiro, a sua presença no perfil natural suscita dúvidas já que o pico 3.36Å pode indicar a possível presença de Mo 1M.

A **montmorilonite** é o filossilicato que apenas foi diagnosticado em Cancela de Chãos nas amostras de Lamas e na Brita G3. Nesta última detectou-se ainda **clorite**.

---

A **vermiculite**, detectada pelo pico 14.2Å, é descrita por vários autores BARKER *et al* (1997) e (FOTH, 1984) como o resultado da perda total de potássio em minerais como a moscovite, biotite e illite (ELLIS e MELLOR, 1995). Estes últimos autores referem ainda a possibilidade de, na presença de grandes concentrações de Mg, a vermiculite ser convertida em esmectite.

No exame à rocha total apenas se observou a presença de vermiculite nas Lamas das Saibreiras, já na **fracção < 2 µm** este mineral foi detectado em todas as amostras de **solos naturais e artificiais de Pedreiras e Saibreiras, para além das Lamas e algumas Britas**.

Repare-se que nos solos naturais das Saibreiras a vermiculite é mais pronunciada **nos horizontes superficiais**. Na escombreira de detritos finos de CC, a vermiculite é detectada à superfície do perfil no entanto é interrompida pelo horizonte M3 para voltar a manifestar-se

mais em profundidade. Este padrão coincide com a variação das propriedades cromáticas do perfil (Fig. 4.2 A).

Quanto à ocorrência deste mineral nas frentes de desmonte das Saibreiras nota-se que são precisamente **os rossos que cobertos por musgo** ou na frente de escorrência de material orgânico, que têm vermiculite. Também as Lamas das Pedreiras apresentam valores mais discretos que as Lamas das Saibreiras. Estes dados parecem relacionar a presença de vermiculite sobretudo com a proximidade de material orgânico para além de o material de partida (maciço ou saibro) também influenciar o ritmo da sua formação a partir de outros minerais.

Note-se que no caso do Barreiro a vermiculite não é identificada, no entanto, e especificamente no perfil natural (PA-PG), regista-se a ocorrência de halloysite 10Å, que como já foi referido pode resultar da conversão da vermiculite por perda de Mg. O caso do perfil P1-4 já revela um indício da presença de vermiculite mas, é de notar que este constitui uma mistura de materiais do Barreiro propriamente dito e de águas de escorrência da britagem de saibro, contígua à exploração.

---

Das análises à rocha total detectam-se vestígios de **caulinite** nas frentes da Saibreiras e picos discretos nas Lamas. Nas Pedreiras a caulinite não é detectada.

Nas **fracções < 2 µm a caulinite** é uma constante em todas as amostras **sendo pouco abundante nas Pedreiras, intermédia na Saibreiras e muito abundante no Barreiro.**

FOTH (1984) e ELLIS E MELLOR (1995) descrevem a formação de caulinite a partir de plagioclases empobrecidas em Si e Na, sob a acção da água. Do mesmo modo a caulinite sujeita a uma perda continuada de Si pode converter-se em gibbsite (FOTH, 1984 e ELLIS & MELLOR, 1995). Com efeito, os perfis com maiores picos de caulinite ou não têm plagioclase, ou então, têm picos muito reduzidos. Nas Pedreiras em que a caulinite não é abundante são os picos das plagioclases que mais caracterizam os perfis difractométricos, ao que se acrescenta em alguns casos a presença de halloysite, tal com SINGH e MACKINNON (1996) referem.

---

Os picos de **gibbsite** são mais notórios nas Saibreiras, especificamente nas **frentes de desmonte inactivas** (Rosso I-II e PA-PD) e principalmente no **talude de solo natural** (H1-W3) de CC. Esta evidência corrobora a observação de FOTH (1984) que relaciona a abundância simultânea de caulinite e gibbsite nos solos, como um indício da transformação da maioria dos minerais primários. Também é de notar que é nas camadas mais superficiais, em contacto com a atmosfera e materiais orgânicos, que os picos são mais pronunciados o que pode levar a caracterizar a **gibbsite como um mineral de formação superficial**, (Fig 2.34), tanto que em alguns dos casos os rossos mais em profundidade não têm gibbsite (Perfil 1, 2, PLE e PAE). Neste sentido, é de estranhar que os Solos naturais PAV e PPE, ricos em matéria orgânica, não tenham picos de gibbsite mais pronunciados.

---

A presença do pico 4.18Å da **goethite** apenas figurou nos perfis do Barreiro. No perfil com saibro as intensidades relativas, embora discretas, distribuem-se homoganeamente, o mesmo não se verifica no perfil natural em que os horizontes Pereira D, E e F apresentam valores de uma ordem de grandeza superior.

## CONCLUSÕES

As PEDREIRAS de granito exploradas forneceram dados que permitem estabelecer que as Lamas produzidas pelo desmonte e os solos artificiais formados nas concavidades dos maciços ou rente às escombrelas não possuem diferenças significativas quanto à composição mineralógica, quanto muito as Lamas podem ter um pouco mais de filossilicatos.

Quanto às SAIBREIRAS, as conclusões que podem ser tiradas prendem-se com uma maior variedade de objectos geológicos; Em primeiro lugar, verificou-se que as **frentes de desmonte apresentam, já ao nível da rocha total, vestígios de caulinite e vermiculite**, minerais estes que na fracção < 2 µm das **Britas e Lamas sofrem um incremento**, especialmente a caulinite. Posteriormente, e continuando a considerar a fracção < 2 µm, verifica-se ainda que o **solo artificial difere das Lamas na medida em que tem menos illite**, quanto à caulinite, não é possível fazer comparações dada a heterogeneidade da sua distribuição no perfil M1-5.

De um modo geral, os **Solos naturais** têm menos minerais primários (feldspatos, quartzo e illite) e **mais caulinite, gibbsite, vermiculite e halloysite 10Å** que o solo artificial e as Lamas. Resta saber quais seriam os resultados em escombrelas de longa duração a ver as diferenças de um solo natural.

Uma última reflexão sobre a importância da exposição solar na composição e evolução das frentes; Com efeito, as **frentes mais sombrias e com escorrência de águas** têm tendência a alojar musgo e mesmo a formar “mini-solos” nas diáclases e reentrâncias. Este fenómeno surge associado à conversão de illite em **halloysite 10Å**, que consiste precisamente numa versão hidratada da primeira. Para além disto, os picos de **vermiculite** surgem mais consistentes do que nas frentes expostas a Oeste, onde há maior expressão de caulinite e gibbsite.

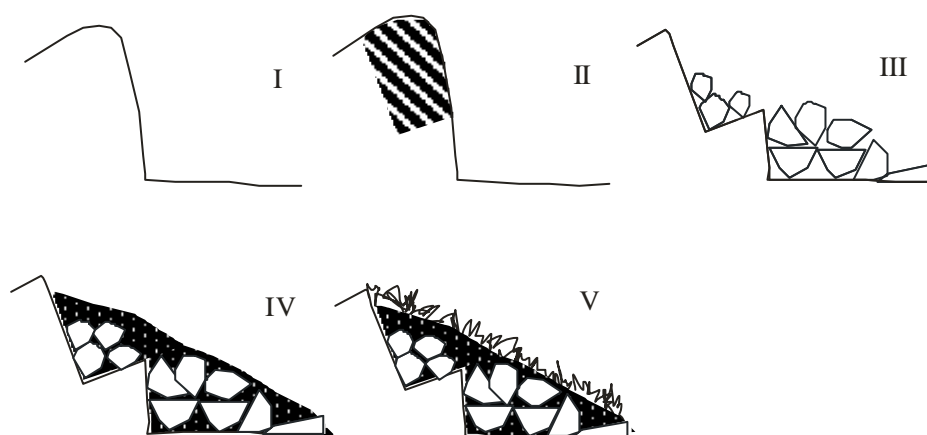
Quanto ao BARREIRO conclui-se que os filossilicatos em profundidade (na jazida de barro) não sofreram meteorização em halloysite 10Å o que também pode estar relacionado com as condições que impõem restrições à formação/acumulação de gibbsite.

## CAPÍTULO 7 – SÍNTESE DO ESTUDO E CONCLUSÕES FINAIS

O impacto gerado pela indústria extractiva sobre massas minerais é significativo na Região do Minho, não pelo potencial reactivo dos resíduos, mas sim pelos volumes de desequilíbrio geomorfológico e paisagístico que o caracterizam.

A quantidade de material mobilizado gera incómodos nas populações, dada a produção de ruído e vibração, e, também devido ao empoeiramento originado pelo desmonte e transformação/britagem, agravado pelo movimento dos veículos de transporte. Em contrapartida, a dimensão económica desta actividade permite a criação de emprego, que é importante no desenvolvimento sustentável de qualquer região interior.

Nas **PEDREIRAS** verificou-se que é ao nível da estratégia de desmonte onde se define o aspecto mais desordenado das explorações. Em alguns casos operam no mesmo maciço vários exploradores independentes, que efectuam os desmontes aleatoriamente e sem qualquer tipo de ordenamento ou preocupação paisagística. Importa referir que o declive máximo admitido para uso florestal é de 70% (35°) sendo que a actividade agrícola exige 25% (5°), para além de uma espessura mínima de 50 cm de solo de modo a que as máquinas possam operar (ITGE,1989). Nas pedreiras observadas, testemunhou-se a formação de mini-solos, precisamente nas frentes de desmonte com bancadas. Com efeito, até em fracturas da frente infiltraram-se e desenvolveram-se raízes de pinheiros com, pelo menos, 1.5 m de altura. Assim sendo, recomenda-se, não só, o atenuar dos declives, **CRIANDO MAIS BANCADAS**, como também o seu **ENRIQUECIMENTO COM MATERIAIS FINOS** de modo a permitir a retenção de água necessária à fixação de espécies pioneiras (Fig. 7.1), que nas condições ambientais do sistema observado parece facilitada naturalmente.



**Fig. 7.1** – Algumas práticas que podem atenuar o impacto morfológico e paisagístico das frentes de desmonte abruptas: I (fase inicial), II (formação de uma sub-bancada), III (acumulação de escombros maiores rente às frentes de desmonte), IV (preenchimento com Lamas da exploração ou exteriores) e V (reposição vegetal).

Também na Póvoa de Lanhoso, foi visível o problema das frentes abruptas, no entanto o aspecto mais chocante inerente à exploração de granito pareceu ser a proximidade de casas habitadas. Esses habitantes estão continuamente sujeitos ao Ruído dos martelos pneumáticos, utilizados no corte dos blocos para a produção de “paralelos” e “guias”, e à Vibração dos desmontes com cargas de explosivos, pelo que à luz do REGULAMENTO GERAL SOBRE O RUÍDO (2000) estas unidades extractivas são classificadas como “Actividades ruidosas permanentes” e vizinha de uma “Zona sensível”, definida no PDM de Póvoa de Lanhoso (1999) como Espaço Urbano. De acordo com a Lei será responsabilidade da Câmara Municipal propor à Assembleia Municipal um Plano de Redução do Ruído, sempre que as Zonas Sensíveis estejam expostas a níveis sonoros contínuos equivalentes do ruído exterior que excedam em 5 dB(A) os valores estabelecidos pelo referido Regulamento. Para além, do real cumprimento da Lei seria conveniente que o próprio explorador distribuisse simples **PANFLETOS DE INFORMAÇÃO AOS HABITANTES**, sobre as horas e moldes gerais em que ocorrem as descargas, já que está demonstrado (MATOS e DANIEL, 2001) que a sensibilidade humana ao Ruído e Vibração, depende não só do factor surpresa, como ainda da hora do dia, idade e posição em que a pessoa se encontra. Estes autores certificam que em situações de pré-aviso, as pessoas aceitam valores de velocidade de vibração de 100 mm/s, quando o limite da percepção humana ronda o valor de 0.5 mm/s.

Quanto aos resíduos das PEDREIRAS, é de notar que a *produção de Lamas não atinge quantidades suficientes para preencher as escombrelas dos escombros de maiores dimensões*, sendo deste modo difícil a *reposição da paisagem com materiais produzidos in situ*. De qualquer modo, a disposição destes escombros no estaleiro deve ter em conta o atenuar dos declives (Fig. 7.1-III).

Nas SAIBREIRAS, para além da agressividade ambiental - som e ruído- provocada pelas técnicas de desmonte, surgem os resíduos da extracção que constituem fonte de empoeiramento e poluição de linhas de água durante e após a exploração. As práticas usuais em que se utiliza a água, como meio de arrefecimento das britadeiras, e forma de minimizar o empoeiramento decorrente do transporte de finos, impõem o problema da administração das Lagoas e respectivas Lamas.

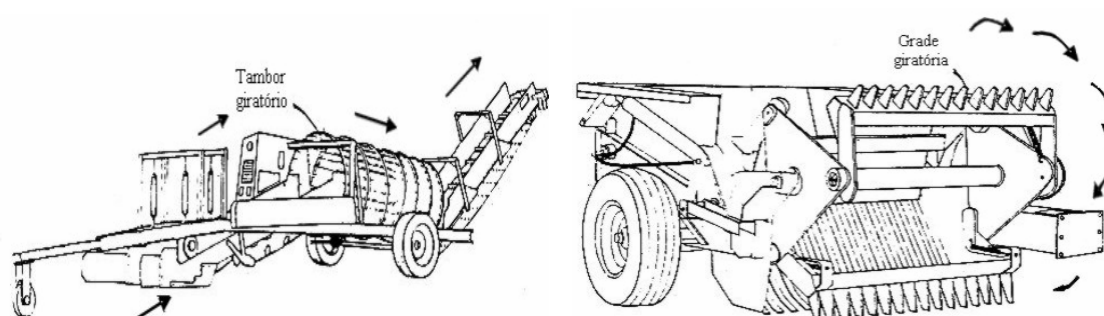
Por outro lado, a requalificação dos territórios explorados exige a decisão sobre os locais mais apropriados para o armazenamento dos solos originais e o destino a dar aos escombros. Conforme o destino pretendido para o local após a exploração, podem surgir duas hipóteses: Ser ou não ser necessário promover a pedogénese.

Considerando os resultados obtidos na análise petrográfica (Cap. 5) e de Difracção de raio X (Cap. 6) constata-se, em primeiro lugar, que os *escombros em contacto com matéria orgânica*

(de solos artificiais) apresentam maiores % de PAS que as Frentes de desmonte originais. Em segundo lugar, as *frentes mais sombrias e húmidas* apresentam um perfil mineralógico mais rico em minerais secundários como a Vermiculite, e Endellite típicos dos Solos naturais. Estes resultados vão ao encontro das conclusões do estudo de BRAGA (1988) que apontam o efeito humectação-dessecação, gelo-degelo, dissolução, oxi-redução, efeito de cristalização de sais e principalmente hidrólise como agentes de formação de arenas.

No caso de se pretender a promoção da pedogénese os escombros heterogéneos constituirão um obstáculo à revegetação. Por escombros heterogéneos ou clastos entende-se todo o material não comercializado das Saibreiras cujo perfil granulométrico inclua uma proporção relativa de clastos grosseiros (até 25 aprox. cm de diâmetro) que impeça o respectivo aproveitamento para fins agrossilvícolas.

A possibilidade de utilizar máquinas de extracção dos clastos (Fig. 7.2) não só implica custos adicionais como é desajustada, uma vez que a sua utilização exige superfícies secas, planas (ou com ligeiras inclinações) onde as pedras estejam à superfície ou a escassa profundidade, o que definitivamente não se aplica às explorações do Minho.

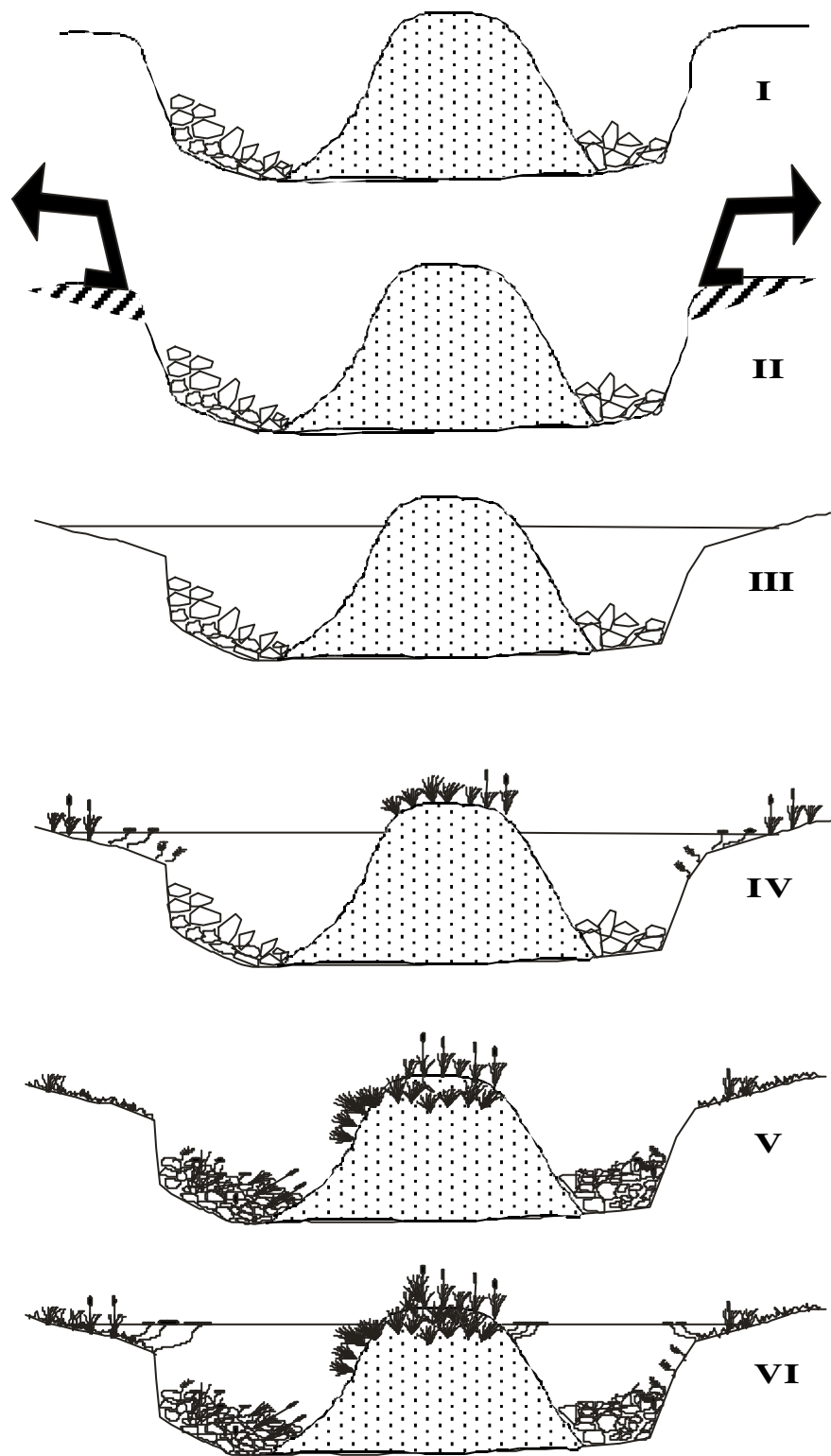


**Fig. 7.2** – Máquinas de extracção de pedras (Adaptado do Manual do ITGE, 1989).

É com base nestes dados que é lançada a sugestão de organizar nos estaleiros das Saibreiras sequências de **LAGOAS DE PEDOGÉNESE DE BAIXA PROFUNDIDADE**, **LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO DE LAMAS** e **LAGOAS DE DEPURAÇÃO DE ÁGUAS**.

Este Sistema implicaria um plano de lavra estruturado de modo a otimizar o acondicionamento dos escombros e a gestão das águas das Lagoas, tendo como condição inicial a disponibilidade de espaço, fundamental para o tratamento de escombros heterogéneos.

As **LAGOAS DE PEDOGÉNESE DE BAIXA PROFUNDIDADE** correspondem à primeira etapa do tratamento proposto para os escombros heterogéneos. Estes seriam seleccionados do material resultante da subtracção dos escombros de maiores dimensões desviados para as **CORRECÇÕES TOPOGRÁFICAS**. A área recomendada pelo ITGE (1989) para os casos de



**Fig.7.3 -Etapas deconstrução de LAGOAS DE PEDOGÊNESE DE BAIXA PROFUNDIDADE:**

- I. Criação de um promontório na bacia com os escombros finos heterogêneos.
- II. Desmonte das margens para suavização do declive e aproveitamento dos escombros grosseiros para outras CORRECÇÕES TOPOGRÁFICAS da unidade extrativa.
- III/IV. Fase de HIDRATAÇÃO e eventual formação de vegetação aquática.
- V. Fase de DESSECAÇÃO: exposição dos escombros aos factores climáticos e componente orgânico dos seres, entretanto em decomposição.
- VI. Fase de HIDRATAÇÃO e reestabelecimento da componente biótica.

recuperação dos taludes para zonas húmidas é entre 5 e 20 ha e, caso se pretenda um ecossistema aquático, a profundidade não deverá ultrapassar 5 m, caso contrário a taxa fotossintética será afectada pela falta de luz. As margens da Lagoa deverão ser sinuosas com formas arredondadas, mas sem formar um círculo, e apresentar perfis transversais aplanados (Fig. 7.2) já que a variação dos níveis freáticos condiciona a vegetação dominante. Nas zonas sujeitas a encharcamento sazonal a vegetação herbácea poderá ser dominada por juncos (*Juncus squarrosus*, L.) e macela (*Anthemis nobilis*, Samp.) e nas Lagoas e/ou zonas de encharcamento permanente narcisos (*Narcissus sp*) e labças (*Rumex sp*) (ALONSO *et al*, 2001).

Por último, convém criar zonas de refúgio como pequenas **ILHAS OU PROMONTÓRIOS** nas Lagoas onde inclusivamente espécies animais de passagem possam deixar o seu contributo orgânico.

Depois de depositados nas Lagoas de Pedogénese, os materiais seriam sujeitos a **CICLOS DE HIDRATAÇÃO/DESSECAÇÃO**, definidos pela alternância das condições climáticas. No Inverno estariam submersos na Lagoa e no Verão a água seria escoada para outra Lagoa, numa cota inferior, permitindo assim a exposição dos materiais ao aumento/variações de temperatura e insolação. Deste modo, é justificada a exigência de espaço e sobretudo a baixa profundidade das lagoas de modo a proporcionar a maior exposição solar para estes sedimentos durante o Verão. Decerto que, se as condições climáticas o tornarem oportuno, a frequência dos ciclos poderá ser ajustada consoante a evolução do sistema.

É possível que da fase de hidratação resulte a produção de algas e algumas plantas aquáticas que, após o escoamento, contribuirão para a formação da componente orgânica do futuro solo. Em estudos referidos por KENT (2001), efectuados em zonas húmidas, a manipulação dos níveis de água é utilizada com o intuito de aumentar a produtividade de espécies selvagens. O controlo dos níveis de água oscila entre fases de seca e cheias. O regime de seca elimina ou reduz espécies adultas e facilita o retorno de nutrientes ao solo através da decomposição da vegetação, e germinação de novos indivíduos. A fase de cheia diminui as populações de plantas emergentes e incrementa a produção de invertebrados aquáticos.

A produção espontânea de biomassa nas Lagoas poderá não ser suficiente para a formação de um solo propriamente dito, o que não invalida a **ADIÇÃO OUTROS RESÍDUOS ORGÂNICOS** após a escorrência, nomeadamente fertilizantes naturais para a aceleração da formação dos solos.

Para além do C, O e H as plantas necessitam, para um normal desenvolvimento, entre outros de elementos químicos, dos designados macronutrientes e que incluem o N, P, K, S, Ca, Mg e Na, sendo os micronutrientes os elementos necessários em menores



quantidades, ou quantidades vestigiais, a saber: Cu, Zn, B, Cl, Mb, Mn, Fe, Si, V e Co (CALDAS, 1993). Tendo em vista o enriquecimento dos inertes na componente azotada poderá ser oportuna a **INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES LEGUMINOSAS** como o trevo (*Trifolium*), o feijão (*Phaseolus*), as ervilhas (*Pisum*), a fava (*Vicia*), a lentilha (*Lens*), ou outras, uma vez que, relativamente ao Azoto, estas plantas são sustentadas por bactérias simbiotes. Com efeito, as bactérias dos géneros *Clostridium*, *Rhizobium*, *Azobacter* entre outros, têm a capacidade de se associar às raízes das leguminosas e daí fixar azoto atmosférico (N<sub>2</sub>) convertendo-o em amónia (NH<sub>3</sub>) assimilável para as plantas. Por seu lado, as plantas retribuem com compostos carbohidratados resultantes da fotossíntese.

Após a sequência dos Ciclos de hidratação/dessecação deverá seguir-se a **REPOSIÇÃO VEGETAL AUTÓCTONE**.

Consoante o tempo disponível para dar por terminada a reposição paisagística, proceder-se-ia recorrer à plantação das espécies autóctones da Região ou então aguardar que a sucessão natural de espécies vegetais aconteça até atingir o clímax, ou seja, o equilíbrio ecológico.

Veja-se o exemplo da Saibreira de Cancela de Chãos onde uma antiga escombreira de Finos (Lamas inclusive), localizada do outro lado da estrada (E591) que dá acesso a actual exploração. Esta zona (Fig.2.28) foi recentemente aproveitada para construir o escritório da Saibreiras onde, na área circundante cresce uma vinha, o que demonstra a possibilidade de evolução destes materiais em terrenos agrícolas. Recorde-se que os próprios taludes que isolam a unidade do exterior foram construídos com os mesmos escombros.

Simultaneamente a estes processos, as **LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO DE LAMAS**, seriam utilizadas, tal com é prática corrente, com o objectivo de assentar as Lamas e posteriormente extrai-las para o preenchimento dos escombros de maiores dimensões da própria Saibreira. Dada a proximidade geográfica das Saibreiras e Pedreiras, poder-se-á justificar o estabelecimento de **PROTOS DE COLABORAÇÃO** que contemplem o encaminhamento das Lamas excedentárias das Saibreiras para as Pedreiras, com o fim de promover a formação de novos solos. Outra hipótese seria o seu aproveitamento para a produção de materiais de construção (como chegou a equacionar o responsável pela Saibreira do Monte de Vasconcelos).

Por último, coloca-se a questão de libertar para a rede hidrográfica o conteúdo das **LAGOAS DE DEPURAÇÃO DE ÁGUAS**. Nesta fase surge a necessidade de eliminar os materiais de baixas densidades tais como os Filossilicatos, os Feldspatos de finíssimas granulometrias e os Óxidos opacos. Os resultados obtidos na análise granulométrica das Saibreiras demonstram que **a decantação é eficaz na redução parcial dos materiais primitivos**, verificando-se o fenómeno inverso em relação aos óxidos. Por outras palavras, a **MONITORIZAÇÃO DAS**

**ÁGUAS** será sempre necessária, até que estudos mais pormenorizados indiquem parâmetros que, na prática, sejam úteis na avaliação das águas de modo a prevenir a depreciação dos recursos hídricos circundantes. Essa monitorização deveria realizar-se à luz da LEI DA QUALIDADE DA ÁGUA (1998) consagrada no Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto na qual as águas em questão são consideradas «Águas residuais industriais».

Dada a importância das comunidades microbiológicas, nomeadamente fungos e bactérias, nas comunidades aquáticas e as referências de estudos realizados no da biodeterioração dos compostos silicatados KOSTTKA *et al* (1999), LITTLE *et al* (1997), LOWER *et al* (2000) e referências sobre o papel dos microrganismos na estabilização dos solos através da produção de compostos orgânicos (BARKER *et al*, 1997) poder-se-ia, a título experimental, estabelecer uma **BATERIA DE TESTES MICROBIOLÓGICOS DAS ÁGUAS DAS LAGOAS** tendo em vista a definição das comunidades microbianas dominantes, sendo no futuro alvo de estudos geomicrobiológicos aplicados, mais pormenorizados à semelhança do que se propõe em STRAUB *et al* (2001).

Por último, foi ainda colocada a hipótese de aproveitamento da porosidade natural das arenas para “filtração” das águas enlameadas, tendo em vista a diminuição da fracção argilosa. No entanto, os estudos que se fizeram na Bacia do Cávado por BRAGA (1989) revelam que apesar das águas meteóricas atravessarem rapidamente os perfis, a fracção fina, tal como os iões libertados pela hidrólise, não são retidos pelo esqueleto, donde se conclui que deste processo natural não resultam necessariamente águas desprovidas de sedimentos.

## CONCLUSÕES TÉCNICAS

Algumas conclusões dizem respeito à operacionalidade e avaliação de funcionalidade dos métodos analíticos adoptados. Estas conclusões têm efeitos sobre a aplicabilidade e exequibilidade desta abordagem metodológica e qualificam a aproximação ao diagnóstico do impacte, através do contexto materialográfico.

### **Análise topográfica**

A projecção das curvas de nível em digramas 3D (bloco diagrama) é um importante instrumento de análise das implicações do desmonte e ordenamento de estaleiro. O enquadramento das linhas de água nestes diagramas permite, a par do planeamento do trabalho de campo, decidir com maior precisão sobre a localização das escombreyras e Lagoas, que, em conjunto com a informação sobre as zonas habitadas, previne desvios indesejáveis de linhas de água, após o desmonte.

### **Análise granulométrica**

Se, por um lado, as curvas granulométricas analisadas em separado ( $>$  e  $<$  100  $\mu\text{m}$ ) permitem visualizar as diferenças e semelhanças entre os materiais e identificar fenómenos de dispersão e agregação das fracções argilosas, por outro foi o enquadramento dos mesmos dados nas categorias - cascalho, saibro, areia, silte e argila - que possibilitou análises comparativas das flutuações de perfis granulométricos ao longo dos processos extractivos.

Decerto que a análise granulométrica será um instrumento útil na monitorização das Lamas dada a eficácia na determinação da diversidade de calibres dos sedimentos em suspensão.

### **Pesquisa de Matéria Orgânica e minerais carbonatados e fosfatados: Propriedades químicas e visuais.**

A utilização de ácido nítrico para dissolução de compostos orgânicos em amostras de sedimento revelou-se pouco útil na medida em que a perda de finos na fase de decantação é inevitável quando se pretende obter resultados de uma forma rápida, no entanto alguns destes casos podem ser aclarados com base na informação macroscópica sobre a cor, restituindo alguma fiabilidade à correlação dissolução/conteúdo de matéria orgânica.

Quanto à pesquisa de minerais carbonatados e fosfatados através da aplicação do ácido clorídrico, não foi possível detectar qualquer informação útil na caracterização dos materiais analisados, sobretudo porque os conteúdos destes minerais são muito pequenos e portanto discretos nestas condições de análise.

### **Estudo Petrográfico – Geometrias textuais das alterações mineralógicas**

Foi ao nível da análise petrográfica que se recolheram as informações mais significativas e úteis sobre a influência dos factores externos na meteorização dos materiais que compõem as unidades extractivas de granito e saibro. Com efeito, a classificação dos materiais – Frentes de desmonte, Clastos, Britas e Lamas – e a respectiva quantificação dos Produtos de Alteração Supergénica e também dos Produtos de Alteração Hidrotermal, foram cruciais para a partir da micro-escala inferir o impacte da extracção/transformação na mineralogia e litologia dos materiais instabilizados.

A observação petrográfica das lâminas de Lamas permitiu decifrar o papel da decantação na concentração de óxidos, muito embora a quantidade de dados não tenha sido a ideal para dar consistência à metodologia.

### **Diffractometria de Raio X**

Quanto ao objectivo inicial, que consistia na utilização dos difractogramas para definir gradações de intensidade dos picos correlacionadas com a gradação das neoformações mineralógicas, conclui-se que embora qualitativamente plausível é manifestamente afectado por falta de resolução. Esta técnica tem a vantagem de discriminar as argilas que no estudo petrográfico eram apenas sugeridas.

NO FUTURO...tendo em conta a importância do tratamento de inertes nas explorações de granito e a gestão da água das Lagoas, será pertinente a monitorização da qualidade geoquímica das águas das Lagoas e linhas de água a jusante, em articulação com o estudo das propriedades mineralógicas dos inertes finos. Estes dados serviriam para uma avaliação pormenorizada dos factores intervenientes no processo de decantação e melhoria da qualidade da água que sai das unidades extractivas.

Também seria pertinente o estudo granulométrico da pedregosidade dos escombros/solos artificiais tendo em vista a inclusão deste parâmetro nas Cartas de Aptidão da Terra e Planos Directores Municipais das regiões com indústrias extractivas de importância relevante.

Quanto ao papel da matéria orgânica, teria interesse aprofundar as possibilidades do aproveitamento de resíduos domésticos na fertilização e enriquecimento da componente orgânica dos inertes e respectiva conversão em solo, bem como o estudo das espécies vegetais e microbiológicas indicadoras de uma reposição paisagística em harmonia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGAIER, (1997) – Environmental effects of mining - in MARCUS, J.J. *Minning Environmental Handbook: Effects of mining on the environment and American environmental controls on mining* – Imperial College Press, San Mateo, USA.
- ALONSO, J., ARAÚJO, J.P., SOUSA, M., AGOSTINHO, J., RODRIGUES, G.L., PEREIRA, S., RODRIGUES, S., COSTA, L., VALENTE, A. E COSTA, J.G. (2001) – Paisagem Protegida das Lagoas de Bertandos e S. Pedro d'Arcos - Caracterização Ambiental e Sócio-Económica e Infra-estruturas – Ed. Câmara Municipal de Ponte de Lima, 116 pág..
- ALVES, A.S. (1997) - Estudo da deterioração de materiais graníticos aplicados em monumentos da cidade de Braga (Norte de Portugal) Implicações na conservação do património construído - Tese de doutoramento, Universidade do Minho.
- ANDREWS, J.E.; BRIMBLECOMBE, P., JICKELLS, T.D. e LISS, P.S. (1996) – An Introduction to Environmental Chemistry – Blackwell Science Ltd, Oxford, 209p.
- BAILEY, S.W. (CHAIRMAN) (1980) – Summary of recommendation of AIPEA (ASSOCIATION INTERNATIONALE POUR L'ETUDE DES ARGYLES) nomenclature committee on clay minerals – *American Mineralogist*, **65**, p. 1-7.
- BANFIELD, J.F.; HAMERS, R.J. (1997) – Processes at minerals and surfaces with relevance to microorganisms and prebiotic synthesis – Reviews in Mineralogy/Geomicrobiology: interactions between microbes and minerals, **35**, Ed. Mineralogical Society of America, Washington, D.C., p. 81-122.
- BARKER, W.W.; WELCH, S.A.; BANFIELD, J.F. (1997) – Biogeochemical weathering of silicate minerals - Reviews in Mineralogy/Geomicrobiology: interactions between microbes and minerals, **35**, Ed. Mineralogical Society of America, Washington, D.C., p. 391-428.
- BEGONHA, A. (1997) - Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto - Tese de doutoramento, Universidade do Minho.
- BLAKE, R.E. e WALTER. (1996) – Effects of organic acids on the dissolution of orthoclase at 80° C and pH 6 - *Chemical Geology*, **132** p. 91-102.
- BOISEAU, M. e JUILLET-LECLERC, A. (1997) - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment of recent coral aragonite: oxygen and carbon isotopic implications – *Chemical Geology*, **143** (3-4), p.171-180.
- BOWMAN, R.A.; USDA-ARS, Akron, CO (1998) – Field methods to estimate soil organic matter – TEKTRAN, United States Department of Agricultural, Agricultural Research Service, Akron, Colorado.
- BRAGA, M.A.S. (1987) - Arenas e Depósitos associados da Bacia de Drenagem do Cávado (Portugal) Contribuição para o estudo da arenização, Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga, 325 p..
- BRAGA, M.A.S. (1987) - As argilas esmectíticas do depósito de Prado (Bacia do Cávado – Noroeste de Portugal) – Resumos de Comunicações e “Posters” da VII Semana de Geoquímica, Universidade de Aveiro. Aveiro.
- BRAGA, M.A.S., PAQUET, H. e BEGONHA, A. (2002) – Weathering of granite in a temperate climate (NW Portugal): granitic saprolites and arenization – *Catena*, **49**, p. 41-56.
- CALDAS, F. B. (1993) – Ecologia Vegetal – Ecologia II, Instituto de Botânica, Universidade do Porto.
- CAMPOS, R.C. (2001) – Determinação da Cor do Solo e a sua utilização na predição dos teores de Hematite – Tese de Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo - Brasil.
- CARDOSO, J. C., BESSA, M. T. e MARADO, M.B. (1971) – Carta de Solos do serv. De Reconhecimento e Ord. Agrário, adaptada à base cartográfica do Atlas: CNAFotografia e Impressão- Inst. Hidrog., 1978 – Ed. Direcção Geral do Ambiente (<http://www.iambiente.pt/atlas/>)
- CARROL in MIRANDA, A.M. (1986) – Contribuição para o conhecimento da evolução mineralógica e geoquímica da meteorização no maciço eruptivo de Sintra – Estudos, Notas e Trabalhos, D.G.G.M., **28**, p. 3-86.
- CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL (1973) – Folha 5 D – Edição da Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos.
- CARTA HIDROGEOLÓGICA DE PORTUGAL (1999), Ministério da Economia.

- CARTA MITILAR Nº 56 (1997) – Edição do Instituto Geográfico do Exército. oxide mineral surfaces - Chemical Geology, **162** p. 33-45.
- CARTA MITILAR Nº 57 (1998) – Edição do Instituto Geográfico do Exército.
- CARVALHO, G.S. e LEMOS, F.S. (1985) – Estudo dos depósitos e indústrias quaternárias nos vales fluviais do Minho – Notícia sumária sobre as investigações em curso. Rev. de Guimarães, XCIV, 3-6.
- CHÂTELLIER, X., FORTIN, D., WEST, M., LEPPARD, G.G. E FERRIS, G. (2001) – Effect of the presence of bacterial surfaces during the synthesis of Fe oxides by oxidation of ferrous ions – Eur. J. Mineral, **13**, p. 705-714.
- CHENU, C.; BISSONNAIS, Y. LE; BESNARD, E. e ARROUAYS, D. (1999) – Influence of cultivation on the composition and properties of clay organic matter associations from soils – Journal of Conference Abstracts, Symposium LO3 Humic Substances, Soils and Sediments, **4**, nº 1, Stasbourg, France.
- CHOROVER, J. e AMISTADI, M. K. (2001) – Reaction of forest floor organic matter at goethite, birnessite and smectite surfaces - Geochimica et Cosmochimica Acta, **65**, nº 1, p. 95-109.
- COCHRAN, M.F. E BERNER, R.A. (1992) – The quantitative role of plants in weathering - *in* Water-Rock Interaction, Ed. Kharaka & Maest. Roterdão, p.473-476.
- COSTA, J.B. da (1995) – Caracterização e Constituição do Solo – 5ªEd., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- DEAN, W.E. E GORHAM, E., (1976) - Major chemical and mineral components of profundal surface sediments in Minnesota Lakes - Limnol. Oceanogr., **21**(2), 259-84.
- DEMATTÊ, J. A. e GARCIA, G. J. (1999) – Alteration of Soil Properties through a Weathering Sequence as evaluated by Spectral Reflectance – Soil Sci. Soc. Am. J., **63**, p.327-342.
- EHRlich, H.L. (1996) – Geomicrobiology – 3<sup>rd</sup> Ed. and expanded, Rensselaer Polytechnic Institute
- ELLIS, S. E MELLOR, A. (1995) – Soils and Environment – Ed. Routledge. London.
- ENGLEMAN, E.E., JACKSON, L.L. E NORTON, D.R. (1985) - Determination of carbonate carbon in geological materials by coulometric titration - Chemical Geology **53**, p. 125-128.
- FEIN, J.B.; BOILY, J.-K.; GUÇLU, K. e KAULBACH, E. (1999) – Experimental study of humic acid adsorption onto bacteria and Al-
- FERREIRA, M.O.Q. (1990) – Geoquímica da alteração e propriedades de granitos com utilização em enrocamentos – Memórias e Notícias, Univ. Coimbra, **109**, p.1-33.
- FOTH, H.D. (1984) – Fundamentals of Soil Science - John Wiley & Sons Ltd. 7<sup>th</sup> Ed. NY.
- FURTADO, A.F.A.S. (1981-82) – Novos dados sobre a presença de gibsite em solos derivados de granitos do NW de Portugal – Garcia de Orta, Ser. Geol. Lisboa, (1-2), p. 59-68.
- GOMES, C.L. (1994) - Estudo estrutural e paragenético de um sistema pegmatóide granítico. O campo aplito-pegmatítico de Arga - Minho (Portugal) - Tese de doutoramento, Universidade do Minho.
- GOMES, C.L. (1995) – Discriminação do espectro de recursos base associados à evolução granítica residual no campo filoniano de Arga – Minho – N de Portugal - Estudos, Notas e Trabalhos, Porto, I.G.M., **37**, p. 59-86.
- HAYNES, R.J. (2000) – Interactions between soil organic matter status and sample pre-treatment and their effects on measured aggregate stability – Biol Ferti Soils, **30**, p.270-275.
- <http://agviselabs.com> - Soil Organic Matter, A choice of methods.
- <http://www.igm.pt/estatisticas/>
- <http://www.iambiente.pt/atlas/>
- INE (2000) - Anuários Estatísticos da Região Norte.
- INIA - LQARS (2000) – Manual de Fertilização das culturas – Ed. Lab. Quím. Rebelo da Silva. Lisboa.
- ITGE (1989) - Manual de restauracion de terrenos y evaluacion de impactos ambientales en mineria – Serie: Ingeniería Geoambiental, Ed. Inst. Tecn. Geominero de España; Ministerio de Industria, Comercio Y Turismo, Espanha.
- KENT, D.M.(2001) – Applied Wetlands Science and Technology – 2<sup>nd</sup> Ed., Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- KONHAUSER, K.O.; URRUTIA, M.M. (1999) – Bacterial clay authigenesis: a common biogeochemical process – Chemical Geology, **161**, p. 399-413.
- KOSTKA, J.E.; WU, J.; NEALSON, K.H. e STUCKI, W. (1999) – The impact of structural Fe(III) reduction by bacteria on the surface chemistry of smectite clay minerals -

- Geochimica et Cosmochimica Acta, **63**, n° **22**, p. 3705-3713.
- KRAUSKOPF, K.B. (1972) Introdução à geoquímica – Ed. Polígono, SA, São Paulo, Brasil.
- LEE, M.R. e PARSONS, I. (1999) – Biomechanical and biochemical weathering of liqen – encrusted granite: textural controls on organic – mineral interactions and deposition of silica – rich layers - Chemical Geology, **161**, p. 385-397.
- LEI DA QUALIDADE DA ÁGUA (1998) - Diário da República I Série A – n° 176, Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, Ministério do Ambiente p. 3677-3722.
- LIMA (1994) - Hidrogeologia de regiões graníticas (Braga - NW de Portugal) - Tese de mestrado, Universidade do Minho, 202 p.
- LITTLE, B.J.; WAGNER, P.A.; LEWANDOWSKI, Z. (1997) – Spatial relationships between bacteria and mineral surfaces - Reviews in Mineralogy/Geomicrobiology: interactions between microbes and minerals, **35**, Ed. Mineralogical Society of America, Washington, D.C., p. 123-159.
- LOWER, S.K.; TADANIER, C.J. e HOCELLA Jr, M.F. (2000) – Measuring interfacial and adhesion forces between bacteria and mineral surfaces with biological force microscopy - Geochimica et Cosmochimica Acta, **64**, n° **18**, p. 3133- 3139.
- MINERALOGICAL SOCIETY OF AMERICA (1997) - Reviews in Mineralogy/Geomicrobiology: interactions between microbes and minerals, **35**, Ed. Mineralogical Society of America, Washington, D.C..
- MAGALHÃES, S.M.T.L (2000) – Biodeterioração de um monumento da cidade de Braga , Estudo microbiológico da pedra granítica – Tese de Mestrado em Ciências do Ambiente; Escola de Ciências , Univ. do Minho, Braga.
- MARCUS, J.J. (1997) – Mining Environmental Handbook: Effects of mining on the environment and American environmental controls on mining – Imperial College Press, San Mateo, USA.
- MARTINS, F.F., MARTINS, J.B. E ARAÚJO, P.A.M. (1995) - Characteristics of North Portuguese granitic residual soils – Ordenamento do Território, UTAD, Vila Real, Portugal.
- McBRIDE, M., MARTÍNEZ, C.E. E SAUVÉ, S. (1998) – Copper (II) activity in aged suspensions of Goethite and organic matter – Soil. Sci. Soc. Am., **62**, p. 1542-1548.
- MIRANDA, A.M. (1986) – Contribuição para o conhecimento da evolução mineralógica e geoquímica da meteorização no maciço eruptivo de Sintra – Estudos, Notas e Trabalhos, D.G.G.M., **28**, p. 3-86.
- NELSON, D.W. E SOMMERS, L.E. (1982) – Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter – Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties – 2<sup>nd</sup> Ed. Madison, Wisconsin USA, p. 539-577.
- NEVES, L.J.F.; GODINHO, M.M. (1987) – Nota sobre o comportamento geoquímico da biotite de rochas granitoides face à alteração – Memórias e Notícias, Univ. Coimbra, **103**, p.49-64.
- OCHS, M. (1996) – Influence of humified and non-humified natural organic compounds on mineral dissolution - Chemical Geology, **132** p. 119-124.
- PEDROSA, M.Y. (1999) – Carta Hidrogeológica de Portugal escala 1/200 000 Notícia Explicativa da Folha 1 – Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- PEREIRA, R. (2000) – Do desastre à recuperação ambiental da cimenteira do Parque Nacional da Arrábida – Revista Segurança, **139**, Abril/Junho.
- PEREIRA, S., BARROS, R. E SAÚDE, N. (1998) – Ambiente e segurança na indústria extractiva/Avaliação do impacto ambiental/Metodologias – Comunicação do Seminário Europeu sobre Legislação Ambiental na Indústria Extractiva, p. 97-103.
- PICKERING, W.F. (1989) – The competing roles of dissolution, sorption and complex formation in element mobilization – *in* Wethering; its Products and Deposits, Vol I, Theofrastus Publ. SA, Athens, Greece.
- PLANO DIRECTOR MUNICIPAL DE BRAGA (2001) - Diário da República n° 25, (30 de Janeiro de 2001) – Resolução do Conselho de Ministros n° 9/2001 pág. 491-500.
- PLANO DIRECTOR MUNICIPAL DE PÓVOA DE LANHOSO (1999) - Diário da República n° 28, (22 de Abril de 1999) – Resolução do Conselho de Ministros n° 28/1999.

- PRINCÍPIOS ORIENTADORES DAS ACTIVIDADES DE PROSPECÇÃO, PESQUISA E EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS GEOLÓGICOS EM PEDREIRAS (1990) - Decreto Lei nº 89/1990 de 16 de Março, Ed. Diário da República, p.1286-1296.
- REGULAMENTO GERAL SOBRE O RUÍDO (2000) – Regime Legal sobre a poluição Sonora – Decreto Lei nº 292/2000 de 14 de Nov, entrada em vigor a 15 de Maio de 2001, Ed. Diário da República, p.6511-6520.
- RIEDER, M., CAVAZZINI, G., D'YAKONOV, Y.S., F-KAMANETSKII, V., GOTTARDI, G., GUGGEHEIM, S., KOVAL, P.V., MULLER, G., NEIVA, A.M.R., RADOSLOVICH, E.W., ROBERT, J.-L., SASSI, F.P., TAKEDA, H., WEISS, Z. E WONES, D.R. (Mica Subcommittee of the Commission of New Minerals and Mineral Names of The International Mineralogical Association) (1998) – Nomenclature of the Micas - The Canadian Mineralogist, **36**, p x-xx.
- ROCHA, A.P.L.; VALENTE, T.; ALVES, C.A . S. e LEAL GOMES, C (1999) - Qualificação do impacte ambiental através do desgaste de maciço. Consequências para o ordenamento da actividade extractiva no maciço de Santo Ovídio (Ponte de Lima - N Portugal). I Simpósio Internacional da Pedra Natural na Construção, Lisboa, 17-18 Maio. Ed. em Cd rom.
- RODRIGUES, E.P.; FILHO, C.C.; COUTINHO, J.M.V. (1996) – Importância da petrografia microscópica para a previsão do comportamento e da durabilidade de rochas ornamentais - Rochas & Equipamentos, **47**, p.78-86.
- SILVA, J.M.V. (1979) – Solos derivados de granito da região NO de Portugal. Caracterização mineralógica das fracções de limo e argila. Pedogénese – Pedologia, Oeiras, 14 (2), p. 107-120.
- SILVA, J.M.V. (1980) –Ocorrência de vermiculite-Al e gibsite em solos de granito do NO de Portugal. Génese destes minerais – Comum. Sev.Geol..Portugal, 66, p.71-77.
- SILVA, J.M.V. (1981) – Pedogénese – Geonovas, **1**, nº2, p.19-25.
- SILVA, V. (2002) - Qualificação dos recursos de minerais cerâmicos pegmatíticos. Contributo para a gestão dos recursos pegmatíticos do Minho – Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Braga, 151 p..
- SCHNITZER, M. (1982) – Organic Matter Characterization - Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties – 2<sup>nd</sup> Ed. Madison, Wisconsin USA, p. 581-593.
- SINGH, B. E MACKINNON, I.D.R. (1996) – Experimental transformation of kaolinite to halloysite - Clays and Clay minerals, **44**, nº6, p. 825-834.
- SOARES, H.L.A., DELGADO, H.M.S. e GOMES, C.S.F. (1998) – Eventuais efeitos na saúde humana produzidos pelas Lamas resultantes da exploração e transformação de pedra natural – Geociências, Ver. Univ. Aveiro, **12**, fasc. (1/2), p.17-23.
- STRAUB, K.L. E BUCHHOLZ-CLEVEN, B.E.E. (2001) – *Geobacter brementis* sp. Nov. and *Geobacter pelophilus* sp. Nov., two dissimilatory ferric-iron-reducing bacteria – International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, **51**, p.1805-1808, Ed. Society for General Microbiology.
- ULLMAN, W.J.; KIRCHMAN, D.L.; WELCH, S.A. e VANDEVIVERE, P. (1996) – Laboratory evidence for microbially mediated silicate mineral dissolution in nature - Chemical Geology, **132** p. 11-17.
- WINTER, J.D. (2001) – An introduction to Igneous and Metamorphic Petrology – Prentice Hall Inc.



## ATLAS/PUBLICAÇÕES CONSULTADAS

DAMS, A.E., MACKENZIE, W.S. e GUILFORD, C. (1994) – Atlas of sedimentary rocks under the microscope – Longman Scientific & Technical, 4<sup>th</sup> Ed., England.

AUGUSTITHIS, S.S. (1973) – Atlas of the textural patterns of granites, gneisses and associated rock types – Ed. Elsevier, Amsterdam.

BORGES, F. S. (1994) – Catálogo descritivo do Museu de Mineralogia Prof. Montenegro de Andrade, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

MACKENZIE, W.S., DONALDSON, C.H. e GUILFORD, C. (1982) – Atlas of igneous rocks and their textures – Longman Scientific & Technical, England.

MACKENZIE, e GUILFORD, C. (1991) – Atlas of rock forming minerals in thin section – Longman Scientific & Technical, 7<sup>th</sup> Ed., England.

MUNSELL - Escala de Cores de Munsell – Ed. American Soil Science Society.

FICHEIRO JCPDS - Joint Committee on Powder Diffraction Standards - International Center for Diffraction Data (ICDD).

## SUGESTÕES BIBLIOGRÁFICAS DE INTERESSE TÉCNICO

AGROCONSULTORES & COBA (1991) – Carta dos Solos, Carta de Uso actual da Terra e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Agroconsultores e Coba, Lisboa.

AGROCONSULTORES & GEOMETRAL (1995) – Carta de Solos e Carta de Aptidão da Terra de Entre Douro e Minho – Direcção Regional de agricultura de Entre Douro e Minho. Agroconsultores e Geometral, Lisboa.

BICKMORE, B.R.; HOCELLA, M.F.; BOSBACH, D. E CHARLET, L. (1999) – Methods for performing atomic force microscopy imaging of clay minerals in aqueous solutions - Clays and Clay minerals, **47**, n°5, p. 573-581.

DOVE, P. (1999) – The dissolution kinetics of quartz in aqueous mixed cation solutions –

REGIME JURÍDICO DE REVELAÇÃO E APROVEITAMENTO DOS RECURSOS GEOLÓGICOS (1990) - Decreto Lei n° 90/1990 de 16 de Março, Ed. Diário da República, p.1296-1304.

EKSPERIANDOVA, L.P.; BLANK, A.B.; MAKAROVSKAYA, Y.N. (1999) – Peculiarities of Making Gel-Like Specimens for X-Ray Fluorescence Analysis – X-Ray Spectrometry, **28**, 24-26.

GRATHOFF, G.H. e MOORE, D.M. (1996) – Illite polytype quantification using wildfire calculated X-ray diffraction patterns - Clays and Clay minerals, **44**, n°6, p. 835-842.

JABOYEDOFF, M., BUSSY, F., KLUBER, B. e THELIN, Ph (2001) – Illite “crystallinity” revisited - Clays and Clay minerals, **49**, n°2, p. 156-167.

KRINSLEY, D.H., PYE, K. e TOVEY, N.K. (1998) – Backscatterd Scanning Electron Microscopy and Image Analysis of Sediments and Sedimentary Rocks – Cambridge Univ. Press.

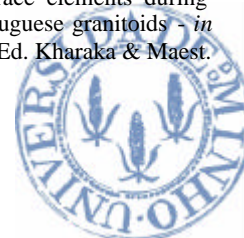
LINDBERG, A.; HELLMUTH, K-H.; SIITARI-KAUPPI, M. e SUSKI, J. (1992) – Effects of water-rock interaction on the porosity and composition of rock studied by impregnation with carbon-14-polymethylmethacrylate - *in* Water-Rock Interaction, Ed. Kharaka & Maest. Roterdão, p.573-576.

SVERDRUP, H.; WARFVINGE, P. (1992) – PROFILE – A mechamistic geochemical model for calculation of field weathering rates – *in* Water-Rock Interaction, Ed. Kharaka & Maest. Roterdão.

TAKAHASHI, Y.; MINAI, Y.; AMBE, S.; MAKIDE, Y. e AMBE, F. (1999) – Comparison of adsorption behavior of multiple inorganic ions on Kaolinite and silica in the presence of humic acid using the multitracer technique – Geochimica et Cosmochimica Acta, **63**, n° 6, p. 815-836.

WARFVINGE, P.; SVERDRUP, H. (1992) – Modeling regional soil mineralogy and weathering rates - *in* Water-Rock Interaction, Ed. Kharaka & Maest. Roterdão.

WEIJDEN, R. VAN DER; WEIJDEN, H. VAN DER (1992) – Mobility of trace elements during weathering of some Portuguese granitoids - *in* Water-Rock Interaction, Ed. Kharaka & Maest. Roterdão.



## ANEXO - ÍNDICE DAS AMOSTRAS E MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS

PEDREIRA DE PÓVOA DE LANHOSO					
Amostra	Grão	Dissolução Ácidos	Petrografia	DRx Rocha total	DRx <2 micra
GGazm					
GGazF					
GGazX					
EB21					
EB22					
L1					
B1					
B2					
lama S					
lama P					

PEDREIRA DE AMARES					
Amostra	Grão	Dissolução Ácidos	Petrografia	DRx Rocha total	DRx <2 micra
GAaz					
GAam					
Solo CF1					
Solo CF2					
Solo CF3					
Solo CF4					
CFB					
Lamas CF1					
Lamas CF2					

BARREIRO DE PAPAGAIOS - PRADO					
Amostra	Grão	Dissolução Ácidos	Petrografia	DRx Rocha total	DRx <2 micra
Pereira A					
Pereira B					
Pereira C					
Pereira D					
Pereira E					
Pereira F					
Pereira G					
Pereira 1					
Pereira 2					
Pereira 3					
Pereira 4					

SAIBREIRA DE CANCELA DE CHÃOS

Amostra	Grão	Dissolução Ácidos	Petrografia	DRx Rocha total	DRx <2 micra
Rocha C					
Rocha D					
Rocha A					
Rocha A1					
Rocha B					
Rosso I					
Capa I					
Rosso II					
H1					
H2					
H3					
H4(W1)					
HW2					
HW3					
M1					
M2					
M3					
M4					
M5					
lama X					
lama Y					
ES1					
ES2					
ES3					
EE					
Brita G1					
Brita G2					
Brita G3					

SAIBREIRA DO MONTE DE VASCONCELOS

Amostra	Grão	Dissolução Ácidos	Petrografia	DRx Rocha total	DRx <2 micra
MVZ					
MVA					
Rosso 1					
Rosso 2					
Rosso 3					
Rosso A1					
Rosso A2					
Rosso B					
Perfil1					
Perfil2					
PSE					
PLE					
PAE					
PA					
PB					
PC					
PD					
PAV					
PPE					
Lamas 1					
Lamas 2					
Lama AC					
Lama D					
Brita M					
Brita F					
Brita G			(azul)		
			(amarela)		

## ERRATA

Página	Linha	Onde se lê	Deve ler-se
IV	14	objectivos	objectos
1	4	Entre os quais cito	entre os quais se cita
	9	presente estudo, outros	presente estudo outros
	15	(1997), sobre o maciço	(1997). Sobre o maciço
3	3	Minho, estão inventariadas, desde	Minho estão inventariadas desde
5	5	tipológica. Trata-se de classificados	tipológica. Estão classificados
	22	baixas que ser registam	baixas que se registam
	23	Índice de	* Índice de
7	32	em termos dimensionais as mais	em termos dimensionais, as mais
8	16	saibro ou mesmo um barreiro	saibro ou mesmo de um barreiro
	17	do que a extracção	do que da extracção
9	13	Note-se que os desmontes	Note-se que dos desmontes
	22	tão íngremes, no entanto observam-se	tão íngremes. No entanto, observam-se
	26	facilitando assim	facilitando, assim
	27	rápida	rápida.
10	10	subgranulação, da fácies	subgranulação da fácies
	24	MIRANDA, 1986) e traduzido	MIRANDA, 1986) traduzido
11	4	O facto o método	o facto de o método
	16	representam, um	representam um
12	14 e 17	Tabela 1.2	Tabela 1.3
13	6 e 7/ 23	(Fig. 2.1, 2.5, 2.12, 2.13, 2.28, e 2.38)	(Fig. 2.1, 2.6, 2.12, 2.14, 2.29, e 2.39)
14	11	que, colmata	que colmata
	12	E apresenta as	e apresenta as
15	26	molecular, por outro lado	molecular. Por outro lado
	31	CHOVER	CHOROVER
16	23	orgânica e compostos	orgânica e de compostos
17	4	orgânicos, numa parte	orgânicos, uma parte
	19	exponham, contrastes	exponham contrastes
18	4	catiónica, e, portanto	catiónica e, portanto
	5	pedogenénico	pedogenético
	6	contraponto da a sua	contraponto da sua
	11	hidrotermais, como	hidrotermais como
	15	nícois	nicóis
	32	Análise modal	A análise modal
19	18	análise de rocha	Análises de rocha
20	5	caracterização está entre	caracterização, entre
39	9	que não são revolvidos	que não foram revolvidos
	16	horizonte do perfil	horizontes do perfil
43	2	foram em coluna	foram realizadas em coluna
	16	que parece pertinente	que pareceu pertinente
48	15	da frente tem maiores	da frente que tem maiores
57	9	Tipologia/Nomenclatura das Lam	Tipologia/Nomenclatura das Lamas
59	10 e 12	curva em S	curva em Z
62	12	transportam mais do dobro	transportam aproximadamente o dobro
	13	silte e o triplo da argila que chegam a	silte e argila das que chegam a
71	Tabela 4.2	Pereira G cinza esverdeado 5Y 7/4	Pereira G cinza esverdeado 5 GY 7/4
74	20	influenciados pela	influenciadas pela
79	22	sericitização no entanto também	sericitização. No entanto, também
	25	pulverurenta	pulverulenta
80	21	refira-se que nas moscovites	refira-se que as moscovites
90	10 e 15	1:5 e 1:4 e 1:6	1:05 e 1:04 e 1:06
92	1, 2 e 6	3:9, 3:6 e 8:2, 8:5	3:09, 3:06 e 8:02, 8:05
93	6	feldespáticas	feldspáticas
97	4	9:9 e 9:5	9:09 e 9:05
100	10	4:7 e 4:4	4:07 e 4:04
101	7	6:7	6:07
102	8	realçar, que	realçar que
106	2/ 4	8:1 e 8:4/ 8:7 e 8:6	8:01 e 8:04/ 8:07 e 8:06
108	14	8:9	8:09
109	2	conclui-se que, a	conclui-se que a
115	5	palgioclase	plagioclase
120	11	palgioclase	plagioclase
127	20	palgioclase	plagioclase
129	22 e 24	palgioclase	plagioclase
130	19	duração a ver	duração e ver
	21	ultima	última
	29	formação	formação
133	10	(até 25 aprox. cm de diâmetro)	(até aprox. 25 cm de diâmetro)