FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

RENTABILIZAÇÃO DIDÁCTICA DAS MINAS DE OURO DE CASTROMIL:

UM CONTRIBUTO PARA O ENSINO DA GEOLOGIA

José Américo Alves Barros

Dezembro de 2005

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

RENTABILIZAÇÃO DIDÁCTICA DAS MINAS DE OURO DE CASTROMIL:

UM CONTRIBUTO PARA O ENSINO DA GEOLOGIA

Dissertação para a obtenção de grau de Mestre
no âmbito do Mestrado em Geologia para o Ensino

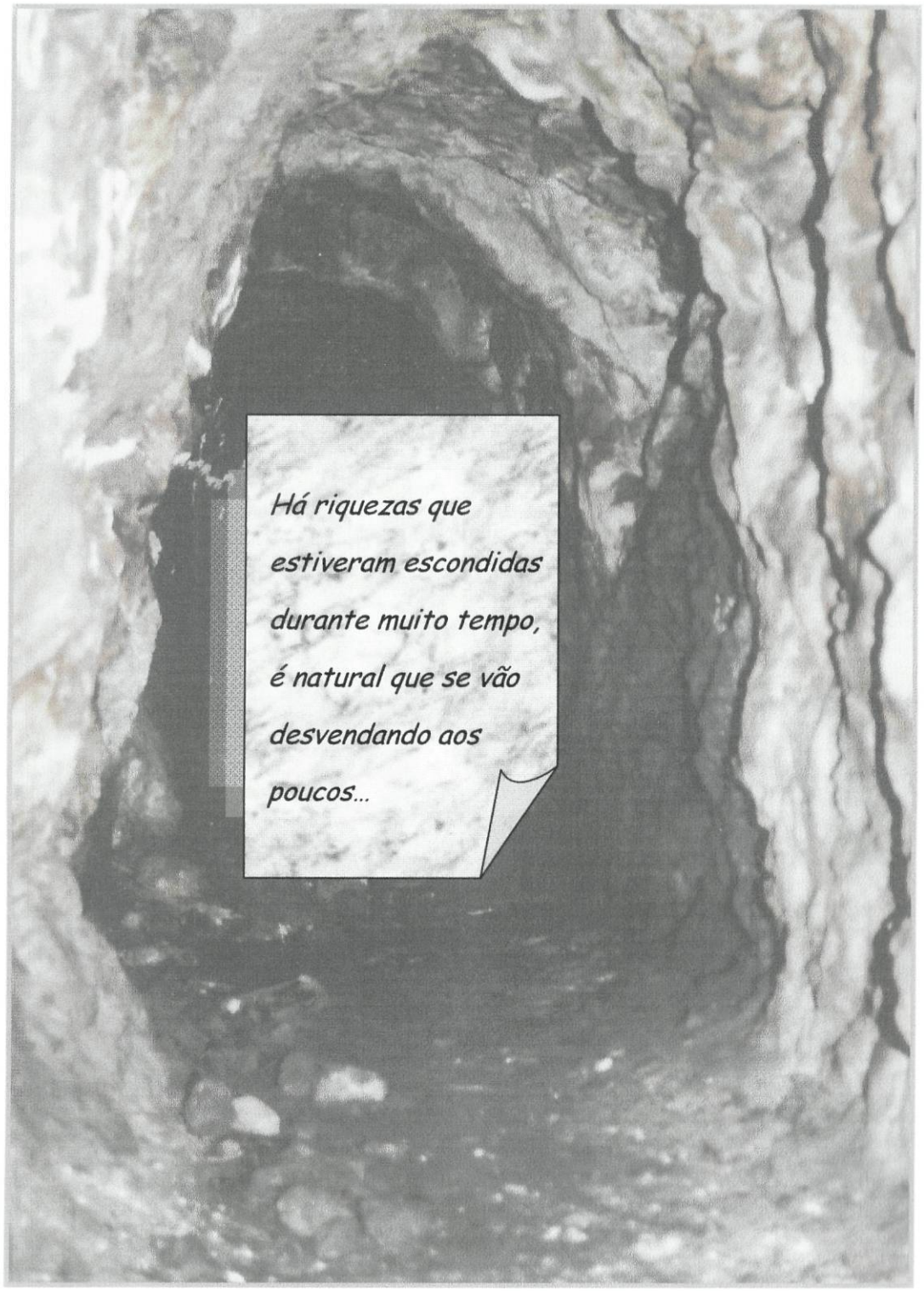
Sob a orientação de: Dr. Alexandre Lima

Reg. 1769
Cota 372.855
(043.2) | BARBR

José Américo Alves Barros

Dezembro de 2005

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO PORTO
BIBLIOTECA


Há riquezas que estiveram escondidas durante muito tempo, é natural que se vão desvendando aos poucos...

AGRADECIMENTOS

O trabalho que aqui se apresenta foi realizado com o apoio e ajuda de várias pessoas, a quem quero, neste momento, manifestar a minha gratidão:

- Ao Dr Alexandre Lima, pela confiança, incentivo e disponibilidade que sempre manifestou, quer no esclarecimento de dúvidas e sugestões, quer no acompanhamento de diversas deslocações efectuadas à área estudada, assim como, pela forma generosa como orientou e leu este trabalho.

- À Drª Clara Vasconcelos, do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pela ajuda e disponibilidade manifestadas na adaptação da Escala de Avaliação de Actividades *Outdoor* em Ciências Naturais (Escala AOCN) ao estudo desenvolvido, no esclarecimento de dúvidas, bem como, na forma amável como leu a componente Didáctica deste trabalho.

- À Drª Maria dos Anjos, do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pela atenção disponibilizada e bibliografia facultada.

- Ao Amigo Ângelo Ferreira pelo apoio e disponibilidade sempre manifestados, tanto em algumas das deslocações efectuadas ao local estudado, como na colaboração dada na recolha de fotografias.

- Aos colegas Sofia Moça, Vítor Pinto, Nuno Machado e Luís Cruz, pelo contributo dado na produção dos dois DVD's que servem de suporte a este trabalho.

- Aos colegas Susana Montes, Paulo Almeida e João Matos, pelo contributo dado na realização de alguns materiais didácticos, no acompanhamento de uma das turmas durante a visita ao campo e na análise do comportamento e interesse demonstrados pelos alunos aquando da visita.

- À colega e Amiga Elsa Teixeira, pela ajuda e disponibilidade manifestadas na tradução de alguma bibliografia.

- À colega e Amiga Diana Branco pelo apoio demonstrado e pela forma amável com que se disponibilizou na elaboração do abstract.

- À colega e Amiga Isabel Teixeira, pelo contributo dado na realização de trabalhos relativos ao ano curricular e pela disponibilidade e apoio manifestados no tratamento de alguns dados.

- À colega e Amiga Dulce Lima, pelo contributo dado na realização de trabalhos relativos ao ano curricular.

- Ao Amigo Raul Barbosa pelo apoio dado em alguns momentos difíceis.

- À colega e Amiga Margarida Alves, pelo apoio dado em momentos mais difíceis.

- À colega Maria Manuela pela bibliografia facultada.

- Ao colega Abílio Santos, pelo esclarecimento de dúvidas e disponibilidade demonstrada sempre que solicitado.

- À Junta de Freguesia de Sobreira, pela cedência do parque de merendas, aquando da visita ao campo com os alunos.

- À minha irmã, pelo incentivo manifestado nos momentos de maior dificuldade.

- Aos meus Pais, pela paciência, apoio e carinho manifestados em todos os momentos.

- À minha Esposa, Maria João, não só pela disponibilidade, apoio e contributo fornecido na realização deste trabalho, mas também, pela companhia, carinho, incentivo e paciência manifestados em todos os momentos.

A TODOS, O MEU MUITO OBRIGADO

ÍNDICE

Pág.

RESUMO VI

ABSTRACT VII

CAPÍTULO I – Enquadramento da Investigação

1. Introdução 2
2. Organização do Trabalho 2
3. Razões para a Escolha do Tema e sua Pertinência 3
4. Escolha do Local 5
5. Problema da Investigação 5
5.1. Questão - Problema 5
5.2. Hipóteses de Trabalho 6
5.3. Objectivos de Trabalho 6

CAPÍTULO II – Localização e Caracterização da Área de Estudo – Revisão Bibliográfica

1. Introdução 8
2. Localização Geográfica das Minas de Castromil 9
3. Enquadramento Geológico 10
3.1. Introdução 10
3.2. Silúrico 11
3.2.1. Orlas de Metamorfismo Termal 13
3.3. Quaternário 13
3.4. Rochas Ígneas 14
3.5. Paleogeografia e Tectónica 16
4. Recursos Minerais 19
4.1. Introdução 19
4.2. O Ouro 20
4.2.1. Enquadramento Geológico 20
4.2.2. Paragénese e Mineralização 22
4.2.3. Fluidos Mineralizantes 24
4.2.4. Modelo para a Formação do Jazigo 27
4.2.5. Viabilidade Actual de Exploração 29
4.2.5.1. Considerações Gerais 29
4.2.5.2. O Local em Estudo 31
4.2.6. O Ouro e a sua Importância 32
4.3. O Caulino 36
4.3.1. Considerações Gerais 36
4.3.2. Origem 37
4.3.3. Tratamento 38
4.3.4. Utilização 41
4.3.4.1. O Caulino no Papel 43
4.3.4.2. Outras Utilizações 45
4.3.5. Principais Produtores de Caulino 46

4.3.6. Caulino no Local em Estudo 47
4.3.7. Alternativos ao Caulino 48
5. Património Mineiro 49
5.1. Introdução 49
5.2. Considerações Gerais 50
5.3. Mineração Romana 52
5.3.1. Prospecção de Depósitos Minerais 52
5.3.2. Exploração de Jazigos Secundários 54
5.3.3. Exploração de Jazigos Primários 56
5.3.4. Equipamentos e Técnicas Utilizadas 61
5.3.5. Tratamento do Minério 64
5.4 Trabalhos Mineiros Posteriores 68
6. Graptólitos 69
6.1. Aspectos Gerais 69
6.2. Classificação 71
6.2.1. Dendroideos 71
6.2.2. Graptoloideos 72
6.3. Paleoecologia 74
6.4. Evolução 76
6.5. Bioestratigrafia 77
6.6. Graptólitos na Área de Estudo 78
7. Aspectos Paisagísticos e Ambientais 79
7.1. Introdução 79
7.2. Clima 80
7.3. Principais Características da Paisagem 80
7.3.1. Rede Hidrográfica 80
7.3.2. Morfologia 81
7.3.3. Solos 81
7.3.4. Flora e Fauna 82
7.4. A Vegetação na Estabilidade dos Taludes 82
7.5. A Actividade Mineira e o Ambiente 86
7.5.1. Características Gerais 86
7.5.2. O Impacto das Minas Abandonadas 89
7.5.3. Recuperação das Minas Abandonadas 92
7.5.4. O Local em Estudo 95
7.5.4.1. Perturbações Ambientais 95
7.5.4.2. A Exploração Mineira e os Impactes Ambientais 97

CAPÍTULO III – Contextualização Didáctica

1. Introdução 100
2. *Actividades Outdoor* 101
3. Actividades Outdoor e os Diferentes Tipos de Ensino 102
4. O Modelo de Nir Orion 104
5. Dimensões em Análise na Avaliação da Actividade Desenvolvida 107
5.1. Construção do Conhecimento 107
5.2. Desenvolvimento de Atitudes e Valores 109
5.3. Alfabetização Científica 109

CAPÍTULO IV – Planificação e Concretização da Actividade, Metodologia de Investigação e Análise dos Resultados

1. Introdução 114
2. Planificação e Concretização da Actividade 115
2.1. Selecção do Percurso e das Paragens 115
2.2. Relevância Educacional da Actividade 117
2.3. Construção de Materiais Didácticos 118
2.4. Actividade nas Minas de Ouro de Castromil 119
2.4.1. Pré-viagem 119
2.4.2. Viagem ao Campo 120
2.4.3. Pós-viagem 126
3. Metodologia de Investigação 128
3.1. Caracterização da Escala AOCN 128
3.2. Adaptação e Aplicação da Escala AOCN no Trabalho Desenvolvido 129
3.3. Amostra Utilizada 129
3.4. Interpretação da Escala AOCN e Resultados Obtidos 129
3.5. Análise dos Resultados Obtidos na Actividade Desenvolvida 132
3.6. Dificuldades e Atitudes dos Alunos perante a Actividade 133
3.7. Conclusão 136

CAPÍTULO V – Conclusões Gerais, Limitações e Sugestões para Futuros Trabalhos

1. Conclusões 138
2. Limitações do Estudo 140
3. Sugestões para Futuros Trabalhos 140

BIBLIOGRAFIA 142

ANEXOS 154
Anexo I
Anexo II
Anexo III

RESUMO

Apesar do consenso generalizado do papel insubstituível que as actividades práticas de campo desempenham no processo ensino/aprendizagem da Geologia, são muitos os docentes que, mesmo reconhecendo a sua importância, não se sentem motivados, estimulados e/ou preparados para a sua realização. A deficiente formação dos professores nesta área e o desconhecimento de locais adequados (a nível científico, didáctico, acessibilidade e segurança) mostram-se, entre outros aspectos, como factores inibidores do desenvolvimento deste tipo de actividades.

De provável origem romana, as minas de ouro de Castromil (Paredes), actualmente abandonadas, apresentam-se como um local propício à elaboração de actividades práticas de campo, em especial na área da Geologia, constituindo uma ferramenta útil para os professores utilizarem como estratégia.
A presente dissertação centraliza-se na área que encerra esta antiga zona mineira que, embora com alguns problemas ao nível do seu estado de conservação, apresenta aspectos geológicos e mineiros de particular interesse científico, didáctico, cultural, histórico e mesmo turístico. Estudos recentes mostraram que o local constitui, ainda, uma mais valia económica pois os teores em ouro aí encontrados poderão justificar uma exploração no futuro.
Pretende-se com este trabalho, não só contribuir para uma maior divulgação e valorização do local, mas também para a consciencialização das pessoas quanto à necessidade de preservar uma área mineira abandonada e em fase de degradação com valor patrimonial importante que ainda não foi objecto de protecção legal. Assim, para além da caracterização do local (apoiada numa revisão bibliográfica) procura-se, igualmente, apresentar um percurso ao longo do qual se desenvolveram várias actividades práticas de campo (junto de alunos do 9º ano de escolaridade) que apelam e permitem não só a aquisição de conhecimento geológico e mineiro, mas também a valorização do património natural e o desenvolvimento de atitudes responsáveis face ao ambiente.
Estas actividades constituíram parte activa de uma visita às referidas minas num ambiente não formal. Frequentemente incluída nas designadas *actividades Outdoor*, esta visita seguiu o modelo organizativo de Nir Orion para visitas de campo no âmbito da Geologia, com os ajustamentos considerados adequados à actividade desenvolvida.
Para avaliar o impacte da actividade aqui promovida recorreu-se à Escala de Avaliação de *Actividades Outdoor* em Ciências Naturais (AOCN). Esta escala, adaptada ao trabalho efectuado, mostrou-se um instrumento válido de avaliação do impacte deste tipo de actividade.
Os resultados deste estudo permitiram concluir que a actividade implementada (actividade em ambiente *outdoor*) teve um impacte bastante positivo nos alunos, ao nível da construção do conhecimento, da alfabetização científica e do desenvolvimento de atitudes e valores.
O presente trabalho permitiu, ainda, constatar que, apesar de alguns problemas de conservação, o local escolhido parece apresentar, para além de outras potencialidades, excelentes condições para a realização deste tipo de actividades, pelo que deve ser valorizado, preservado e divulgado.

ABSTRACT

Despite we all know that the outdoor activities are very important in the teaching and learning process in Geology, many teachers don't feel motivated, stimulated or ready to accomplish them with their students. The teachers formation in this area is poor and the acquaintance of the suitable places (at a scientific and a didactic levels, accessibility and security) are, among other aspects, factors that hold back the development of this kind of activities.

The mines of Castromil (Paredes), supposedly of Roman origin, are nowadays abandoned and they can be used for learning purposes, especially in Geology's area. Therefore, they are a useful tool for teachers.

This essay focus precisely this area that closes the older part of the mine zone. Regardless of some conservational problems, it presents geological and mining aspects of scientific, didactics, cultural, historic and touristic interest. Recent investigations show that this place is also economically sustainable because there is enough gold that justifies its exploitations in the future.

With this investigation we want to contribute not also for its divulgation and value but also to make people understand that there is a need to preserve the abandoned mine zone that has a very important patrimonial value and that has not yet been legally protected. Therefore, despite the place's presentation (based on a bibliographic revision) we will try to present a path where we have developed several field activities (with 9th grade students) to help them acquire geological and mining acknowledgement and also make them value the natural patrimony and the development of responsible attitudes towards the environment.

These activities were included in a non formal visit to the mines. Usually placed in the *Outdoor* activities, this trip has followed the Nir Orion's organizational model for the outdoor Geology activities, but some adjustments were made in order to fit the existing reality.

To evaluate the activity's impact we have used the Scale of Evaluation of Outdoor Activities in Natural Sciences. This scale, adapted to the developed work, was considered a valid tool for this type of activity.

The results of this study allowed us to conclude that the activity implemented had a very positive impact on students. That was reflected on the knowledge construction, attitudes and values development and scientific literacy.

This essay (report) allowed us also to conclude that, despite the conservational problems, the selected place seems to present, among other possibilities, excellent conditions to make this type of activities, and it must therefore be preserved, revealed and valued.

CAPÍTULO I

ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO

I. ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada a estrutura da presente dissertação, assim como, as razões que levaram ao desenvolvimento desta investigação.

Com este trabalho procurou-se, de alguma forma, contribuir para a valorização de uma antiga zona mineira – Covas de Castromil. As minas de ouro de Castromil, actualmente abandonadas, inserem-se num local que evidencia excelentes potencialidades para a prática de actividades de campo, em especial na área da Geologia, pelo que a sua preservação e valorização permitirá, não só, o desaparecimento de uma área degradada (com certos problemas ambientais), mas também proteger um recurso mineral (que embora não estando actualmente em exploração, poderá vir a estar no futuro) como uma mais valia didáctica, cultural e até turística.

2. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se estruturado em quatro Capítulos.

No CAPÍTULO I é feito o enquadramento da investigação, onde constam a organização do trabalho, a problemática em estudo, hipóteses e objectivos de trabalho, bem como, os critérios utilizados para a escolha do local a ser estudado.

No CAPÍTULO II é apresentada a revisão bibliográfica que serviu de base, não só para o enquadramento da localização geográfica da área em estudo, mas também para a apresentação e descrição das características relevantes que aí existem. Assim, e ao longo deste segundo capítulo, é efectuada uma abordagem à localização geográfica das Minas de ouro de Castromil, ao seu enquadramento geológico, aos recursos minerais que aí ocorrem (ouro e caulino), sua importância e viabilidade de exploração, assim como ao património mineiro e paleontológico. Ainda neste capítulo é feita igualmente referência aos aspectos paisagísticos e ambientais envolventes.

No CAPÍTULO III é feita a contextualização didáctica, com enfoque para as dimensões em análise na avaliação da actividade promovida e para o modelo de trabalho adoptado – Modelo organizativo proposto por Nir Orion (1993).

No CAPÍTULO IV é abordada a planificação e concretização da actividade promovida (actividade prática de campo nas Minas de ouro de Castromil, na área da Geologia), assim como, a metodologia de investigação adoptada neste estudo. A análise dos resultados obtidos encontra-se igualmente descrita neste capítulo, bem como as respectivas conclusões.

No CAPÍTULO V encontram-se as conclusões gerais a este trabalho, limitações e sugestões para futuras investigações.

3. RAZÕES PARA A ESCOLHA DO TEMA E SUA PERTINÊNCIA

A escolha do tema deste trabalho prende-se com vários aspectos que se consideram importantes relevar. Antes de mais, dado o interesse pessoal por questões geológicas, bem como o reconhecimento da necessidade de valorizar o papel do conhecimento geológico na sociedade actual, considera-se importante desenvolver projectos que apelem à valorização e preservação do meio ambiente, em particular do património geológico e mineiro. Na verdade, como resposta ao crescimento vertiginoso da urbanização e, de um modo geral, à crescente ocupação do espaço natural pelo chamado desenvolvimento científico e tecnológico, importa divulgar e impor a ideia de georrecurso como um património natural não renovável que, uma vez destruído, fica perdido para todo o sempre. O património geológico é um elemento nem sempre devidamente valorizado durante a execução do planeamento do território. Para Veiga & Ferreira (2001) esta lacuna resulta, muitas vezes, do deficiente conhecimento do valor a atribuir ao património geológico. A importância dos recursos geológicos na sociedade actual, a necessidade da gestão racional deste tipo de recursos naturais (maioritariamente não renováveis), assim como a importância da gestão sustentável do património geológico e mineiro, parecem ser, ainda, metas bastante distantes de serem atingidas por muitos cidadãos. Se o interesse e preocupação manifestados pela preservação de animais e plantas não são os mais desejáveis, os manifestados pela conservação de aspectos geológicos (como rochas, minerais, solo, etc.) são ainda bastante menores. Quando se fala de protecção da natureza ou agressões ao meio pensa-se normalmente em fauna e flora (Aleixandre, 1994). Neste contexto, a alfabetização científica em Geologia possibilita, entre outros aspectos, uma maior divulgação e preservação do Património Natural, em especial do Património Geológico. Carvalho (1998) realça que existem certos pontos de interesse geológico e mineiro, que devido à sua monumentalidade e significado (os geomonumentos) constituem um recurso natural não renovável a ser preservado. Educar em Geociências constitui uma das únicas formas de incutir a sensibilidade tão necessária à preservação dos geomonumentos levando, consequentemente, à tomada de consciência da "geodiversidade" (Almeida *et al*, 2001). Mas

muitas outras situações são objecto de estudo da Geologia, tais como a gestão de recursos hídricos, energéticos e minerais, o tratamento de resíduos, a sismicidade, o ordenamento do território, etc. que não devem ser questões da exclusividade dos cientistas e políticos. Além disso, é importante ter em conta que o reconhecimento desta alfabetização na sociedade não é imediato, pelo que os seus reflexos apenas se farão sentir de modo mais significativo no futuro.

Nesta linha de pensamento, as minas de ouro de Castromil podem ser vistas como de grande importância, pois possuem aspectos geológicos e mineiros relevantes que importa explorar/analisar didacticamente. Tendo em conta a realidade escolar, onde cada vez mais se sente a necessidade de proporcionar aos alunos experiências que os cativem e os alertem para a importância da compreensão e defesa do meio natural, considera-se importante a divulgação e valorização de espaços naturais com tais potencialidades, assim como, a concepção de materiais didácticos diversificados que proporcionem e facilitem a compreensão de vários fenómenos como, por exemplo, os geológicos. O campo é o local privilegiado para o contacto directo com as estruturas e os fenómenos, permitindo leituras e interpretações *in loco* do contexto geológico concreto, a partir do qual é possível criar situações e estratégias de aprendizagem da Geologia (Moreira *et al*, 2002). Muitas vezes, não são os assuntos que estimulam o interesse do aluno mas as estratégias que o professor utiliza para ir ao encontro do diferente modo de aprender dos alunos, de forma a respeitar os seus ritmos de aprendizagem e as necessidades individuais (Ferraz, 2004).

Neste contexto, as actividades práticas no campo constituem uma mais valia para o ensino/aprendizagem da Geologia, no entanto, é frequente verificar-se que alguns professores apresentam dificuldades na realização deste tipo de actividades. O desconhecimento de locais adequados à aprendizagem da Geologia (seja a nível de segurança, acessibilidade, riqueza científica, etc.), a elaboração de situações e estratégias de aprendizagem diversificadas para as actividades no campo, assim como, a elaboração de materiais (não só de viagem mas também de pré e pós-viagem) são obstáculos difíceis de ultrapassar para muitos professores. Há, portanto, necessidade de lhes possibilitar, não só a escolha de materiais de apoio mas também de locais de interesse didáctico adequados ao desenvolvimento deste tipo de actividades.

Face a estas situações torna-se pertinente trabalhar no sentido de estabelecer um percurso didáctico/geológico nas minas de ouro de Castromil e construir materiais didácticos que permitam uma melhor compreensão dos aspectos geológicos e mineiros aí presentes. Desta forma, poder-se-á reflectir sobre a importância da actividade desenvolvida (actividade em ambiente *outdoor*) no ensino das ciências, bem como, o seu impacto nos alunos e, quem sabe, eventualmente noutros participantes.

Nesta medida, é nossa convicção que o projecto de investigação possa abrir caminhos para uma valorização do local, por exemplo, com a criação de um futuro parque geológico-mineiro nas

minas de ouro de Castromil, onde os materiais construídos e o percurso delineado possam servir de base para uma maior sensibilização e protecção do património geológico e mineiro de interesse nacional.

4. ESCOLHA DO LOCAL

As minas de Castromil são antigas minas de ouro, de provável origem romana (não só subterrâneas, mas também a céu aberto - cortas), com um importante interesse geológico, ambiental, histórico, cultural e até económico. Ainda há relativamente pouco tempo (no ano 2000) o Estado Português, mais especificamente o Ministério do Ambiente, recusou uma proposta de exploração do jazigo, por questões ambientais.

Este local, frequentemente designado por Covas de Castromil, possui características com potencial atractivo e motivador para a prática de actividades práticas de campo e para o processo de alfabetização científica, especialmente ligadas à área da Geologia. Factores como a boa localização geográfica (a mina situa-se aproximadamente a 20km de um grande centro urbano - Porto); a boa acessibilidade (tanto a nível rodoviário como ferroviário); a possibilidade de seleccionar um percurso fácil e seguro para os participantes quando acompanhados por guias conhecedores do local; a riqueza e clareza de aspectos geológicos e mineiros aí presentes (falhas, fósseis, mineralizações, galerias de prospecção e exploração, etc.); a boa exposição dos afloramentos e a necessidade de preservar o património geomineiro, contribuíram para a selecção deste local e para a execução da investigação que aqui se apresenta.

5. PROBLEMA DA INVESTIGAÇÃO

5.1. Questão - problema

Partindo do pressuposto que as minas de ouro de Castromil apresentam um interessante potencial didáctico na área das geociências, o problema central desta dissertação é o seguinte: *Como rentabilizar didacticamente os aspectos geológicos e mineiros de interesse relevante nas minas de ouro de Castromil?*

5.2. Hipóteses de Trabalho

- A exploração didáctica das minas abandonadas de Castromil, através da promoção de actividades práticas de campo, facilita a compreensão dos fenómenos geológicos ao mesmo tempo que proporciona a consciencialização dos participantes para os problemas que afectam o meio ambiente.

- As minas de ouro de Castromil constituem um espaço didáctico de interesse científico relevante para os seus participantes, promovendo uma aprendizagem significativa.

5.3. Objectivos de Trabalho

- Identificar os aspectos geológicos mais relevantes das minas de ouro de Castromil.

- Estabelecer um percurso didáctico/geológico nas minas de ouro de Castromil.

- Construir materiais didácticos a aplicar antes, durante e após a visita ao campo de acordo com a planificação estabelecida, tendo em conta o modelo organizativo proposto por Nir Orion (1993).

- Promover actividades de campo (actividades em ambiente *outdoor)* nas minas de ouro de Castromil destinadas a alunos do 3º ciclo do ensino básico.

- Desenvolver nos alunos participantes, competências e saberes no campo da geologia.

- Motivar os alunos para a descoberta da História da Terra.

- Reconhecer algumas vantagens e desvantagens das explorações mineiras a nível ambiental e social.

- Alertar para a importância dos recursos naturais no desenvolvimento e bem-estar da sociedade actual.

- Sensibilizar os alunos para a protecção de um património geomineiro de interesse nacional.

- Avaliar o impacto que as actividades promovidas nas minas de Castromil têm nos alunos participantes, através do recurso à Escala de Avaliação de *Actividades Outdoor* em Ciências Naturais – Escala AOCN (Salvador, 2002).

CAPÍTULO II

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, para além da localização geográfica do local, será abordado o seu enquadramento geológico, com especial destaque para as rochas ígneas pela sua ligação aos recursos minerais desta área.

O local em estudo apresenta, ao nível dos recursos minerais, uma importante mineralização em ouro que, sendo alvo de explorações mineiras no passado, parece apresentar ainda um certo potencial económico. O caulino, outro recurso existente no local e resultante da caulinização do granito, será igualmente aqui abordado. Apesar de existirem quantidades apreciáveis de caulino na área em estudo, este não oferece grande interesse industrial devido à grande contaminação em óxido de ferro que apresenta. No entanto, serão referidos alguns aspectos relacionados com o caulino (origem, tratamento, utilização, etc.), na medida em que este recurso é aplicado no fabrico de uma grande variedade de produtos com os quais lidamos diariamente, tais como, o papel, a tinta e a borracha.

No que respeita ao património mineiro, para além de algumas galerias de prospecção relativamente recentes, ocorrem evidências de trabalhos mineiros antigos, de provável origem romana, como galerias, poços e cortas. Assim, serão focados de forma sucinta algumas das técnicas e equipamentos que terão sido utilizados pelos romanos na prospecção e exploração dos jazigos minerais, bem como no tratamento do minério. O local desperta, ainda, interesse mineiro na medida em que tem sido alvo de vários estudos e trabalhos, alguns deles bastante recentes.

Na área de estudo surge um pequeno afloramento rico em fósseis de graptólitos do género *monograptus*. A importância científica e didáctica que este tipo de estruturas desperta, contribuiu para que neste trabalho fosse feita uma abordagem, ainda que muito superficial, de aspectos como, características gerais, evolução, paleoecologia e importância bioestratigráfica dos graptólitos.

Igualmente importantes são os aspectos paisagísticos e ambientais da área de estudo. O clima que aí se manifesta exerce uma influência importante sobre a paisagem e suas características, das quais se realçam a rede hidrográfica, o tipo de solos, a morfologia, a fauna e a cobertura vegetal que aí ocorrem. A importância da vegetação na estabilidade dos taludes/solos, assim como a necessidade da recuperação das minas abandonadas são aspectos aqui abordados, sendo destacados os impactos ambientais relacionados com as explorações mineiras do local.

2. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS MINAS DE CASTROMIL

A área em estudo (Lugar de Castromil) localiza-se na zona NW de Portugal, 23 km a Oriente da cidade do Porto (Fig.2.1).

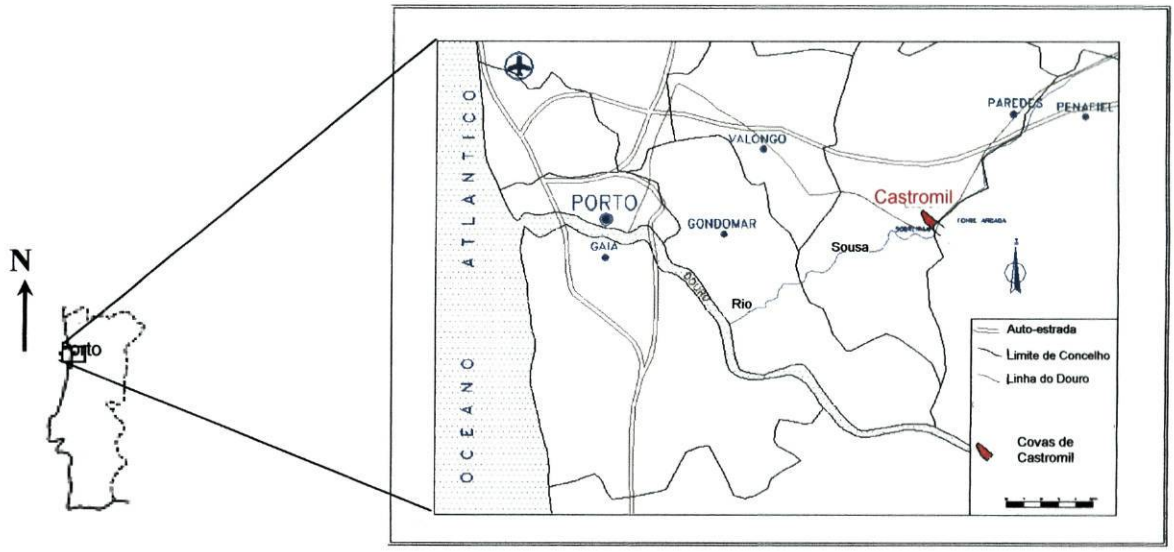
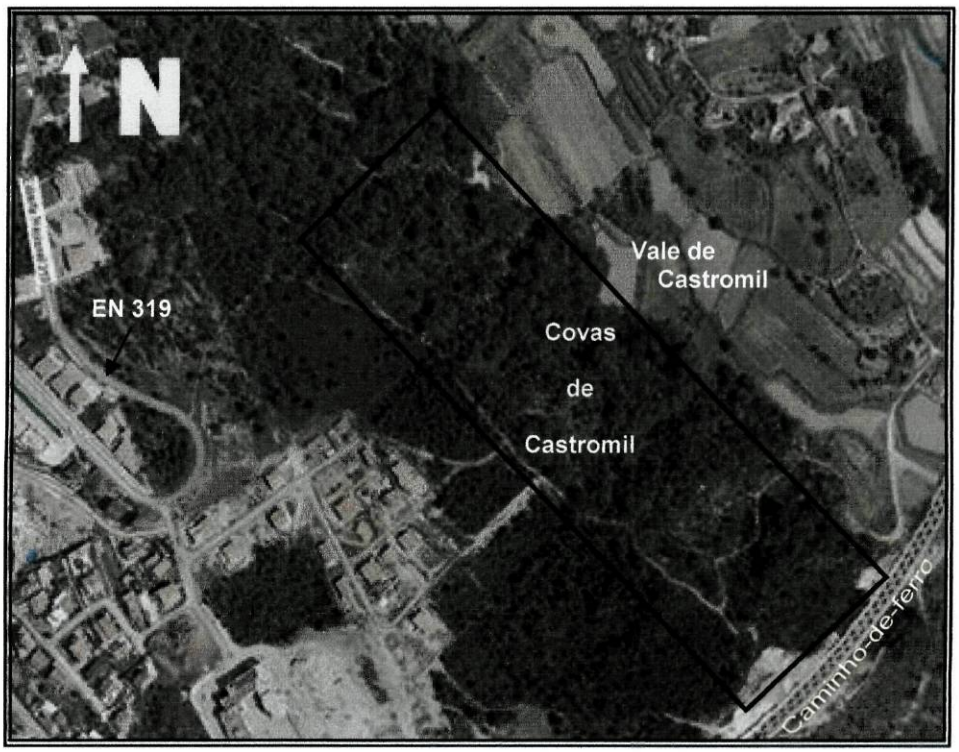


FIGURA 2.1 – Localização geográfica do local de Estudo - *Covas de Castromil* (retirado e adaptado de Connary Minerals, 1999).

Pertencente ao distrito do Porto, concelho de Paredes e freguesia de Sobreira, Covas de Castromil situa-se num cabeço alongado de direcção NW/SE (a Norte do rio Sousa) cuja ocupação é totalmente florestal (Fot.2.1). Este local (localizado no lugar de Castromil) é rodeado a Este por terrenos agrícolas que coincidem com o Vale de Castromil, a Oeste por floresta, a Norte por floresta e um caminho de serventia que liga a EN 319 ao lugar de Castromil e a Sul pela linha do Caminho-de-ferro do Douro.

As vias que bordejam Castromil são as estradas nacionais EN 15-3, EN 319-2 e EN 319 (estradas secundárias de fluxo reduzido), sendo a linha do Douro o maior eixo de comunicações que atravessa a região.

Partindo do Porto, a acessibilidade a Castromil pode ser feita quer através da auto-estrada A_4 Porto/Amarante (Saída Baltar/Parada seguindo pela EN 319 até Recarei/Sobreira), quer através da linha do caminho-de-ferro do Douro (estação de Recarei/Sobreira). Ao lugar de Castromil, que mantém ainda características dos agregados populacionais de economia baseada na exploração da Terra, acede-se facilmente através de um caminho secundário que parte da EN 319.



FOTOGRAFIA 2.1 – Fotografia aérea que abrange o local de estudo e a área envolvente (adaptada de URL6).

3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

3.1. Introdução

Situada na Zona Centro-Ibérica, a área em estudo encontra-se cartografada na folha 9-D (Penafiel) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000 e na folha 123 (Valongo) da Carta Militar de Portugal na escala 1:25000. Na Fig.2.2 estão representadas as principais unidades geológicas que ocorrem na área estudada.

Embora ocorram litologias de diferentes idades na área abrangida pela folha 9-D (Câmbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero e Quaternário - Fig.2.3), apenas serão realçadas as que ocorrem no local de trabalho e área envolvente, isto é, far-se-á referência aos terrenos do Silúrico, rochas ígneas (nas quais se destacam os granitos) e depósitos do quaternário.

A mineralização aurífera de Castromil ocorre no extremo Oeste do Complexo Granítico Hercínico, no contacto com as rochas metassedimentares do Silúrico (Fig.2.2).

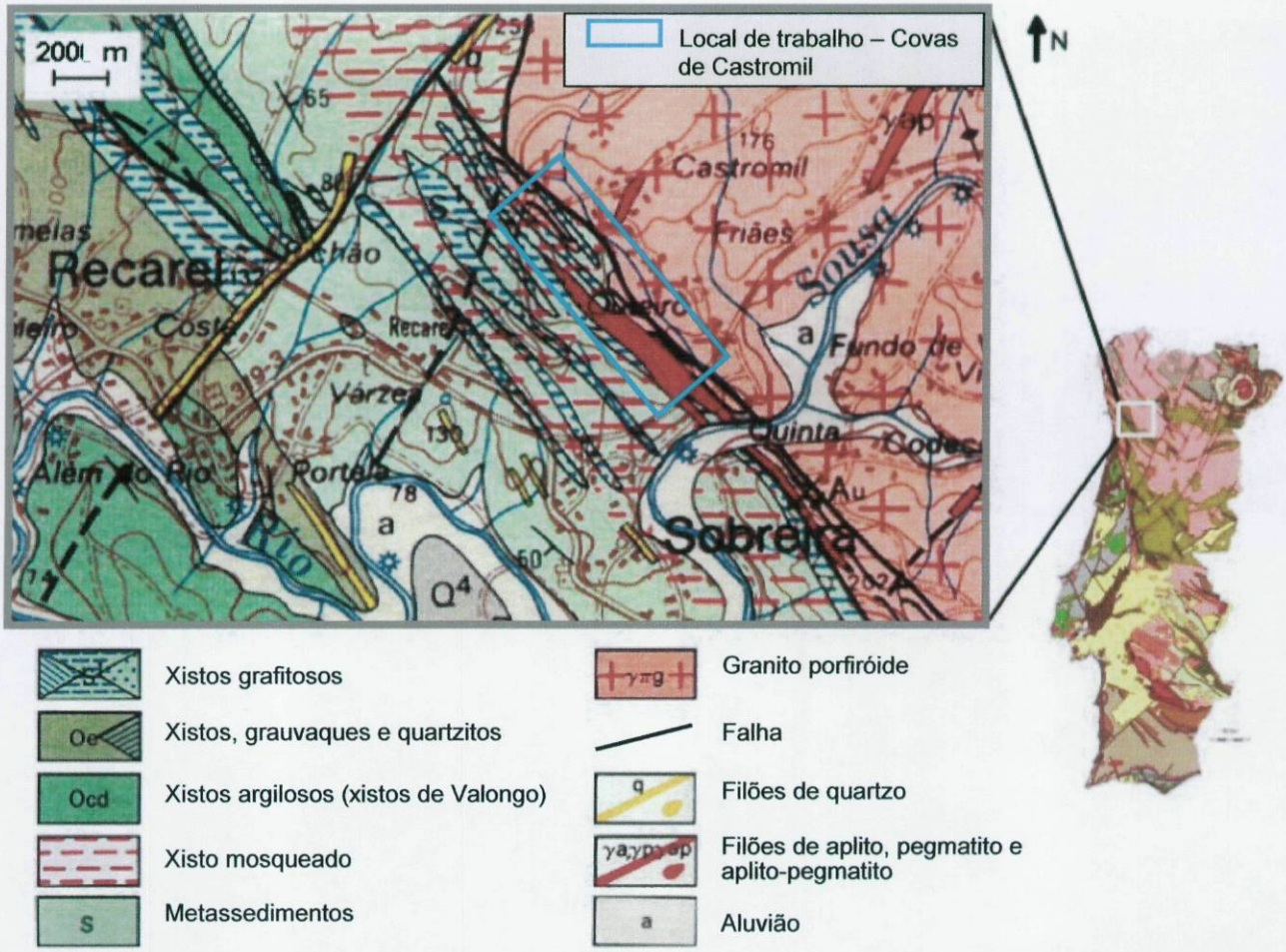


FIGURA 2.2 - Extracto da folha 9-D da Carta geológica de Portugal, à escala 1:50 000, no qual se insere o local de trabalho (retirado de URL1).

3.2. Silúrico

As rochas metassedimentares do Silúrico ocorrem no local de trabalho, no contacto com as rochas ígneas (granitos e aplitos) e na área envolvente situada a SW (Fig.2.2). Estes terrenos fazem parte de uma faixa do Silúrico que ocorre na folha 9-D entre os granitos (a NE) e as rochas metassedimentares do Ordovícico (a SW). Com uma orientação SE-NW passa por regiões como Lagares, Sobreira, Gandra e Sobrado, ultrapassando, no canto superior esquerdo, os limites da folha 9-D. O Silúrico desta faixa encontra-se afectado por alguns acidentes tectónicos dos quais se salienta a falha de Recarei, de direcção NE-SW (Fig.2.2), que atinge não só os terrenos de origem sedimentar como o próprio granito. O acidente provocou o rejeito horizontal das camadas silúricas em algumas centenas de metros. Ao longo da falha instalou-se, ainda, um filão de quartzo relativamente espesso (Medeiros *et al*, 1980).

No local estudado, ocorrem rochas metassedimentares como os xistos negros grafitosos, xistos cinzentos e negros, xistos mosqueados, liditos e grauvaques. Os terrenos do Silúrico contêm fauna fóssil abundante, em particular de graptólitos (Fot.2.2), destacando-se como rochas

fossilíferas os xistos negros grafitosos. Nestes afloramentos situam-se algumas das jazidas mais ricas de graptólitos do Silúrico português (Medeiros *et al*, 1980).

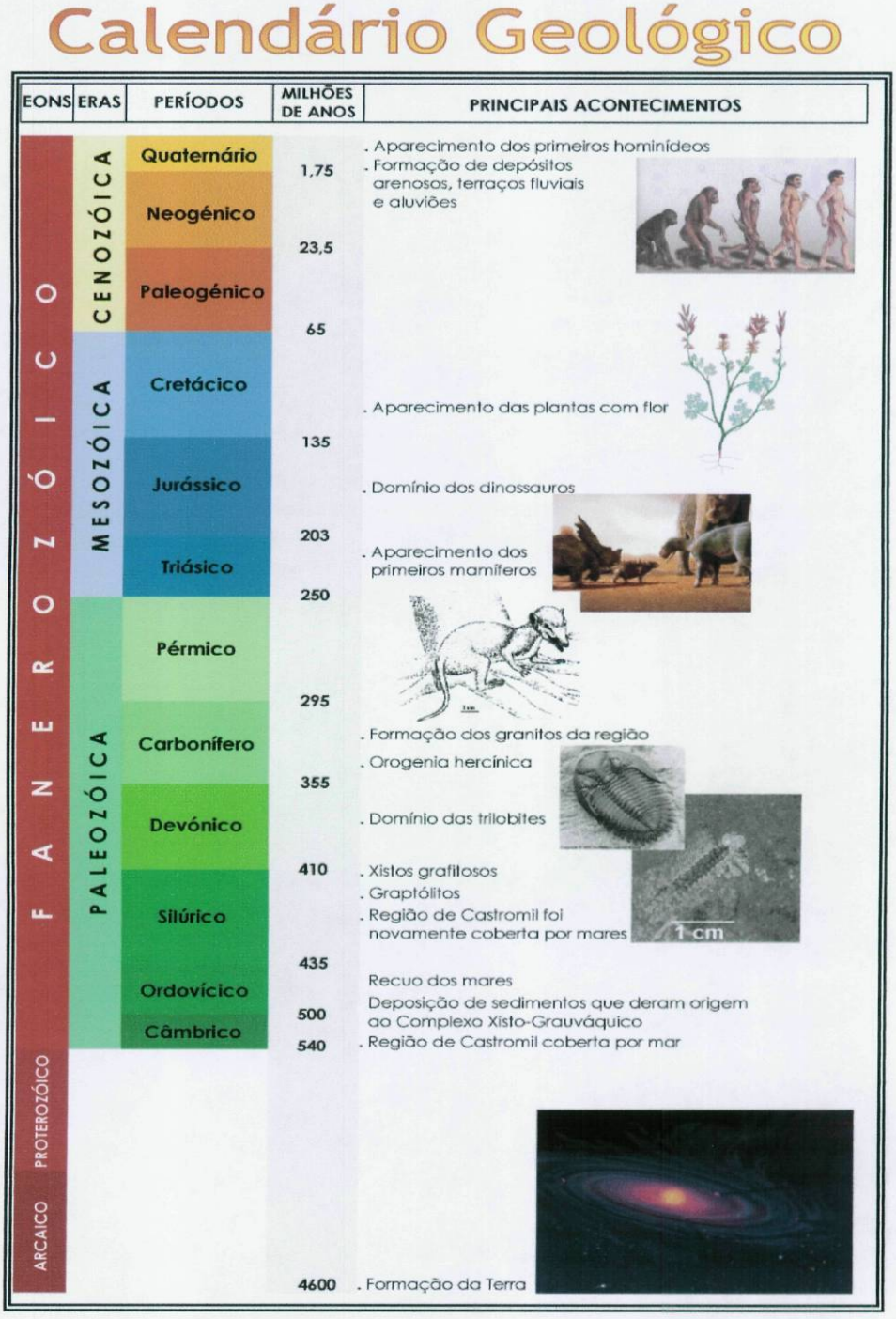


FIGURA 2.3 – Calendário geológico adaptado à região na qual se insere o local de trabalho (retirado de URL1).



FOTOGRAFIA 2.2 – Fósseis de graptólitos (género *monograptus*) em xisto grafitoso recolhido num afloramento inserido na área de estudo (junto à estrada nacional EN 319). Os graptólitos surgem aqui como traços rectilíneos claros no xisto negro.

3.2.1. Orlas de Metamorfismo Termal

Na carta consideram-se, ainda, ao longo do contacto com o granito, duas faixas de metassedimentos recristalizados, resultantes do metamorfismo termal provocado pela rocha magmática aquando da sua instalação. A mais próxima do granito engloba as rochas de natureza corneânica e a mais afastada, os xistos mosqueados.

As corneanas, resultantes da metamorfização dos grauvaques do Silúrico, formam no contacto com o granito, uma longa faixa que se inicia na Serra Queimada (junto à falha de Recarei) e prolonga-se para Norte, até à região de Reguenga onde desaparece. Das corneanas passa-se gradualmente para os xistos mosqueados. Apenas a faixa destes xistos, paralela ao contacto dos granitos com os metassedimentos, ocorre na área de estudo e prolonga-se tanto para Norte como para Sul (Fig.2.2).

3.3. Quaternário

Os depósitos do quaternário estão relacionados com os rios que atravessam a região cartografada. Ao longo do percurso de alguns destes rios, nomeadamente do rio Sousa, Ferreira e Leça, ocorrem, para além dos aluviões actuais e camadas argilo-arenosas de fundo de vale, alguns depósitos de terraços fluviais constituídos por calhaus grosseiros e rolados de quartzo, granito, quartzodiorito e outras rochas duras provenientes das formações do Ordovícico e Silúrico, ligadas por uma matriz argilo-arenosa de cor castanha (Medeiros *et al*, 1980).

Próximo do local em estudo corre o rio Sousa, junto do qual são visíveis vários aluviões resultantes da sua actividade ao longo dos anos (Fig.2.2). Nestes aluviões, normalmente aproveitados para a agricultura, encontram-se, por vezes, escórias de rocha fundida associadas às explorações do ouro efectuadas em tempos antigos. Um pouco mais para SW, mas ainda na freguesia de Sobreira, na margem esquerda do rio, ocorre um dos terraços fluviais mais extensos abrangidos pela carta. Na margem Este do local de trabalho destaca-se, ainda, uma área agrícola que coincide com o vale de Castromil (Fot.2.1).

3.4. Rochas Ígneas

A maior parte da área abrangida pela folha 9-D é ocupada por vários tipos de rochas graníticas, geneticamente associadas. De um modo geral, ocorrem granitos porfiróides de grão grosseiro e de grão médio, granitos monzoníticos, granodioritos, microgranitos, filões e massas de quartzo, aplito, pegmatito e aplito-pegmatito.

As rochas granitóides aflorantes na região, do ponto de vista genético-tectónico e mineralógico, parecem entroncar num ramo único. Na realidade, o posicionamento dentro da Orogenia Hercínica é próximo e a origem química parece comum. A diferenciação química, embora pouco vincada, foi acompanhada de modificações na estrutura dos granitóides e mostra uma estreita relação com o tempo e tipo de instalação (Medeiros *et al*, 1980).

Mais de metade da área abrangida pelos granitóides na folha 9-D é ocupada pelos granitos porfiróides de grão grosseiro de duas micas, essencialmente biotíticos. Apresentam-se frequentemente desagregados devido à intensa fracturação que os afectou e exibem tonalidade cinzento-acastanhada com uma forte evidência de biotite. O grão é bastante grosseiro e francamente porfiróide, apresentando alguns megacristais com maclas de karlsbad. Estes granitos terão sido os primeiros a instalar-se na região sendo, por isso, os mais antigos.

Embora as relações geométricas entre o granito e os metassedimentos situados a Oeste apontem o carácter intrusivo do granito, em vários locais o contacto mostra-se tectónico por actuação de falhas (Medeiros *et al*, 1980). Este aspecto pode ser observado no local de trabalho, na falha que aflora num talude situado junto ao caminho-de-ferro (Fot.2.3 e 2.5).



FOTOGRAFIA 2.3 – Diferentes litologias e respectivos contactos observáveis num afloramento junto do caminho-de-ferro. A falha separa o granito dos metassedimentos em grande parte do afloramento.

Importantes falhas afectam estes granitos e obedecem, fundamentalmente, a dois sistemas ortogonais. O mais antigo tem orientação NW-SE e o mais recente, ainda Hercínico, tem orientação NE-SW. O primeiro sistema consta de grandes desligamentos associados a pequenos cavalgamentos, como entre Fonte Arcada – Castromil, enquanto que o segundo sistema provoca, em regra, desligamentos direitos que rejeitam os de direcção NW-SE. A fracturação longitudinal NW-SE terá, ainda, facilitado a instalação de um novo corpo intrusivo, composto por vários granitóides, especialmente aplitos.

Os primeiros a intruir o granito porfiróide de grão grosseiro foram os *granodioritos* e *raros quartzodioritos biotíticos* que se situam, de um modo geral, na bordadura do granito intruído. Estes granitos ocorrem brechificados e, por vezes, envolvidos pelos *granitos monzoníticos porfiróides de duas micas, essencialmente biotíticos*, que ocupam uma larga faixa de orientação NW-SE, estendendo-se tanto a Norte como a Sul, para além da área abrangida pela folha 9-D. Na cúpula do maciço, os granitos monzoníticos porfiróides dão lugar a *granitos monzoníticos de duas micas, essencialmente biotíticos*, que se distribuem na folha 9-D por várias zonas, nomeadamente, Reguenga, Paços de Ferreira, Freamunde e Vila Boa do Bispo. Estas rochas, que parecem constituir o topo da intrusão, apresentam uma diminuição ou ausência de megacristais de feldspato potássico e granularidade mais fina do que a observada no granito monzonítico anterior, que apresenta grão médio. A perda dos megacristais e a diminuição do tamanho do grão relativamente ao granito monzonítico porfiróide estarão relacionados com um arrefecimento brusco, onde a feldspatização potássica tardia não teve tempo de progredir (Medeiros *et al*, 1980).

De seguida, terá ocorrido um período de relaxamento da tensão compressiva, o que deu lugar à abertura de fendas transversais que afectaram, não só os granitóides já consolidados do maciço intrusivo, como o batólito principal encaixante (o granito porfiróide de grão grosseiro).

Criam-se, deste modo, os espaços necessários à instalação dos últimos diferenciados da série intrusiva. Em primeiro surgem os *microgranitos de duas micas, essencialmente biotíticos*, depois os *microgranitos alcalinos turmalino-moscovíticos* e finalmente os filões e massas de *pegmatitos*, *aplitos*, aplito-pegmatitos e *quartzo* (Medeiros *et al*, 1980).

Massas e filões *aplíticos, pegmatíticos e aplito-pegmatíticos* desenvolvem-se por toda a área cartografada preenchendo, em geral, fracturas de direcção NW-SE ou NE-SW. As massas e filões *de quartzo*, em geral leitoso e de origem hidrotermal, instalaram-se, tal como os anteriores, segundo fracturas NW-SE e NE-SW.

Na área em estudo ocorrem granitos porfiróides de grão grosseiro de duas micas, essencialmente biotíticos, hospedeiros, juntamente com os aplitos, da mineralização em ouro que surge no local. Tanto o granito como o aplito apresentam-se, por vezes, bastante caulinizados. Os filões e filonetes de quartzo normalmente leitosos são frequentes tanto no granito como no aplito e

ocorrem geralmente ricos em óxidos de ferro resultantes da alteração dos sulfuretos. É essencialmente neste filões e filonetes que ocorre a mineralização do ouro.

3.5. Paleogeografia e Tectónica

A região a que pertence a área cartografada na folha 9-D esteve coberta pelos mares ante-Ordovícicos, no fundo dos quais se depositaram sedimentos, hoje testemunhados pelos terrenos do Complexo Xisto-Grauváquico, que afloram no canto SW da folha e no núcleo do Anticlinal de Valongo. Os sedimentos que constituem as rochas deste complexo apresentam, no seu conjunto, uma tendência geral regressiva, indicando que os estratos se formaram com diminuição da profundidade. As acções tectónicas sobre o Complexo Xisto-Grauváquico foram intensas, levando ao seu dobramento e fracturação. Estes terrenos sofreram ainda a acção dos agentes erosivos antes da deposição dos terrenos Ordovícicos (Ferraz, 2004).

A existência de um conglomerado de base no Ordovícico inferior marca o início de uma transgressão que ocorreu durante este período. À medida que o mar aumenta de profundidade, vão-se depositando sedimentos cada vez mais finos. No final do Ordovícico o clima desta região deveria ser muito frio, pois nessa altura depositaram-se sedimentos que deram origem a depósitos de natureza glacio-marinhos. Estes depósitos correspondem a sedimentos pelíticos depositados numa bacia profunda, misturados com fragmentos de várias dimensões e diferentes litologias transportados pelos glaciares (Ferraz, 2004).

Durante o Silúrico, o mar terá atingido maior profundidade dado que se depositaram os sedimentos argilosos, dos quais resultaram os xistos negros com graptólitos. No entanto, ocorreram fases de sedimentação mais grosseira, originando intercalações de leitos quartzíticos, que evidenciam variações do nível do mar (Medeiros *et al*, 1980).
Do Silúrico superior passa-se gradualmente e de forma concordante a formações, tanto areníticas como argilosas xistentas e fossilíferas que representam a base do Devónico. O mar sofre uma nova regressão e verifica-se, no Devónico, a deposição dos últimos sedimentos em ambiente marinho.
Tanto os terrenos do Ordovícico, como do Silúrico e do Devónico vão sofrer actuação tectónica, resultante dos movimentos das fases precoces da Orogenia Hercínica. Estes movimentos vão provocar o dobramento de todo o substrato rochoso, formando-se assim o Anticlinal de Valongo, ao mesmo tempo que sofre fracturação.
Iniciando-se no Devónico Médio, a Orogenia Hercínica prolonga-se para além do Estefaniano (Goinhas, 1985). Apresenta um carácter polifásico que se manifesta por estruturas resultantes de três fases de dobramento (D_1, D_2 e D_3), às quais se seguiram fases tardias de fracturação (D_4)

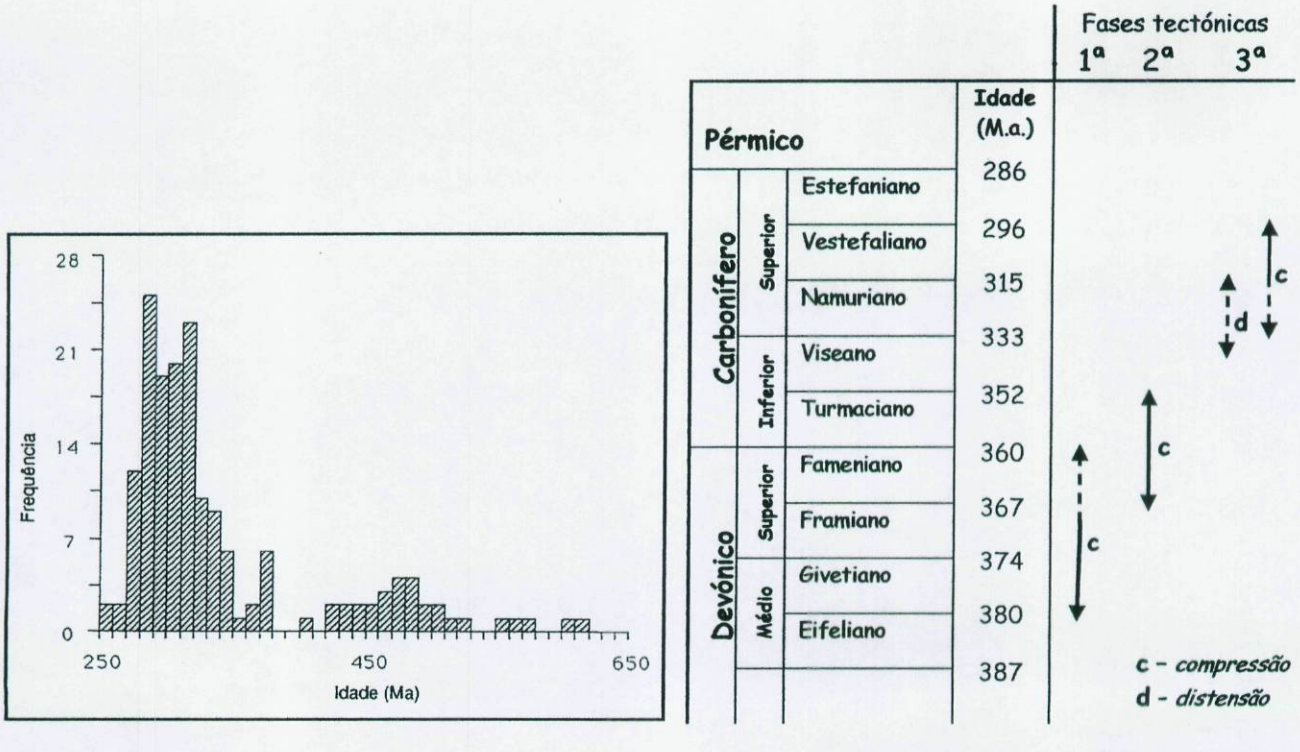
(Martins, 1998). Na área de Valongo actuaram fundamentalmente as fases de deformação Hercínica D_1 e D_3 que condicionaram, de um modo geral, as estruturas regionais. A primeira fase de deformação (D_1) está na origem do Anticlinal de Valongo e associada ao metamorfismo de muito baixo grau a baixo grau desta área (Guedes & Noronha, 2002). A fase D_3 está relacionada com o dobramento dos terrenos nas fases tardias da Orogenia Hercínica.

No que se refere aos granitos, é reconhecido pelos vários autores o facto da orogenia hercínica ter desempenhado um papel fundamental na geologia do Noroeste Peninsular estando, a grande maioria dos granitóides, nomeadamente os da Zona Centro Ibérica (ZCI), ligados ao ciclo hercínico (Ferreira *et al*, 1987).

Embora sem pretender que a amostra utilizada no quadro 2.I-A seja representativa do ponto de vista estatístico, deverá reconhecer-se, no entanto, que alguns dos períodos de frequência máxima aí visíveis coincidem, no tempo, às idades das 3 fases tectónicas da orogenia hercínica (Ribeiro, 1993).

No quadro 2.I-B apresenta-se a localização no tempo dos períodos compressivos correspondentes às três principais fases tectónicas hercínicas e de um período de relaxamento situado entre a 2ª e a 3ª fases (Ferreira *et al*, 1987).

QUADRO 2.I – A) Distribuição de idades dos granitos peninsulares (Ribeiro, 1993); B) Cronologia das fases tectónicas na Zona Centro Ibérica (Noronha *et al*, 1979 *in* Ferreira *et al*, 1987) modificado.



Assim sendo, parece lógico situar os granitos da ZCI no tempo da sua instalação, através dos referenciais possíveis que são os principais acontecimentos da orogenia hercínica. Tanto os dados geocronológicos como os estruturais apontam para a definição de vários tempos de intrusão das rochas graníticas peninsulares. Estas podem fazer-se corresponder, relativamente à orogenia hercínica, a três grandes grupos, (Ferreira *et al*, 1987; Ribeiro, 1993): *granitos pré-orogénicos, sin-orogénicos* e *tardi/pós-orgénicos*.

O início do plutonismo granitíco hercínico verificou-se na ZCI há cerca de 370-380 milhões de anos (Pinto *et al.* 1987), situando-se na primeira fase de deformação hercínica (D_1).

No grupo dos granitos sin-orogénicos distinguem-se várias etapas de instalação relativamente à 3ª fase de deformação: *ante* D_3, *sin* D_3 e *tardi/pós* D_3 (quadro 2.II) (Ribeiro, 1993), conforme se trate de fácies anteriores, contemporâneas ou posteriores a D_3.

QUADRO 2.II - Classificação dos principais tipos de granitóides, reconhecidos no terreno, em função do seu período de instalação relativamente aos principais acontecimentos da orogenia hercínica (adaptado de Ferreira *et al*, 1987).

Granitos pré-orogénicos	
	Ante D_3
Granitos sin-orogénicos	Sin D_3
	Tardi/pós D_3
Granitos tardi/pós-orogénicos	

A fase D_3 está relacionada com cisalhamentos dúcteis que permitiram a instalação da maior parte dos granitos hercínicos (quadro 2.I) (Ferreira *et al*, 1987; Guedes & Noronha, 2002). A acção da terceira fase de deformação (D_3), ao contrário das duas primeiras (D_1 e D_2), ficou marcada pela intrusão de enormes massas graníticas, demonstrando a existência de um período de distensão situado entre D_2 e D_3 (há volta dos 320 Ma), que permitiu a ascensão dos respectivos magmas na crusta.

A fase D_4, que se assume como essencialmente frágil, desenvolve-se durante o Pérmico e portanto, parece controlar, ainda, a instalação de granitóides tardi/pós-orogénicos com esta idade (Pereira *et al*, 1993).

Tendo os granitóides hercínicos mais jovens sido datados com uns 260 milhões de anos, a actividade ígnea ter-se-á desenrolado, em tempos hercínicos, ao longo de uns 120 milhões de anos (Pinto *et al*, 1987).

Relativamente aos granitos abrangidos pela folha 9-D, e tal como foi já referido, não se terão instalado simultaneamente, na medida em que os porfiróides de grão grosseiro são intruídos por diques e massas de quartzodioritos e granodioritos ricos em biotite que, por sua vez, formam encraves nos granitos porfiróides de grão médio.

Segundo Ferreira *et al* (1987) os granitos biotíticos porfiróides de grão grosseiro são granitos sin-orogénicos tardi-D_3. Estes granitos, que ocorrem no local em estudo, terão sido os primeiros a instalar-se e é neles que ocorre a mineralização de ouro.

Os granitóides biotíticos que constituem uma série intrusiva no granito acima referido são, segundo Ferreira *et al* (1987), sin-orogénicos tardi a pós-D_3.

4. RECURSOS MINERAIS

4.1. Introdução

Desde os tempos mais remotos que o Homem tem necessidade de utilizar os minerais. Do sílex às pedras preciosas, são várias as contribuições dos minerais para o desenvolvimento sócio-económico das populações. Actualmente são vários os produtos que manuseamos no dia-a-dia com minerais na sua composição, contudo, são muitas as pessoas que não têm noção da importância que os minerais representam no seu quotidiano. Sectores como os da construção civil e da cerâmica dão a clara percepção da presença dos minerais industriais, enquanto outros sectores como os do papel e do plástico, que utilizam os minerais para melhorar a qualidade do produto final, a sua presença passa, na maioria das vezes, despercebida ao cidadão comum. A maioria da população nem sequer se apercebe de como as matérias-primas minerais constituem um factor essencial na manutenção e crescimento da civilização.

O Jazigo aurífero de Castromil, que faz parte do espólio mineiro Português, foi explorado no passado, provavelmente no tempo romano, estando as marcas desses trabalhos antigos preservados no terreno. Pelo interesse que tem despertado ao longo dos tempos será aqui dado particular destaque a este jazigo. O seu enquadramento geológico, assim como a viabilidade actual da sua exploração e a importância do ouro na sociedade serão realçados neste trabalho.

No local, ocorrem também quantidades significativas de caulino, no entanto, a qualidade que apresenta não justifica uma exploração em termos comerciais. Far-se-á, contudo, uma abordagem a este recurso mineral pela importância que apresenta na produção de vários produtos. Aspectos como a origem, a utilização, o tratamento e os principais países produtores serão aqui abordados.

4.2. O ouro

4.2.1. Enquadramento Geológico

A mineralização aurífera de Castromil situa-se na margem ocidental do granito biotítico sin-orogénico tardi-D_3 (relativamente à Orogenia Hercínica), numa faixa estreita com cerca de 200 metros de largura e 2000 metros de comprimento, no contacto com os metassedimentos do Silúrico. Intercalações complexas entre o granito e os metassedimentos ocorrem em alguns locais de contacto (Vallance *et al*, 2003), nomeadamente na zona mais a Noroeste.

Tanto o granito como os metassedimentos areníticos e argilosos do Silúrico são atravessados por um aplito posterior que se instalou ao longo da zona de contacto (tanto no granito como nos metassedimentos – Fig. 2.2) e no qual ocorre também mineralizações de ouro.

A forma e espessura da mineralização varia de local para local, no entanto, e de uma forma global, a espessura do minério é pequena e tem reduzida continuidade lateral. O rio Sousa, que atravessa a região, divide o jazigo em duas partes: *Covas de Castromil* para Norte e a *Serra de Quinta* para Sul (Fig.2.4). Nesta última, existem indícios estruturais de que a espessura do minério poderá ser superior à que ocorre a Norte (Pinto, 2001).

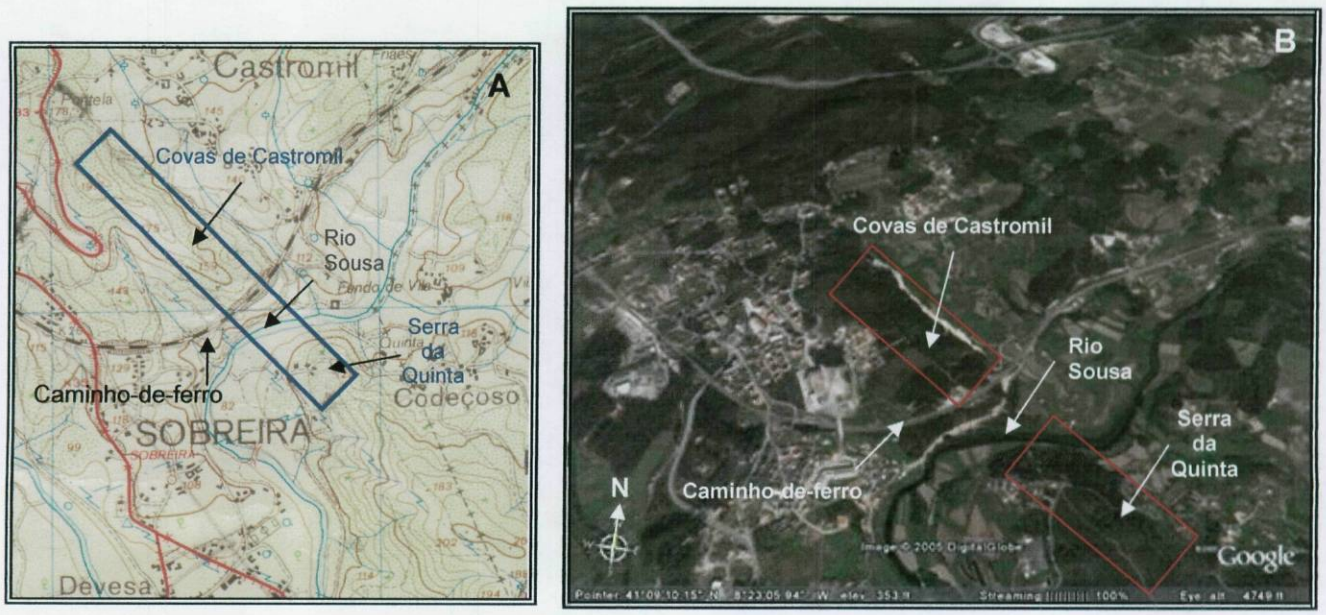


FIGURA 2.4 – Localização da mineralização de ouro que ocorre na região. O local em estudo coincide com a parte da mineralização situada a Norte do rio Sousa, em Covas de Castromil (A - retirado de Connary Minerals, 1999; B - adaptado de URL7)

Os modelos metalogénicos para as mineralizações auríferas primárias no Norte de Portugal invocam frequentemente a necessidade da existência de diversos episódios de criculação-deposição de fluidos de forma a gerar as concentrações minerais exploráveis. A correlação entre a existência de cisalhamentos dúcteis hercínicos (nomeadamente os relacionados com D_3) e a

ocorrência de mineralizações de ouro é notável. Esta relação, entre jazigos e cisalhamentos dúcteis hercínicos, é compreensível devido ao papel destas zonas como estruturas favoráveis para a circulação de fluidos e consequente concentração e deposição de mineralizações (Nogueira & Noronha, 1998). Porém embora as estruturas filonianas estejam instaladas em fracturas, na sua maioria relacionadas com D_3, o essencial do seu preenchimento é mais tardio (posterior a D_3) e sofreu episódios de deformação frágil. O essencial da deposição das mineralizações auríferas são tardias, elas terão resultado de um processo hidrotermal longo e tudo indica que os processos de deposição e/ou concentração perduraram, em alguns casos, pelos menos entre os 300 e os 280 milhões de anos (Noronha & Ramos, 1993).

A jazida aurífera de Castromil instalou-se num corredor tectónico de orientação geral NW-SE, cuja evolução estrutural é bastante complexa, apresentando falhas de cavalgamento, falhas segundo essa mesma direcção geral e pequenas falhas tardias (Connary Minerals, 1999). Entre o jazigo e os metassedimentos ocorre uma falha inversa de orientação NW-SE, que exibe movimentos inversos antigos (Vallance *et al*, 2003).
As falhas e cisalhamentos relacionados com a mineralização de ouro ocorrem nos granitos e, em menor extensão, nos metassedimentos (Plano de Lavra, 1999 *in* Pinto 2001). No local estudado, a mineralização de ouro nos metassedimentos é muito rara.

Os granitos afectados pela deformação cisalhante adquirem geralmente uma grande permeabilidade, tornando-se verdadeiros drenos para os fluidos hidrotermais circulantes no corredor de cisalhamento. O cisalhamento fronteiriço que ocorre entre o granito e os metassedimentos terá tido um papel importante no transporte dos fluidos mineralizantes (Plano de Lavra, 1999 *in* Pinto, 2001).
A acção combinada da deformação e da circulação de fluidos hidrotermais provocou importantes modificações na composição mineralógica e geoquímica dos granitos. O granito hospedeiro da mineralização aurífera, que era porfiróide de grão grosseiro de duas micas e essencialmente biotítico, sofreu os seguintes tipos de alteração (Connary Minerals, 1999):

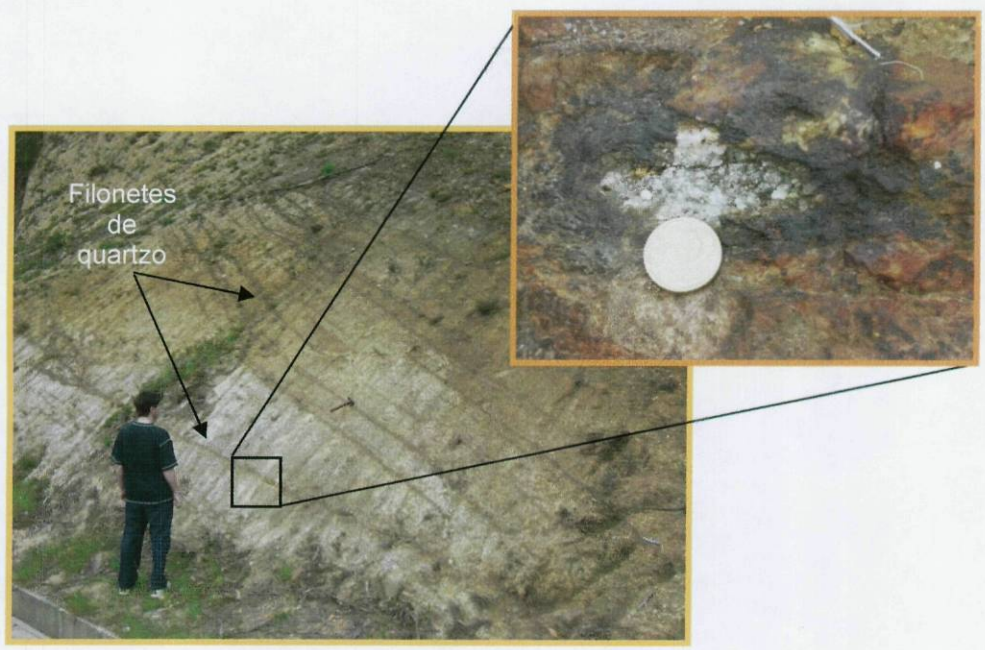
- Milonitização, greisenização e silicificação intersticial
- Esmagamento causado pela pressão dos movimentos tectónicos
- Caulinização *in-situ* induzida por fluidos hidrotermais

Os efeitos conjugados da milonitização, da greisenização e da silicificação intersticial conduziram ao esmagamento da rocha primitiva, ao desaparecimento da biotite, à formação de moscovite por alteração dos feldspatos e feldspatóides e à cimentação com sílica. A caulinização *in-situ* do granito porfiróide, por acção de fluidos hidrotermais e de águas meteóricas, deu origem aos granitos caulinizados. Este tipo de alteração é frequente em Castromil e rodeia frequentemente o granito silicificado (Connary Minerals, 1999).

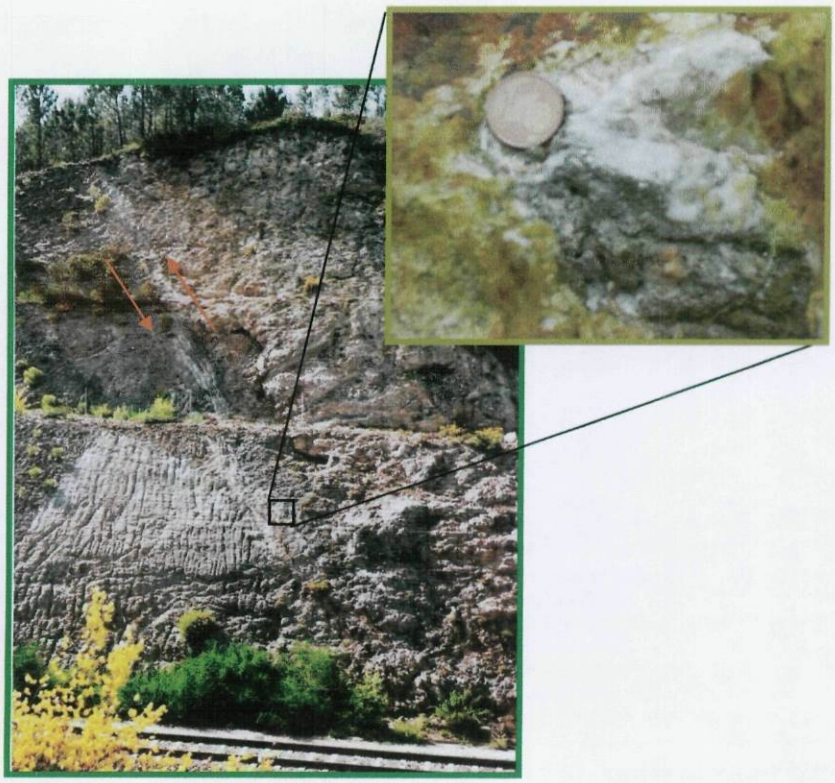
4.2.2. Paragénese e Mineralização

A mineralização em Castromil é polifásica e resulta de efeitos conjugados de fenómenos estruturais, hidrotermais e magmáticos. O estudo ao microscópio definiu como principais minerais de ganga o quartzo e a moscovite e, como sulfuretos mais abundantes, a pirite e a arsenopirite (Plano de lavra, 1999 *in* Pinto, 2001). O ouro está associado ao processo de silicificação e à existência de sulfuretos, ocorrendo essencialmente na pirite e muito mais raramente na escorodite (mineral resultante da alteração da arsenopirite). O ouro surge sob a forma de electrum (combinado com a prata) em partículas microscópicas existentes, principalmente, na superfície ou no seio de microfracturas dos grãos de pirite, ou englobados em óxidos secundários.
A pirite, sob tensão, tem um comportamento frágil criando espaços abertos para a circulação dos fluidos, o que permitiu a mineralização de ouro nas microfracturas formadas na pirite. A arsenopirite, que actuou como material plástico, não abriu espaços para a passagem dos fluidos mineralizantes, pelo que, normalmente, não ocorre tão associada ao ouro. No entanto, o ouro não ocorre em toda a pirite, o que indica que esta poderá ter duas gerações e que a sua presença pode não significar obrigatoriamente mineralização em ouro (Pinto, 2001).

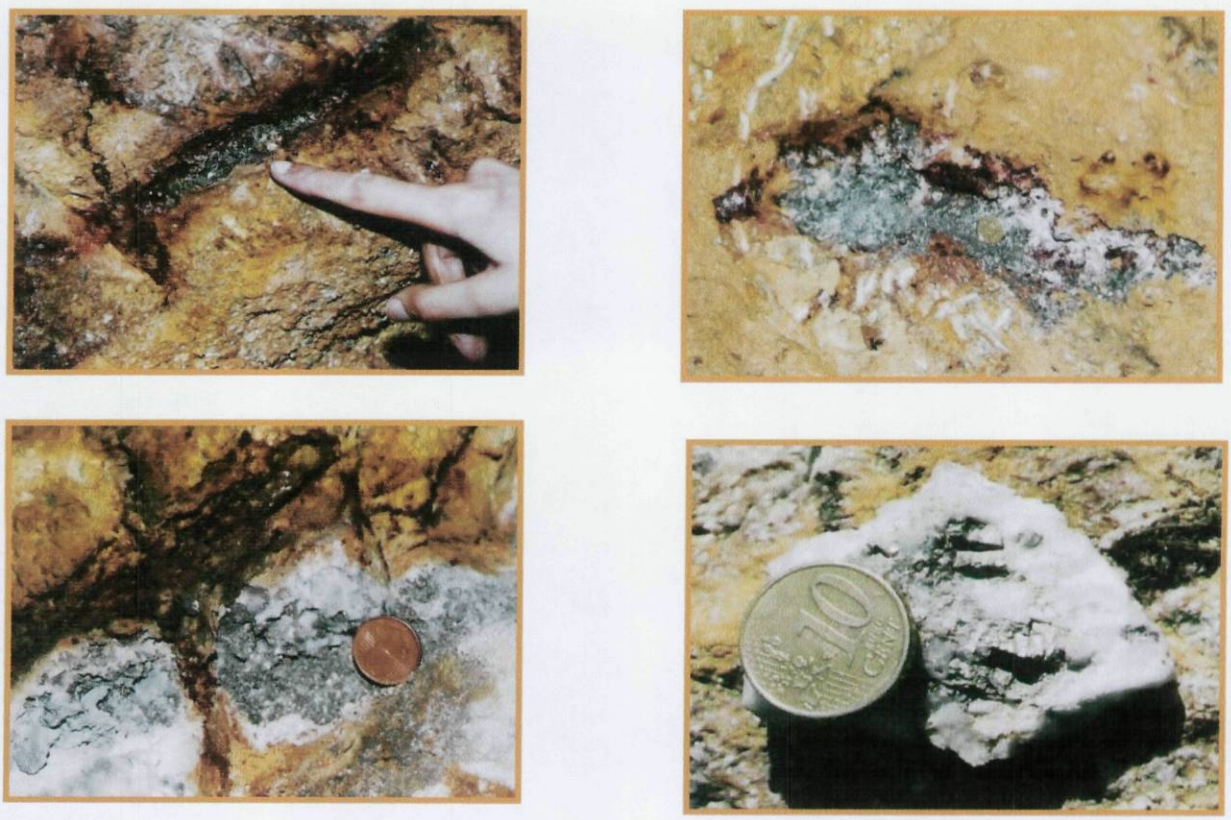
A mineralização (Fot.2.4, 2.5 e 2.6) ocorre essencialmente disseminada ao longo de veios no granito silicificado. Por vezes ocorre em massas com espessura de cerca de 3 metros, associada a veios de quartzo, no entanto, esta mineralização tem pouca continuidade lateral (Plano de Lavra, 1999 *in* Pinto, 2001).



FOTOGRAFIA 2.4 – Afloramento granítico junto da linha de comboio, no qual se observam vários filonetes de quartzo com ocorrência de mineralizações de pirite e óxidos de ferro resultantes da sua alteração.



FOTOGRAFIA 2.5 – Falha inversa observável num afloramento junto da linha de comboio, preenchida por quartzo com ocorrência de mineralizações de pirite e arsenopirite.



FOTOGRAFIA 2.6 – Mineralizações de quartzo com pirite observáveis no interior de várias galerias de prospecção existentes no local de trabalho.

4.2.3. Fluidos Mineralizantes

O estudo das interacções entre os sucessivos fluidos e as rochas hospedeiras é essencial para reconstruir a evolução das condições de Pressão/Temperatura (P-T), transporte e deposição dos elementos responsáveis pela génese do minério (Vallance *et al*, 2003).
Embora o comportamento das rochas hospedeiras possa desempenhar um papel importante nas formações das condutas dos fluidos e na geometria dos jazigos, os fluidos possuem um papel fundamental na lixiviação/dissolução de elementos na rocha mãe, no transporte desses elementos e na sua deposição. O estudo de uma concentração, ou jazigo mineral, não está completa sem um estudo dos fluidos responsáveis pela sua génese (Nogueira, 2000).

Os fluidos podem ser estudados de diversas formas, mas aquela que mais informação fornece é, sem dúvida, o estudo das inclusões fluidas. Estas correspondem a pequenas cavidades nos minerais (raramente de dimensões superiores a 100μm), formadas durante o seu crescimento ou durante episódios de cicatrização de fracturas. Essas cavidades, quando em condições favoráveis, aprisionaram o fluido contido na rocha, preservando assim, uma amostra directa do fluido existente na altura da formação ou cicatrização do mineral e, portanto, da rocha.
O estudo das inclusões fluidas permite determinar aspectos como o tipo de fluido presente, a sua composição química e as condições P-T de aprisionamento dos fluidos. Desta forma, é possível conhecer quais os fluidos que presidiram à génese dos recursos minerais e em que condições estes foram gerados (Noronha, 1990; Nogueira, 2000).
São diversos os métodos utilizados no estudo das inclusões fluidas. Esses métodos dividem-se em duas grandes classes (Noronha, 1979; Nogueira, 2000): os *métodos destrutivos*, que recorrem à extracção do fluido contido nas cavidades e posterior análise por processos químicos e os *métodos não destrutivos*, que analisam indirectamente o fluido contido na inclusão fluida, quer através das suas propriedades físico-químicas, quer através da sua composição.

Os recursos minerais de ouro, do Norte de Portugal, apresentam uma história de circulação de fluidos bastante longa, devendo corresponder a circuitos hidrotermais que se prolongaram durante alguns milhões de anos (Nogueira, 2000).
Em Castromil, a identificação dos fluidos e seus percursos, e a reconstrução das condições de P-T durante a mineralização, foram obtidos combinando as características geométricas dos filões e as microestruturas em conjunto com um estudo detalhado dos fluidos de inclusões. Seguindo o metamorfismo de contacto, podem ser registadas várias fases de infiltração do fluido. A cada fase, a zona de contacto, caracterizada por aplitos intrusivos, falhas e fracturas relacionadas, parece ter realçado o fluxo hidrotermal e actuou como uma conduta estrutural para os fluidos hidrotermais de origens profundas (Vallance *et al*, 2003).

Segundo Vallance *et al*, (2003), a principal zona de mineralização hidrotermal é caracterizada por 4 fases principais:

Fase I – Quartzo e Greisenização

Na fase mais antiga, o fluido é dominado por fluidos aquo-carbónicos ricos em CO_2 e CH_4 que foram gerados, provavelmente, a altas temperaturas (400-500ºC) através da interacção fluido-rocha, com xistos grafitosos. Estes fluidos foram responsáveis por uma alteração significativa (greisenização) do aplito e do seu granito hospedeiro, e pela formação de estruturas silicificadas que podem ser traçadas ao longo do jazigo. O quartzo (Q_1) é leitoso e largamente desenvolvido no aplito e em filonetes de quartzo das estruturas silicificadas em geral.
As altas temperaturas (de ± 400-500ºC) e as altas pressões (de ± 230-300 MPa) dos fluidos implicam, nesta fase, condições litostáticas, correspondentes a uma profundidade na ordem dos 10 ± 1,5 km.

Fase II – Fase do Arsénio (As)

A segunda fase de mineralização é também caracterizada por fluidos aquo-carbónicos e representa a principal fase de deposição de quartzo(Q_2)-arsenopirite-pirite. Por vezes, largas quantidades de sulfuretos surgem bem desenvolvidas (corpos com pirite-arsenopirite sem quartzo, com mais de um metro de espessura, são localmente observados).

Entre as fases I e II há uma queda de pressão superior a 150 MPa (passando de 230-300 MPa para cerca de 80-150 MPa) e um arrefecimento inferior a 50ºC (passando de 400-500ºC para cerca de 350-450ºC). A diminuição da pressão, durante esta fase, corresponde a uma elevação tectónica significativa (aproximadamente 5 a 6 km), o que implica uma elevação da base de 10 ± 1,5km para 4-5,5km de profundidade, com mudança das condições litostáticas para hidrostáticas.
Mas para este caso, os gradientes térmicos são muito altos (cerca de 70ºC/km) e indicam uma subida rápida da base e/ou a presença de intrusões magmáticas a níveis pouco profundos que actuaram como fontes de calor.
Relembre-se que, de um modo geral, o gradiente geotérmico na crusta aproxima-se dos 35ºC/km, contudo, não é uniforme e pode variar de região para região, podendo atingir os 100ºC/km em algumas regiões do planeta (Dercourt & Paquet, 1986).

Fase III - Fase do Ouro (Au)

A terceira fase de mineralização foi acompanhada pela microfracturação intensa dos filões de quartzo pré-existentes e pela deposição preferencial de ouro ao longo das microfracturas dos sulfuretos. O ouro, associado com minerais de bismuto e galena, está ligado a uma terceira fase

de deposição de quartzo (Q_3), formando pequenos filões milimétricos que atravessam as estruturas anteriores. O quartzo Q_1 representa o principal preenchimento das fracturas, sendo, por comparação, o quartzo Q_2 e Q_3 pouco significativos, o que implica um reduzido abastecimento de sílica no sistema.

Com base em dados composicionais e na temperatura, sugere-se que durante a fase principal de elevação do terreno, as águas superficiais penetraram no solo, permitindo que o ouro fosse lixiviado a partir das potenciais rochas de origem (provavelmente metassedimentos do Paleozóico) e depositado em "armadilhas" estruturais e geoquímicas, formadas durante as fases mais antigas do sistema hidrotermal. Segundo Reis *et al* (1993/94) são vários os autores (Baker, 1978; Webster & Man, 1984; Webster, 1986, etc.) que demonstraram a capacidade da água superficial em dispersar o ouro (através da sua dissolução e transporte seguido da sua precipitação) devido a mudanças nas condições físico-químicas do meio.
A introdução de ouro em Castromil corresponde à infiltração e mistura de dois fluidos aquosos distintos (um meteórico e outro do sistema hidrotermal), com salinidades diferentes a temperaturas relativamente baixas (150-275ºC). Ocorre, assim, um processo de diluição e arrefecimento do sistema hidrotermal, onde as temperaturas diminuem cerca de 200ºC relativamente à fase anterior sem qualquer alteração aparente na pressão, o que significa uma profundidade similar à fase II (entre 4 e 5,5 km).

Fase IV – Fase Pós-minério

O registo de movimentos normais posteriores reflecte a actividade tectónica do local. Ocorre a cristalização de quartzo geódico (Q_4), que parece não estar relacionado com o sistema hidrotermal principal, podendo ser considerado como uma fase pós minério.

A abundância dos fluidos de inclusões aquo-carbónicos (relacionados com as fases I e II) é importante na zona mineralizada e, num grau inferior, nas rochas metamórficas hospedeiras, o que confirma uma infiltração preferencial destes fluidos ao longo da margem do granito.
Não parece haver, contudo, qualquer direcção preferencial para um certo tipo de fluido, implicando que a mesma direcção de microfractura foi usada em várias fases de infiltração dos fluidos (Vallance *et al*, 2001 e 2003).

4.2.4. Modelo para a Formação do Jazigo

Os valores de P-T obtidos e as observações estruturais, em Castromil, indicam que o ouro está associado a microestruturas que são claramente posteriores ao metamorfismo e à deformação. Tal como em Castromil, também em Valongo, Couto (1993) e Couto *et al* (1990) *in* Vallance *et al* (2003) mostram que, no Ribeiro da Igreja e Montalto, os fluidos dos minérios mais antigos são posteriores ao pico do metamorfismo e deformação.

A circulação do fluido aquo-carbónico em Castromil está relacionada com uma fase pré-minério, que formou a principal "armadilha" de ouro (isto é, filões de quartzo com sulfuretos, principalmente pirite e arsenopirite). A circulação hidrotermal terá correspondido, numa primeira fase, a fluidos aquo-carbónicos e, mais tarde, a fluidos aquosos associados à deposição do ouro, tal como refere Nogueira (2000) para as mineralizações de ouro no Norte de Portugal.

Fluxos de calor localizados, ligados ao magmatismo do Hercínico superior em níveis estruturais profundos, parecem ser a principal causa da circulação de fluidos em Castromil (Fig.2.5). Evidências sugerem que as zonas de contacto relacionadas com falhas, controlaram a intrusão do aplito e a subsequente circulação do fluido hidrotermal (Vallance *et al*, 2003).

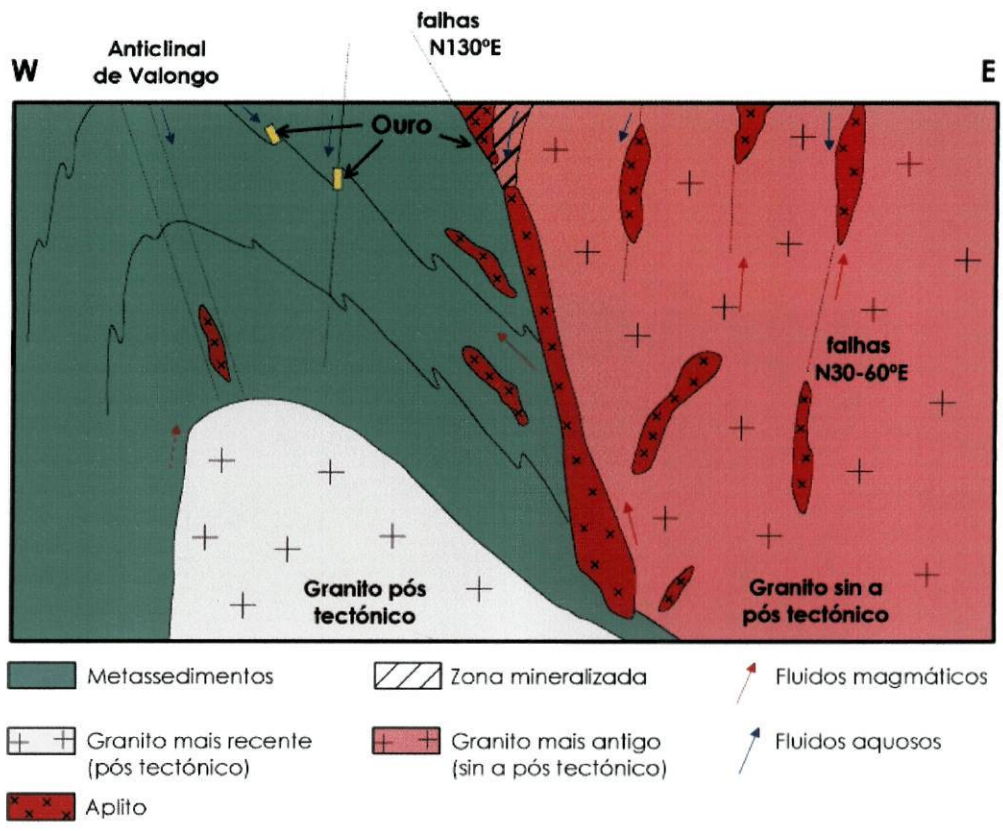


FIGURA 2.5 – Diagrama representativo do modelo genético dos depósitos de ouro de Castromil e do Anticlinal de Valongo segundo Vallance (2003), baseado no modelo proposto por Couto (1993) para o depósito de Valongo (retirado de URL1).

Os aplitos que foram introduzidos na direcção N130-150ºE (no contacto entre os metassedimentos e o granito) e na direcção N50ºE, definiram a zona principal para as diferentes fases de infiltração do fluido. Durante as fases I e II os fluidos aquo-carbónicos enriquecidos em CH_4 pela interacção com os xistos negros (estes fluidos, ricos em CH_4, encontram-se dominantemente associados a litologias grafitosas - Guedes & Noronha, 2002), são os responsáveis pela greisenização e formação de estruturas silicificadas com subsequente precipitação de quartzo e sulfuretos (pirite e arsenopirite). Ao mesmo tempo, ocorre uma ascensão significativa (de ± 5-6 km), acompanhada pela não mistura de fluidos localmente.
Durante a última fase de ascensão, ocorre uma microfracturação intensa das estruturas de quartzo que permite a circulação de fluidos aquosos. Esta importante fase de circulação fluida foi facilitada pela descompressão das rochas envolventes.
Além disso, o contraste reológico entre os filões de quartzo e as rochas hospedeiras explica a formação preferencial do minério do ouro no interior das estruturas de quartzo mais antigas (Q_1 e Q_2). A mistura dos fluidos aquosos (meteóricos e hidrotermais) nas estruturas de quartzo altamente microfissuradas, levou à deposição do ouro. A associação abundante de ouro e quartzo Q_3 nas microfracturas que afectam a arsenopirite e pirite, mostra que a interacção electroquímica entre os sulfuretos antigos e os complexos de ouro, actuou como um processo adicional para a deposição de ouro (Möller & Kersten, 1994 *in* Vallance et al, 2003).

Uma diminuição acentuada da pressão com uma alteração mínima da temperatura, verificada na fase II, implicou correntes muito quentes relacionadas com a presença de uma intrusão magmática a baixas profundidades que actuou como uma forte fonte de calor, permitindo a remobilização do ouro das rochas metassedimentares (Vallance *et al*, 2001 e 2003).
Estudos efectuados (Couto, 1993) parecem confirmar a suposta presença de um granito no interior do anticlinal de Valongo. A pressão relativamente baixa (à volta dos 100MPa) e a temperatura alta (350-450ºC) a 4-5,5 km de profundidade, implicam um gradiente geotérmico acima dos 70ºC/km, situação bastante comum na zona de exocontacto das intrusões magmáticas. Contudo, não foram encontradas evidências de fluidos magmáticos, tais como fluidos salinos saturados ou fluidos de alta temperatura ricos em Ca-K-Li (Vallance *et al*, 2003).

Para os jazigos portugueses, Neiva e Neiva (1990) *in* Vallance *et al* (2003), sugeriram uma relação genética entre a actividade do fluido hidrotermal e a cristalização fraccionada (numa fase tardia) dos granitos. Em contraste, Noronha *et al* (2000) *in* Inverno (2002) e *in* Vallance *et al* (2003) apoiam a ideia de que os granitos não são a fonte dos fluidos e actuam somente, como motor térmico. Em Castromil os estudos efectuados apoiam a última hipótese, tendo o granito actuado, unicamente, como uma fonte de calor (realçando a circulação hidrotermal) e não contribuindo directamente para os fluxos de fluidos ou metais.

Tendo em conta Couto (1993) e Noronha *et al* (2000), Vallance *et al* (2001 e 2003) considera que a deposição de ouro em Castromil é parecida à observada noutros jazigos, na região de Valongo e no Norte de Portugal, sendo caracterizada por duas fases principais:

i) uma primeira fase (mais antiga) com deposição de pirite e arsenopirite, associada com fluidos aquo-carbónicos resultantes das interacções fluido/rocha com os xistos grafitosos. No entanto, saliente-se o facto do jazigo de Castromil apresentar uma importância quantitativa dos fluidos aquo-carbónicos (relacionados com uma forte alteração e formação de grande volume de greisenização) que não foi observada noutros jazigos de ouro do Norte de Portugal, especialmente no jazigo de ouro hospedado nas rochas metassedimentares do Anticlinal de Valongo.

ii) uma fase posterior com precipitação de ouro e bismuto em fracturas que atravessam os sulfuretos mais antigos, como resultado da mistura de fluidos aquosos quentes (300ºC) e relativamente salinos com um fluido aquoso mais frio (150ºC) e diluído.

De acordo com Boiron *et al* (2003) *in* Vallance *et al* (2003), a maioria dos fluidos associados com os jazigos de ouro na Europa ocidental, são fluidos que foram equilibrados a pressões e temperaturas decrescentes, no interior da crusta. As principais forças condutoras que estão na base da sua migração são as grandes descontinuidades que actuam como zonas de drenagem, a implantação de intrusões magmáticas sintectónicas e póstectónicas e a elevação/descompressão geral das unidades rochosas.

A fase final é caracterizada por uma diluição progressiva dos fluidos crustais, através de soluções que penetram no solo a partir da superfície. A penetração dos fluidos durante a principal fase de elevação do terreno, pode permitir a dissolução do ouro e o seu transporte a partir de séries metamórficas e/ou pré-concentrações e a sua redeposição em "armadilhas" estruturais e geoquímicas, formadas durante as primeiras fases de deposição do quartzo.

4.2.5. Viabilidade Actual de Exploração

4.2.5.1. *Considerações Gerais*

Os elementos encontram-se na crusta terrestre normalmente muito dispersos e, na maior parte das vezes, contidos nas redes químicas de diversos minerais. Para qualquer elemento, podemos calcular o seu *Clarke*, que consiste na concentração média do elemento na crusta terrestre (Dercout & Paquet, 1986). O *Clarke* pode variar imenso de elemento para elemento. Por exemplo, o *Clarke* do estanho e do ouro na crusta continental é de 2ppm e 0,004ppm, respectivamente (Foure, 1998 *in* Nogueira, 2000), ou seja, a concentração média de estanho na crusta é cerca de 500 vezes superior à concentração do ouro. No Quadro 2.III estão registados valores de estanho e ouro para algumas rochas comuns da crusta.

QUADRO 2.III – Concentrações de estanho e ouro para rochas comuns na crusta em ppm (Faure, 1998 *in* Nogueira, 2000).

Elemento	R. Ultramáfica	R. Máfica	Granito (alto teor em Ca)	Granito (baixo teor em Ca)
Sn	0,5	1,5	1,5	3
Au	0,006	0,004	0,004	0,004

No entanto, nenhum dos casos exemplificados constitui um recurso e, muito menos uma reserva mineral.

Os significados dos termos recurso e reserva mineral nem sempre são fáceis de estabelecer, podendo variar bastante de país para país (Sousa & Noronha, 1998). Contudo, podemos definir *recurso mineral* como toda a substância de natureza geológica donde, em função das suas características e concentração na crusta terrestre é, ou poderá vir a ser, economicamente viável a extracção de um bem útil e comercializável; *reserva mineral* corresponde à parte dos recursos conhecidos que podem, no momento, ser económica e legalmente explorados (Carvalho, 1997).

O termo reserva mineral traduz um conceito que, para além das propriedades intrínsecas das substâncias a explorar e das características da sua ocorrência, depende também de vários factores de natureza tecnológica, económica, ambiental e política, os quais individualmente, ou em conjunto, podem ser determinantes da sua exploração económica.

A génese de uma reserva mineral é o resultado de um encadear de processos que conduzem à concentração de elementos ou minerais úteis e capazes de ser extraídos de forma rentável (Nogueira, 2000).

A ocorrência de um recurso ou reserva mineral está, de um modo geral, dependente de factores como (Nogueira, 2000):

- uma fonte de elementos úteis;
- uma série de processos geológicos que permitam concentrar elementos úteis e dispersar elementos nocivos ou penalizantes;
- condições de preservação das concentrações assim formadas.

O ouro pode encontrar-se na natureza em estado livre ou combinado com outros elementos (Quadro 2.IV). Geralmente aparece (tal como em Castromil) combinado com a prata, em quantidades variáveis, recebendo esta liga natural o nome de *electrum*.

QUADRO 2.IV – Minerais e minérios portadores de elementos úteis, casos do Estanho e Ouro (Nogueira, 2000).

Elemento	Minerais na fonte	Minérios comuns exploráveis
Estanho	*Micas e Cassiterite*	*Cassiterite*
Ouro	*Desconhecido*	*Ouro nativo* *Electrum (ouro e prata)* *Teluretos de Ouro e Prata*

Sendo o ouro um metal raro, a ocorrência de acumulações ou concentrações locais deste metal, susceptíveis de serem exploradas de forma vantajosa pelo homem, levou a uma procura activa desses jazigos ao longo dos tempos.

Actualmente, o trabalho de prospecção está geralmente associado a custos elevados, grande morosidade e exigência técnica (Luís & Sousa, 2000). Em Castromil, por exemplo, o nível de investimento privado atingiu, à relativamente pouco tempo, valores na ordem dos 2,060 milhões de euros (412000 contos) em apenas 1,32 km^2, durante 3 anos (Martins, 1999). No entanto, o investimento global em prospecção e investigação em Portugal tem sofrido um declínio desde 1997, tendo atingido um valor ligeiramente abaixo dos 2,5 milhões de euros/ano em 2000. Este comportamento reflecte e acompanha a tendência a nível mundial (Costa, 2002).

A sociedade actual está mais atenta no que toca a preocupações ambientais e à gestão sustentável dos recursos naturais. Assim, hoje em dia, não é possível iniciar uma exploração mineira sem se ter um plano de recuperação da região onde esta se implanta (Nogueira, 2000).
Actualmente, uma mina não é apenas o local onde se encontram concentrações minerais com teores e tonelagens capazes de ser exploráveis, mas uma entidade dinâmica dependente de factores geológicos, económicos, ambientais e ainda sociais, que se interligam e podem influenciar quer positiva, quer negativamente a sua existência.

4.2.5.2. *O Local em Estudo*

No local em estudo foram efectuados, pela Connary Minerals, trabalhos de prospecção e pesquisa mineira relativamente recentes (iniciados em 1994). Os projectos mineiros iniciam-se sempre com uma fase de prospecção e pesquisa que pode demorar vários anos a concluir. É com base nesta informação que se definem os vários componentes do projecto, nomeadamente o tipo de exploração, o tempo de vida do projecto, a rentabilidade, os riscos ambientais e a recuperação paisagística (Connary Minerals, 1999).
Os resultados obtidos definiram para Covas de Castromil reservas provadas de 2,147 milhões de toneladas com um teor médio de 1,9g/ton de ouro e reservas prováveis de 0,27 milhões de toneladas com 1,8g/ton de ouro (Quadro 2.V). Para outra zona (denominada Serra da Quinta – Fig.2.4) foram definidas reservas prováveis de 0,743 milhões de toneladas com 2,8g/ton de ouro (Martins, 1999; Costa, 2001).
Tendo em conta que estas reservas não seriam totalmente aproveitadas (por questões ambientais e estratégicas de exploração), assim como as perdas resultantes do tratamento do minério, a Connary Minerals (1999) previa obter, no pior cenário, cerca de 2478 kg de ouro em Castromil.
A recuperação da prata não foi alvo de estudo de pormenor pela Connary Minerals, porque este metal não era fundamental para o estudo da viabilidade económica da mina, funcionando apenas

como um sub-produto. No entanto, os testes laboratoriais efectuados pela empresa levam a supor uma recuperação na ordem dos 9592 kg de prata (Connary Minerals, 1999).
Os teores mínimos e máximos registados em Castromil (tendo por base perto de 300 sondagens) foram de 0,01g/ton e 43,00g/ton para o ouro e para a prata 0,01g/ton e 215,10g/ton, respectivamente (Luís & Sousa, 2000).

QUADRO 2.V – Reservas quantificadas e teor médio de ouro e prata em Castromil (Connary Minerals, 1999).

Metal	Reservas de minério	Toneladas	Teor médio (gramas / tonelada)
Ouro	*Reservas certas*	2 147 700	1,9
Ouro	*Reservas prováveis*	270 300	1,8
Prata	*Reservas possíveis*	2 147 900	10,0

Estes valores mostram que em Castromil ocorrem mineralizações interessantes em ouro e prata, cujas zonas mais ricas foram exploradas em tempos romanos e/ou possivelmente medievais. Restou uma parte do jazigo que os meios técnicos rudimentares da época não terão permitido explorar. No entanto, os estudos efectuados de avaliação do jazigo em Castromil provaram a sua viabilidade económica e daí o interesse manifestado pela *Connary Minerals*, ao Estado Português, na (re)abertura da mina. A mina seria explorada a céu-aberto, uma parte em flanco de encosta e outra em corta (Connary Minerals, 1997).

Contudo, a exploração não viria a efectuar-se por razões ambientais, onde as reclamações da população local parecem ter tido um peso significativo (Costa, 2001).

4.2.6. O Ouro e a sua Importância

O ouro, cujo nome provém do latim *aurum*, é um mineral com brilho metálico de cor e risca amarela brilhante. Apresenta densidade extremamente elevada (19,3 quando puro e maciço), pouca dureza (2,5 a 3), muito maleável e dúctil (tanto, que permite obter fios e "folhas de ouro" extremamente finos). É um bom condutor de electricidade e insolúvel na maioria dos ácidos, dissolvendo-se contudo em água-régia (mistura dos ácidos nítrico e clorídrico), Cianeto de potássio (KCN) e Cianeto de Sódio (NaCN). Trata-se de um metal muito inactivo, resistente à corrosão e que não se oxida quando é exposto aos agentes atmosféricos.
Quando comparado com outras substâncias, o ouro ultrapassa-as na beleza e nas propriedades. Digno de admiração, este mineral não sofre alteração quando mantido na água, na terra, nas gorduras e nos sepulcros, conservando a sua beleza durante séculos. Resiste às impressões ou ataques pelo sal, pelo vinagre e por muitas outras substâncias que estragam a maioria das matérias.

Na natureza, o ouro ocorre normalmente em filões ou em formações sedimentares (conglomerados, *placers* e aluviões) resultantes da erosão dos filões. Nas formações sedimentares o ouro ocorre frequentemente sob formas arredondadas de dimensões muito variáveis, designadas de pepitas (Borges, 1994). Embora estas apresentem na sua maioria dimensões relativamente pequenas, durante a época das corridas ao ouro (entre 1848 e 1880 aproximadamente), foram encontradas algumas com tamanhos e peso notáveis. Pepitas com 64kg, 70,9kg e 93kg, foram descobertas na Austrália. No Chile, foi registada uma pepita de ouro com o peso de 153kg! (Dud'a & Rejl, 1994; Borges, 1994).
Em geral, o ouro encontra-se numa liga com outras substâncias, como a prata, cobre, paládio, platina, irídio e o ródio (Dud'a & Rejl, 1994). A quantidade de ouro que uma liga contém exprime-se em quilates, sendo que o ouro puro tem 24 quilates. Em Portugal, o ouro de lei é uma liga que contém 80% de ouro, ou seja, ouro de 19,2 quilates.

De todos os metais procurados e explorados pelo Homem, o ouro ocupou desde muito cedo um lugar de destaque, sendo frequentemente identificado como símbolo de poder e riqueza. No entanto, este mineral não é o mais raro nem sequer o mais útil dos minerais. É possível que o fascínio pelo ouro tenha nascido do seu brilho e cor, únicas, diferentes e persistentes, que não podiam ser alteradas por nenhuma outra substância, então conhecida.
As propriedades apresentadas por este metal contribuíram certamente para que, desde a pré-história, tenha sido utilizado em adornos preciosos, como valor monetário e como símbolo de riqueza e poder na maioria das antigas civilizações, tal como ainda o é no mundo actual. Os povos antigos tinham tal admiração pelo ouro que chegaram a identificá-lo com o Sol (o astro-rei) e a associá-lo aos deuses que adoravam.

Mas nem sempre terá sido assim, locais e épocas houve onde, minerais normalmente menos valiosos do que o ouro, eram vistos de maneira diferente. A prata conhecida no Egipto, pelo menos por volta de 4000 a.C., era considerada um metal mais precioso que o ouro (Nunes, 1983). Do mesmo modo, nos primórdios da civilização egípcia, o ferro seria extraordinariamente raro e bem mais valioso que o ouro, pois era obtido exclusivamente de ocorrências de ferro nativo, que não são muito frequentes. Periplus Rubri Maris (181-146 a.C.) *in* Nunes (1983) refere que em certa região da Arábia trocavam o ouro produzido por ferro, oferecendo por um determinado peso deste metal o dobro do peso em ouro.

A importância dos rios na vida do homem primitivo parece-nos incontestável pois, procuravam aí não só a água, mas também o peixe para a sua alimentação. Mas os rios representavam também um fácil caminho às suas deslocações, pelo que, não será de admirar que ao longo de certas linhas de água o homem fosse surpreendido com aparecimento de grãos e de pequenos "calhaus"

de cor e brilho bem diferentes, daqueles que normalmente forravam os fundos dos rios. Diz-se, assim, que por volta de 7000 a.C. o ouro já fosse conhecido (Nunes, 1983).
O ouro começa a aparecer, com certa abundância, nos túmulos egípcios, pelos 4000 a.C. (Allan, 1965). No próprio território egípcio, a exploração dos jazigos auríferos era preocupação dominante do faraó, a quem pertenciam os direitos mineiros sobre todas as jazidas do país. O monarca, por intermédio dos seus serviços oficiais, controlava de perto estas actividades, como nos é comprovado pelo célebre papiro de Turim (1250 a.C.) que, entre outras informações, inclui uma carta onde estavam assinaladas todas as minas de ouro da bacia do Nilo e das regiões adjacentes (Nunes, 1983).

Na época romana o ouro e a prata, além de amplamente empregados em adornos, eram também enviados em grandes quantidades para as oficinas de cunhagem de moeda. A célebre moeda de prata "*dinarium*" começou por ser cunhada em 450 a.C., isto é, mais de 200 anos depois de Pheidon (rei de Argos) e Gygos (rei da Lídia) terem lançado uso das moedas de ouro e de prata (Nunes, 1983).
Pelos anos 270 a.C., o imperador Otávio Augusto, o legislador, numa fase das suas reformas tomou como metal base o ouro e moeda padrão, respectivamente, o *aurium* de 7,8 gramas de ouro, equivalente a 25 *dinares* de prata = 100 *stortius* de latão (*auricalcum*) = 400 *ares* de bronze. Em 260 a.C. as moedas de ouro, os *aurius*, eram de dimensões substancialmente menores que as do tempo de Augustus. As de prata tinham menos 60% deste metal e as de bronze eram tão finas que só permitiam a impressão numa das faces.
O vasto império de Roma tinha a sua economia baseada no ouro (pagamento de bens, de serviços e tesouro público). Roma carecia de uma moeda universalmente aceite em todo o seu império, a moeda de ouro. A quantidade de ouro da liga e peso foram sempre mantidos mesmo nos períodos de crise, o que não sucedia com as moedas dos outros metais (como prata, bronze, latão, cobre) em que o seu valor era mantido, mas diminuído o peso e adulterada a composição da liga.

Desde os tempos mais remotos, o Homem devota particular paixão pelo ouro. Contudo, a utilidade deste mineral ultrapassa largamente as utilizações que todos lhe conhecemos, como na joalharia e decoração (um dos grandes destinos de consumo de ouro), na medicina dentária e na cunhagem de moedas e medalhas.
O ouro é usado em circuitos electrónicos, quando se exige fiabilidade ímpar, porque não se corrói nem se deteriora pelo contacto com o oxigénio, humidade ou ácidos comuns. É, por isso, um material indispensável no fabrico de computadores e muitas aplicações suportadas por estes. É também incólume a temperaturas extremas, por exemplo as que os aviões têm de suportar. Usado juntamente com o níquel para ligar as pás das turbinas dos aviões comerciais, permite

suportar temperaturas de escape superiores a 620ºC. No outro extremo, quando temperaturas negativas reduzem a visibilidade, uma película transparente de ouro ajuda a manter os pára-brisas limpos. Até no espaço o ouro ajuda os astronautas, reflectindo a radiação infravermelha e protegendo o equipamento electrónico nas naves (Portugal Mineral, 1996).
Além dos aspectos referidos, não nos podemos esquecer que a sua importância reside, ainda, no seu valor como padrão monetário internacional (Borges, 1994).

Os principais produtores de ouro a nível mundial são a África do Sul, os Estados Unidos, a Austrália, a Rússia e o Canadá (Borges, 1994). Em Portugal, apesar de largamente explorado no passado, não há, actualmente, nenhuma mina de ouro em actividade.
A expectativa de uma queda na reserva de ouro esperada para os próximos anos, o aumento dos custos e a pressão ambiental estão a provocar uma diminuição na exploração mineira na Africa do Sul e América do Norte. No entanto, apesar da produção nos 4 maiores países produtores de ouro ter diminuído desde 1996, a produção global de ouro aumentou até 2001 e depois estagnou. Isto deveu-se ao crescimento da produção (nos anos 90) na América do Sul, Sudeste Asiático e, mais recentemente, no ex bloco de leste, o que compensou as perdas ao nível dos países tradicionais (Naqvi, 2004).
A deslocação generalizada da produção dos minérios metálicos, e em particular do ouro, dos tradicionais países mineiros para novos países (com realce para a América Latina), é uma consequência da dificuldade de integração, nos processos de produção, das exigências ambientais nos países mais desenvolvidos (Costa, 2002). Também a reciclagem de metais e outros produtos minerais, conduzida por razões ambientais ou de simples competitividade económica, tem vindo a alterar consideravelmente o quadro de evolução da indústria, pois reduz a procura de matérias-primas primárias e altera os padrões de produção e consumo (Costa, 2001).
A procura de minerais metálicos tem vindo a diminuir, devido à reciclagem de metais e à sua substituição por cerâmicas de baixo custo, compostos e plásticos. Cerca de 45% do ouro, platina e alumínio que são utilizados resultam da reciclagem (Press *et al*, 2003).

A produção mineira estagnou, mas é improvável uma queda significativa dos mercados, pois os argumentos para ver o ouro como um investimento não são novidade. As motivações para tal investimento podem ser baseadas numa extensa variedade de pontos de vista, mas o mais comum é aquele baseado na moeda e na inflação. O ouro tem sido uma importante barreira contra os picos de inflação (Naqvi, 2004).
A possibilidade de surpresas ao nível da inflação, traz preocupações crescentes em relação à perda da política monetária; aos níveis de dívidas governamentais, cooperativas e particulares; aos preços de imóveis inflacionados e ao aumento dos preços das mercadorias industriais. Esta possibilidade de situações coloca o ouro como um investimento muito táctico (Naqvi, 2004).

4.3. O Caulino

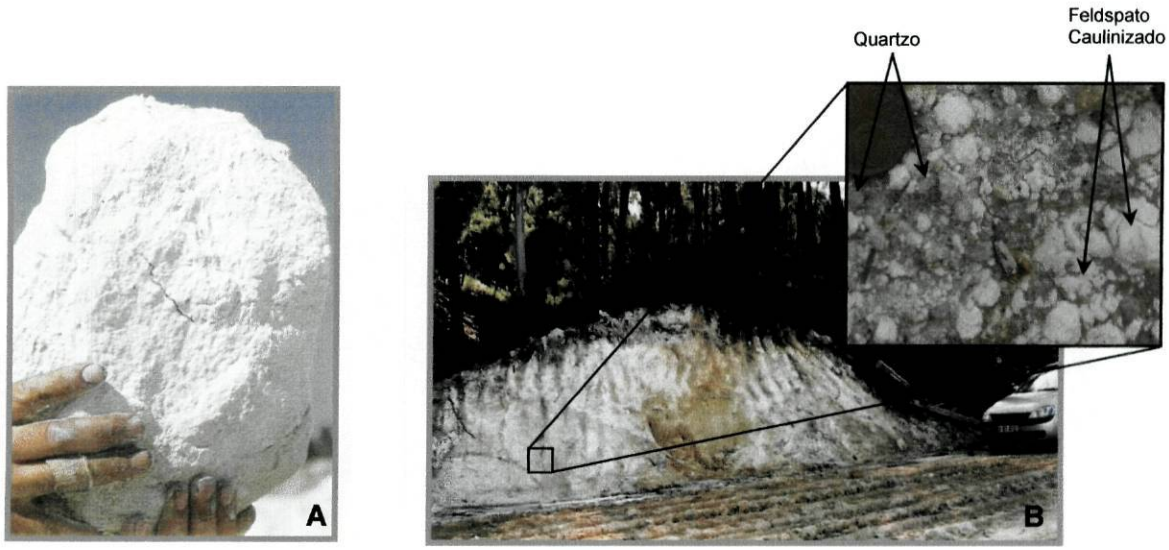
4.3.1. Considerações Gerais

Até há poucas décadas, em Portugal, como de resto em grande parte do mundo, a indústria dos minerais não metálicos não era olhada com a importância que realmente tem. O relevo conferido à indústria dos minerais metálicos, dos quais existem numerosas minas, relegava para segundo plano a importância dos minerais industriais não metálicos. No entanto, actualmente, os minerais industriais considerados não metálicos sobrepõem-se largamente, em termos económicos, aos minerais industriais considerados metálicos (Gomes, 2003). De facto, se por um lado, muitos dos produtos obtidos a partir dos minerais não metálicos são relativamente baratos, por outro, estes minerais possuem um amplo valor de utilização (Moreira, 1997).

As argilas, como recurso mineral que são, pertencem ao grupo dos minerais industriais não metálicos indispensáveis ao desenvolvimento das sociedades e qualidade de vida do Homem. Caracterizam-se por possuir granularidade muito fina pois, os seus minerais essenciais (os minerais argilosos) têm, em regra, diâmetro esférico equivalente (d.e.e) inferior a 2μm (0,002mm). O conceito de diâmetro esférico equivalente resulta do facto das partículas individuais dos minerais argilosos possuírem formas anisométricas, pelo que o d.e.e. será o diâmetro de uma esfera que circunscreve a partícula argilosa (Velho *et al*, 1998; Gomes, 2002). As argilas compreendem, portanto, as partículas de dimensões inferiores a 2μm.
Em regra, as argilas não são monominerálicas. São constituídas pelos minerais argilosos que têm uma representação essencial (não havendo argilas sem estes minerais) e, habitualmente, por outros minerais (os chamados minerais não argilosos que normalmente acompanham as argilas) como o quartzo, o feldspato e as micas. Todavia, aquelas que têm composição mais simples são as que apresentam maior interesse aplicado e maior valor económico (Gomes, 2002).
As argilas variam na composição e nas propriedades, sendo comum classificá-las, sob o ponto de vista de utilização industrial, em argilas especiais e argilas comuns. A subdivisão das argilas em especiais e comuns tem a ver com o valor económico dos produtos fabricados com elas. As argilas especiais, relativamente às argilas comuns, ocorrem em depósitos de menor volume e em número mais reduzido, têm composições mais simples que lhes conferem propriedades muito próprias, requerem tratamentos muito mais complexos e de maior custo, e com elas fazem-se produtos com maior valor comercial (Velho *et al*, 1998; Gomes, 2002). As argilas comuns são matérias-primas básicas para a chamada cerâmica vermelha como, por exemplo, o tijolo e a telha.

O caulino é uma argila especial, aplicado como matéria-prima mineral essencial num grande número de produtos utilizados diariamente pelo Homem. Esta argila, de cor branca ou quase branca (Fot. 2.7), apresenta, na sua composição um ou mais minerais argilosos do grupo da

caulinite que, em regra, estão associados a minerais não argilosos, como o quartzo, feldspatos e micas (Velho *et al*, 1998; Gomes, 2002). A caulinite, principal constituinte do caulino, é um mineral geralmente branco com densidade 2,6 e dureza 1, pertencente ao grupo dos minerais argilosos.
A origem do termo caulino deriva do nome da localidade chinesa *Kao Lin* ou *Kaoling*, que significa colina alta e branca ou monte branco.



FOTOGRAFIA 2.7 - A) Aspecto do caulino bruto (retirado de Portugal Mineral, Nº 25 - 1993); B) Aspecto do granito caulinizado no local de estudo.

4.3.2. Origem

A formação do caulino pode resultar quer da alteração hidrotermal quer da alteração meteórica[1] de rochas ricas em feldspato e micas, podendo os depósitos de caulino com interesse económico ser do tipo sedimentar (também chamado redepositado ou secundário) e do tipo residual (ou primário) (Velho *et al*, 1998; Gomes, 2002).
No primeiro tipo, os processos intervenientes são simplesmente meteóricos, enquanto que no segundo tipo podem ser de origem meteórica, origem hidrotermal ou de origem mista (hidrotermal/meteórica) (Gomes, 2002). Saliente-se, contudo, que dissociar sem ambiguidade os efeitos da meteorização dos efeitos do hidrotermalismo é muitas vezes difícil porque os produtos

[1] *Meteórico* - A meteorização envolve a acção de fluidos meteóricos a baixas temperaturas (até 40ºC) e ocorre, geralmente à superfície ou próximo dela. Os efeitos da meteorização podem fazer-se sentir até 100 metros de profundidade. A sua intensidade depende da textura e da composição da rocha-mãe, do clima, da topografia do terreno, da densidade e natureza da cobertura vegetal, etc. *Hidrotermal* - Os fluidos hidrotermais, de temperatura superior em 5ºC ou mais, relativamente à temperatura do meio envolvente, podem ter diferentes origens (meteórica, metamórfica ou magmática), e produzem interacções químicas com os minerais primários das quais resultam minerais secundários, entre os quais se destacam os minerais argilosos como por exemplo a caulinite. São os fluidos ácidos de temperatura elevada, muito agressivos que lixiviam da rocha-mãe elementos químicos como: Na, K, Mg, Ca, etc., que produzem os depósitos de caulino de origem hidrotermal (Gomes, 2002).

formados por processos hidrotermais são, em regra, afectados subsequentemente por processos meteóricos.

Para Gomes (2002), a acção da meteorização está sempre presente, em maior ou menor grau, nos depósitos de caulino. Mesmo que no início a caulinização tenha tido uma origem hidrotermal, a sobreposição de uma acção meteórica posterior dá origem a um reequilíbrio, por exemplo, em termos isotópicos, que dificultará a discriminação da influência da componente hidrotermal.

Em Portugal continental podemos encontrar depósitos dos dois tipos de caulino: residuais ou primários, resultantes da alteração de formações graníticas, sem movimentação posterior à caulinização; e de natureza sedimentar, nos quais se destaca os depósitos de areias cauliníferas, constituindo o caulino a sua matriz argilosa (Portugal Mineral nº25, 1993).

Dos vários depósitos de caulino residual conhecidos, todos situados numa zona próxima do litoral (desde um pouco a Norte de Aveiro até Viana do Castelo), apenas três estão a ser actualmente explorados: no Outeiro, no Bustelo e em Campados (Esposende). Quanto aos depósitos de caulino sedimentar, são vários os que estão em exploração: Chasqueira (Alvarães), Barqueiros (Esposende), Alhadas (Figueira da Foz), Arazede (Cantanhede), Saibrais (Peniche), etc. (Gomes, 2002).

Tendo em conta apenas a evolução geológica do local, o caulino que ocorre na área estudada poderá ter uma origem semelhante ao caulino residual de Alvarães. Segundo Gomes (2003), este depósito, actualmente desactivado, terá resultado da caulinização, promovida de início pela acção de fluidos hidrotermais e desenvolvida posteriormente pela acção dos agentes meteóricos em granitóides de duas micas de idade Hercínica.

4.3.3. Tratamento

Nos depósitos residuais ou primários, o caulino aproveitável, isto é, o rendimento do caulino, varia, em regra, entre 10% e 25% da massa da rocha caulinizada (o restante é constituído por fragmentos de granito, mica, feldspato, quartzo e outros minerais), enquanto que nos depósitos sedimentares ou secundários, o teor de caulino aproveitável pode atingir valores na ordem de 85-95%, como sucede nos depósitos da Geórgia (EUA) e da bacia do Baixo Amazonas (Brasil) (Gomes, 2002). No entanto, só muito excepcionalmente as argilas são utilizadas tal como são extraídas sendo, em regra, submetidas a tratamentos de grau e complexidade variados.

Os caulinos (particularmente os residuais) necessitam de ser purificados antes de poderem ser utilizados na indústria, com o objectivo inicial de se aumentar a sua concentração em caulinite. Não é, todavia, possível retirar-lhes todos os outros minerais de grão fino, mantendo-se sempre quartzo, e frequentemente feldspatos e micas, ainda que em baixas proporções (Lucas, 1991).

É essencialmente da alteração dos feldspatos (constituintes de granitos e rochas afins) que provém o caulino. Assim sendo, os minerais acessórios (existentes na rocha-mãe e/ou como inclusões no próprio feldspato) permanecerão na massa caulinizada, por vezes, com granulometrias em que mesmo as mais sofisticadas técnicas de separação se revelam ineficientes (Portugal Mineral nº25, 1993).

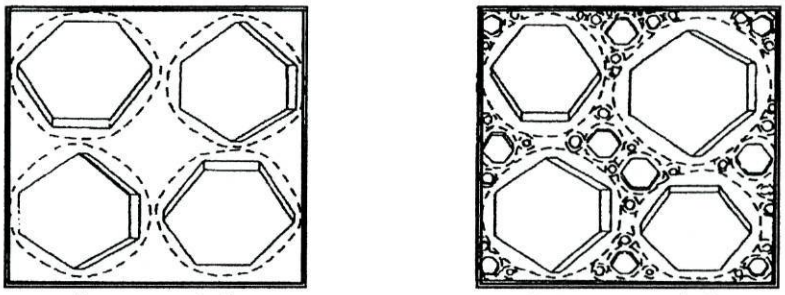
Em Portugal, bem como genericamente no resto da Europa, a designação de caulino é tomada quer em relação ao material em bruto, quer em relação ao produto final refinado após tratamento. No entanto, o "caulino em bruto" deve ser visto como um minério (rocha argilosa cujo mineral essencial é a caulinite, incluindo minerais da família desta e ainda a haloisite), a partir do qual, por processos de preparação de minérios, é possível obter uma substância mineral útil, "o caulino lavado" (Portugal Mineral nº25, 1993).

O caulino bruto não possui os requisitos necessários para poder ser utilizado directamente, pelo que, tanto a quantidade como a qualidade da caulinite de um caulino podem ser melhoradas por *refinação* e *beneficiação*.

A *refinação* compreende processos essencialmente físicos e tem como finalidade conseguir concentrar os finos de argila, ou seja, obter um caulino com determinadas características granulométricas, em conformidade com as funções a que se destina. Tal como sucede nos processos de refinação de outros minerais industriais, a refinação do caulino começa com a libertação dos minerais nele presentes para em seguida se poder concentrar os que são úteis. Ao longo das operações de refinação, o teor de minerais não argilosos (como quartzo, mica, feldspato e turmalina) vai diminuindo, enquanto que o teor de minerais argilosos (como a caulinite) vai aumentado (Gomes, 2002).

A *beneficiação* compreende processos químicos e físicos e tem como finalidade aumentar a qualidade do caulino, melhorando várias das suas as propriedades, tais como: grau de brancura, brilho, dimensão e forma das partículas, viscosidade, abrasividade, etc. (Velho *et al*, 1998; Gomes, 2002).

Do tratamento ou processamento do caulino podem resultar diversos graus de qualidade desta argila em termos de propriedades, como por exemplo ao nível da granularidade, composição química e mineral, cor, viscosidade, abrasividade, etc., cada um com diferentes valores comerciais e diferentes campos de aplicação (Gomes, 2002). A viscosidade, por exemplo, depende da distribuição dimensional e da forma das partículas. Um caulino de grão melhor calibrado, isto é, com partículas com dimensões pouco diferenciadas proporcionará maior viscosidade do que um caulino de grão menos calibrado (Fig.2.6).



Alta viscosidade *Baixa viscosidade*

FIGURA 2.6 — Influência na viscosidade da distribuição dimensional do grão de um caulino (retirado de Gomes, 2002).

Apesar do teor em fracção argilosa dos caulinos residuais ser, em regra, inferior à dos caulinos sedimentares, os de melhor qualidade são, em Portugal, os de origem residual. Ao contrário do que acontece por exemplo no Brasil e nos EUA, os caulinos de origem sedimentar no nosso país são, na generalidade, de qualidade mediana a baixa não conseguindo competir em alguns sectores industriais como o do papel e da cerâmica (sanitários e porcelanas) (Velho & Gomes, 1997). As caulinites dos caulinos sedimentares, em comparação com os residuais, possuem mais defeitos estruturais, maior contaminação em ferro e menor grau de brancura, manifestando-se, por exemplo, nos corpos cerâmicos numa menor resistência mecânica (Velho & Gomes, 1997).
A caulinite é, de entre os minerais argilosos, aquele onde os defeitos estruturais têm sido melhor estudados (Fig.2.7).

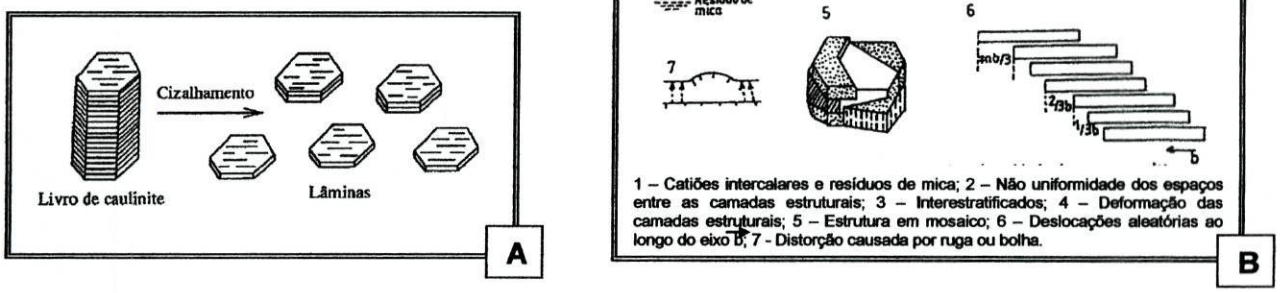


FIGURA 2.7 - A) Representação esquemática da delaminação de caulinite (retirado de Velho *et al* , 1998); B) Representação esquemática dos principais defeitos estruturais da caulinite (retirado de Gomes, 1987).

Os defeitos da caulinite, expressos pela cristalinidade, têm merecido estudos particulares porque permitiram, em muitos casos, estabelecer correcções significativas com certas propriedades, como por exemplo: a plasticidade, viscosidade, refractaridade, resistência mecânica, capacidade para revestimento ou cobertura do papel, etc. Por outro lado, as avaliações de cristalinidade têm sido interessantes em estudos estratigráficos, paleogeográficos e paleoclimáticos. De facto,

existem evidências de que a natureza e o número de defeitos da caulinite dependem da sua história genética e pós-genética. Assim, a caracterização correcta dos defeitos da caulinite pode permitir um melhor conhecimento dos ambientes geológicos modernos e até antigos onde ocorrem os materiais cauliníticos (Gomes, 1987). Por exemplo, a origem hidrotermal da caulinite, quando comparada com a meteórica, favorece a ordenação e crescimento dos cristais de caulinite (Bastida *et al*, 1994).

No que diz respeito ao preço do fornecimento, este depende de três factores importantes: o custo de extracção, o custo da refinação e beneficiação e o custo do transporte. Dos três, o que normalmente tem menos peso no preço é o custo da extracção, que é feita a céu aberto, enquanto que a refinação e beneficiação têm, geralmente, maior peso no preço final. Têm-se utilizado técnicas cada vez mais complexas e apuradas de modo a obter-se uma alargada variedade de graus de qualidade para satisfazer as exigências dos consumidores (Velho & Gomes, 1990).

O caulino português é de fraca qualidade, quando comparado com o caulino importado onde o processamento é muito mais elaborado. Importa, por isso, melhorar a qualidade dos caulinos nacionais, facto que passará pelo melhoramento de processos ao nível da exploração dos depósitos e da refinação e beneficiação do caulino (Gomes, 2002).

4.3.4. Utilização

O objecto cerâmico reconhecido como o mais antigo é a *Venús Voluptuosa* encontrada na Europa oriental, à qual foi atribuída a idade de 26000 anos. Peças de olaria cozida apareceram no Sul de Itália, às quais foram atribuídas idades estimadas em cerca de 8000 anos. Estatuetas encontradas evidenciam que a roda de oleiro, movida manualmente, teria começado a ser usada na China, Egipto e Mesopotâmia há 6000 anos. Em Portugal, estão identificados materiais cerâmicos com funções decorativas, de culto e domésticas, aos quais foram atribuídas idades entre 6000 e 4000 anos a.C. Aos primeiros tijolos utilizados como materiais de construção foi atribuída a idade 4000 anos a.C. Mais tarde, a ocupação romana proporcionou um forte desenvolvimento dos cerâmicos à base de argila utilizados na construção das paredes e telhados das casas (Gomes, 2002).

Relativamente ao caulino, a primeira porcelana produzida teve lugar na China há cerca de 3000 anos, a partir de caulino extraído numa colina próxima de *Jauchau Fu*. Na Europa, mais especificamente no Reino Unido, só em 1746 seria fabricada a primeira porcelana, tendo Portugal produzido a primeira porcelana em 1834. Embora os portugueses tenham sido os primeiros a introduzir e comercializar a porcelana chinesa na Europa, foram, entre os europeus, dos últimos a fabricá-la (Gomes, 2002).

Até ao século XIX o caulino foi utilizado quase exclusivamente na indústria da cerâmica. No entanto, depois da descoberta da sua utilização como carga do papel, a importância do caulino alterou-se substancialmente a partir da década de 80 do referido século. No começo do século XX, o caulino começou a ser utilizado na cobertura (revestimento) do papel e imediatamente antes da I Guerra Mundial, 75% da sua produção era destinada à indústria do papel (Velho & Gomes, 1990).

Actualmente o caulino tem muitos e diversos usos. A grande versatilidade nas numerosas aplicações industriais do caulino baseia-se nas suas propriedades físicas e químicas, muito especialmente na alvura, cor, finura das suas partículas e fácil controlo dos respectivos tamanhos, baixa abrasividade, hábito cristalino lamelar e inércia química numa ampla gama de pH.

O caulino é utilizado como carga em numerosas aplicações, com a finalidade de substituir materiais de base bastante mais dispendiosos (como a borracha, resinas, celulose, etc.) e, consequentemente, com tais incorporações, resulta uma baixa no custo dos produtos acabados sem diminuir a sua qualidade (Velho & Gomes, 1990). Por exemplo, o preço de um mineral para carga no papel é cerca de 3 a 5 a vezes mais barato do que a fibra celulósica o que, para além de permitir diminuir o custo de produção, evita também uma maior desflorestação (Velho & Gomes, 1989).

Entre os principais utilizadores de caulino destacam-se as indústrias de papel, cerâmica, borracha, plásticos e tintas. No entanto, uma infinidade de outros produtos como tinta de escrever, adesivos, insecticidas, farmácia, fertilizantes, filtros, cosmética, lápis, detergentes, colas, esmaltes, etc. (Quadro 2.VI) utilizam também o caulino como matéria-prima, embora em menores percentagens (Moreira, 1997; Portugal Mineral, 1998).

QUADRO 2.VI - Diferentes utilizações do caulino (adaptado de Velho & Gomes, 1990).

Utilizações principais	Utilizações menores
Papel (como carga e cobertura) *Refractários* *Cerâmicas* *Borrachas* *Plásticos* *Tintas* *Fibra de vidro*	*Cimentos; Medicamentos;* *Tintas especiais; Pesticidas; Catalizadores;* *Fertilizantes; Couro; Cosmética; Lápis;* *Detergentes; Adesivos; Filtros; Colas; Esmaltes;* *Branqueadores; Absorventes;* *Materiais resistentes ao fogo...*

A maior parte do consumo mundial de caulino (cerca de 40%, em 1999) diz respeito ao sector do papel, situando-se em segundo lugar, com valores bastante inferiores, os sectores da cerâmica e dos refractários.

4.3.4.1. *O Caulino no Papel*

Descobertas recentes em túmulos chineses, mostraram que na China se fabrica papel desde os últimos séculos que antecederam a era cristã. No entanto, é comum citar como data da invenção do papel o ano 105 d.C. e atribuir este feito a Tsai Lung, um jovem oficial da Guarda Imperial do Imperador Chinês de então. A designação de papel deriva do termo latino *papýru*, material utilizado pelos antigos egípcios para escrever (cerca de 3500 anos a.C.).

Nos nossos dias o papel é constituído, essencialmente, por uma folha muito fina e uniforme de pequenas fibras de celulose que estão organizadas segundo um reticulado muito fino. Contudo, esta trama de fibras apresenta o inconveniente de não constituir uma superfície lisa, possuindo numerosos vazios (apresenta-se demasiado porosa o que facilita a passagem da tinta de um lado ao outro da folha) e várias irregularidades que impedem uma boa impressão de tinta e reprodução de fotografias. Para evitar estes inconvenientes, utilizam-se substâncias minerais com partículas muito finas de modo a preencherem os vazios existentes entre as fibras (produzindo capilares que absorvem localmente a tinta de impressão, mas impedindo a sua dispersão) e formando uma superfície macia.

As fibras celulósicas apresentam-se, também, mais ou menos transparentes, pelo que é necessário tornar a folha de papel a mais opaca possível de modo a que a dispersão da luz seja a máxima possível. Uma elevada opacidade é de enorme importância para o papel de impressão, porque impede a passagem de tinta para o outro lado da folha (Bruciner, 1985 *in* Velho & Gomes, 1989).

No papel impermeável é necessário que os capilares estejam fechados de modo a impedir a passagem de tinta, sendo esta resistência conseguida artificialmente através de resinas especiais (Velho & Gomes, 1989).

Assim, e particularmente no papel de impressão, escrita, fotocópia e fotogravura, o caulino entra como carga e também como pigmento de cobertura (revestimento) (Portugal Mineral, 1998). As suas características muito peculiares, nomeadamente, a forma lamelar das suas partículas, grau de brancura, inércia química e fácil adaptação aos processos de fabrico, tornam-no óptimo no fabrico de papel, em especial em meio ácido (Velho *et al*, 1998).

A aplicação de carga mineral no papel permite melhorar a estrutura e a formação da folha. A carga incorpora-se na massa, colmatando os vazios da folha e modificando a sua estrutura. Melhora a opacidade, a uniformidade e lisura da superfície do papel, o brilho, a flexibilidade, a retenção da tinta e também o grau de brancura. No entanto, há que ter em conta que, embora a utilização mineral no papel seja fundamental para obtenção de um papel de qualidade, existem alguns inconvenientes que se prendem com o facto de não se poder aplicar carga em excesso, caso contrário, obtém-se um papel de qualidade medíocre uma vez que este se torna menos

resistente (as cargas minerais interferem com a ligação fibra-fibra reduzindo a resistência mecânica do papel), abrasivo, poeirento e difícil de ser cortado (Velho & Gomes, 1989).
A escolha da carga a aplicar depende das características e do tipo de papel desejado. O papel de melhor qualidade, como é o caso do papel de escrita, de impressão e de fotocópia, necessita de grande quantidade de carga mineral; o papel de embalagem (para maior resistência ao transporte) e o papel higiénico (para diminuir a dureza e aumentar a absorção) necessitam de carga limitada; e o papel de menor qualidade, como é o caso do papel de jornal, não contém carga alguma (Velho & Gomes, 1989).

Aos caulinos utilizados como carga são exigidas várias propriedades fundamentais como o elevado grau de brancura, inércia química, baixa ou nenhuma abrasividade, preço compatível, facilidade em constituir suspensões, partículas muito finas, compatibilidade com outras cargas minerais, elevado índice de refracção, etc. (Velho *et al*, 1998).

Mas para se obter um papel de elevada qualidade é necessário, para além da adição de carga, cobrir ou revestir a superfície do papel (Fig. 2.8). O revestimento permite não só uma qualidade superior de impressão (ao transformar a superfície rugosa e macroporosa do papel numa face uniforme e microporosa), como melhora o grau de brancura do papel, o seu aspecto e o seu tacto (Velho *et al*, 1998). Como cobertura, o caulino é aplicado em papéis como folhetos publicitários, revistas, publicações de alta qualidade, cartolinas, etc.

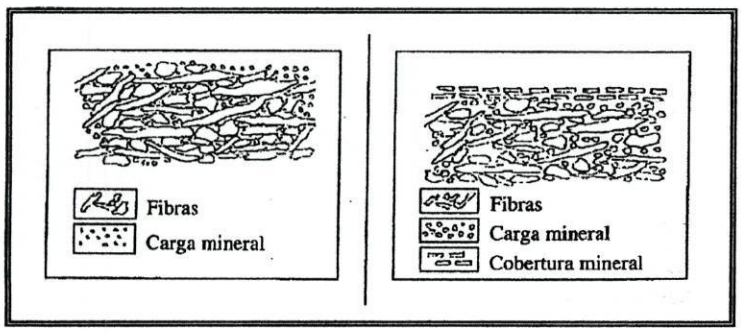


FIGURA 2.8 – Processos de carga e revestimento do papel (retirado de Velho *et al*, 1998).

O caulino utilizado no revestimento do papel deve possuir qualidade superior ao da carga, em que parâmetros como o grau de brancura, granulometria e viscosidade, são determinantes para a obtenção dos melhores resultados no seu fabrico (Portugal Mineral nº28, 1993). Isto faz com que tanto o processo como os minerais de cobertura sejam bastantes mais caros. Embora o papel sem mineral possua um valor muito inferior ao do papel de carga ou revestido, hoje em dia a procura de papel de qualidade é enorme.

Apesar do exposto, é ainda de realçar o facto do caulino não conseguir satisfazer todas as exigências a nível de mercado, isto é, a produção de papel de qualidade diversificada obriga, muitas vezes, à utilização de matérias-primas minerais também especiais (Velho *et al*, 1998).

4.3.4.2. *Outras Utilizações*

Tal como já foi referido, depois do papel, a indústria cerâmica é a principal consumidora de caulino que o utiliza como matéria-prima essencial para o fabrico de variados produtos, nomeadamente, da porcelana (onde se destaca a louça de hotel), faiança (louça decorativa), sanitários, pavimentos e revestimentos, isoladores eléctricos, refractários e vidrados (Portugal Mineral, 1998; Velho *et al*, 1998).

Ainda que a composição química das argilas seja importante, determinante mesmo nalguns casos, conhecer a sua composição mineralógica é fundamental, pois dita muitas das propriedades relevantes para o seu emprego em pastas cerâmicas (Lucas, 1991).

A caulinite é, por exemplo, um dos minerais de argila mais vulgarmente utilizados em pastas de cerâmica.

Para além das utilizações anteriormente descritas, pode ainda realçar-se o consumo de caulino noutros sectores, como por exemplo (Gomes, 2002):

- Nas tintas, onde o caulino pode ser usado como extensor ou carga funcional, proporcionando características interessantes às tintas depois de aplicadas, tais como: superfícies mais lisas, acabamentos mais atractivos, maior estabilidade dimensional dos filmes de tinta e maior resistência dos mesmos a ataques químicos. O elevado grau de finura da argila e a forma lamelar das suas partículas, confere à tinta elevado poder de revestimento. Nas tintas plásticas o caulino pode funcionar ainda como agente suspensor, impedindo a sedimentação dos pigmentos.

As cargas minerais participam nas tintas como aditivos que, mesmo em quantidades pequenas (raramente superiores a 5%), modificam profundamente as propriedades físicas e químicas das tintas como a viscosidade, brilho, opacidade e durabilidade.

- Na borracha natural ou sintética, o caulino é empregue como carga ou extensor, sendo, para o efeito, incorporado nas misturas com látex com o fim de melhorar a resistência mecânica, a resistência à abrasão e a rigidez da borracha. Os níveis de incorporação de caulino na borracha situam-se, em regra, entre 20% e 40%, podendo, no entanto, ser muito superiores. É utilizado, por exemplo, em alguns pneus e solas de sapatos.

- Nos plásticos, a introdução do caulino como carga traz várias vantagens, pois confere-lhes melhor resistência mecânica ao impacto e à tensão, maior resistência química e eléctrica, melhor estabilidade dimensional e de cor, melhor superfície de acabamento, maior opacidade, maior durabilidade e menor custo. O caulino ocupa o segundo lugar a seguir ao carbonato de cálcio no que diz respeito às cargas minerais nos plásticos.

- Participa na composição de um extenso número de fármacos. Estes caulinos devem ser isentos de metais tóxicos e em muitos produtos devem ser esterilizados, para se evitarem contaminações com microorganismos patogénicos.

- É utilizado como veículo e diluente de pesticidas. Estes, em pó ou em "spray", podem conter entre 80% e 99% de caulino que, para além de facilitar a dispersão uniforme do pesticida, facilita ainda a retenção do pesticida sobre a planta e preserva também a toxidade do mesmo.

- É o mineral mais utilizado como veículo ou suporte de catalizadores que têm, por exemplo, interesse na destilação fraccionada do petróleo.

- Como caulino calcinado finamente moído (com 90% do grão inferior a 2μm) pode ser utilizado como agente de polimento em pastas dentífricas. O caulino calcinado é também usado em pastas e massas para polimento de automóveis.

4.3.5. Principais Produtores de Caulino

Os principais produtores de caulino refinado são os EUA, Reino Unido, Brasil e Austrália. Estes países são, igualmente, os principais exportadores, produzindo graus de elevada qualidade para os mercados do papel, plásticos e tintas (Velho *et al*, 1998). Em termos de reservas, a China é um dos países mais importantes sendo apenas ultrapassada pelos EUA e Ucrânia (Velho & Gomes, 1997).
A produção mundial de caulino tem sofrido uma acentuada quebra no ritmo de crescimento que entretanto apresentava, em especial a partir do início da década de 90. Dos cerca de 36 milhões de toneladas/ano verificadas em 1994 (Velho & Gomes, 1997) passou-se para uma produção de cerca de 30 milhões de toneladas/ano registada em 1999 (Gomes, 2002).

Em relação a Portugal, este pode considerar-se como um país relativamente rico em caulino, possuindo valores elevados em reservas. No entanto, a sua qualidade é mediana em comparação com caulinos de outros países, como Brasil, EUA, Reino Unido, etc. Actualmente, a produção de caulino em Portugal regula as 200000 toneladas/ano (Gomes, 2003), situando-se, em termos mundiais, numa posição modesta (aproximadamente no 20º lugar) entre os produtores de caulino.
Ao contrário do que tem acontecido noutros países da Europa, tanto a produção como a importação de caulino continuaram a aumentar em Portugal (Velho & Gomes, 1997), fundamentalmente devido à indústria da cerâmica.

Três factores têm vindo a marcar o mercado de caulino em Portugal nos últimos anos, em especial desde do início da década de 90 (Velho & Gomes, 1997):
O *primeiro factor* refere-se ao mercado do papel. A reconversão das papeleiras para o processo de fabrico em meio neutro-alcalino (como acontece noutros países) reduziu a uma pequena quantidade o consumo de caulino neste sector, o que constituiu um golpe profundo num mercado que era considerado como estável. Actualmente, nenhum caulino de origem nacional é consumido na indústria do papel em Portugal, sendo largamente canalizado para o sector da cerâmica que

tem registado nos últimos anos um crescimento de actividade. Mais de 90% do caulino produzido e consumido em Portugal é destinado à indústria da cerâmica, onde a exigência em termos de qualidade é, de um modo geral, inferior à do papel. Sectores como os plásticos e as tintas são essencialmente controlados pelos carbonatos de cálcio, permanecendo o da borracha como um interessante mercado consumidor.

O *segundo factor* refere-se a questões ambientais. De facto, os depósitos de caulino de melhor qualidade (de origem residual) encontram-se concentrados numa faixa estreita entre Aveiro e Viana do Castelo, numa região densamente povoada. Daqui surge a necessidade de prospecção de novas ocorrências de caulino em regiões menos povoadas, como acontece na região de Óbidos-Rio Maior, que tem vindo a tornar-se numa importante zona produtora de caulino mas de origem sedimentar, onde a qualidade se tem manifestado mediana.

O *terceiro factor* refere-se à qualidade. O encerramento de explorações de caulino de excelente qualidade (de origem residual) tem conduzido a um progressivo aumento de importação, de modo que um terço do caulino consumido em Portugal é importado. O esgotamento de caulino em Portugal é um assunto remoto, no entanto, os depósitos possuem, em geral, uma qualidade insuficiente para aplicações em sectores de maior exigência tecnológica (o sector cerâmico dos sanitários e da porcelana necessita de caulino com um nível de pureza elevada e com propriedades tecnológicas adequadas), daqui a necessidade de recorrer à importação.

Os principais países fornecedores de caulino a Portugal são o Reino Unido, Espanha e França, representando as importações do Reino Unido cerca de 80% do total das importações (Gomes, 2002).

Apesar de vastas reservas desta matéria-prima em Portugal (estimada em cerca de 30 Mt de caulino lavado – Gomes, 2002), a evolução dos mercados, solicitando cada vez mais produtos de alta qualidade a que estão inevitavelmente associados custos de produção mais elevados, é um forte indicador de que grande parte das nossas reservas de caulino poderá não evoluir no sentido de originarem explorações com viabilidade económica, restando, tão só, no final o "depósito mineral" (Portugal Mineral nº25, 1993).

4.3.6. O Caulino no Local em Estudo

No local em estudo existem quantidades significativas de caulino resultante da caulinização do granito (Fot.2.7), onde a fracção de argila presente é de 8 a 10%. Além do granito, também o aplito ocorre, muitas vezes, caulinizado.

Embora não tenha grande interesse em termos industriais, devido à baixa qualidade que apresenta, poderá ser usado na impermeabilização de alguns terrenos, como por exemplo, na construção de aterros. Apesar de não ter as características mínimas necessárias a uma boa

selagem hidráulica possui, contudo, boa permeabilidade e resistência mecânica apreciável após compactação (quando devidamente compactado tem boa estabilidade) (Connary Minerals, 1999).

4.3.7. Alternativos ao Caulino

O caulino, como tantas outras matérias-primas minerais, é indispensável na qualidade de vida do Homem, no entanto, muitos países, fundamentalmente os altamente industrializados e altamente deficitários em caulino, procuram substitui-lo por minerais alternativos. Países como a França e a Finlândia utilizam talco nacional como suplemento de caulino importado, enquanto a Itália e a Alemanha Ocidental têm vindo a optar pela utilização de carbonato de cálcio no que se refere ao fabrico de papel. Relativamente à cerâmica, e em particular à louça sanitária e de mesa, não se conhecem substitutos que possam ameaçar o caulino, todavia, já no fabrico de tijolos refractários, o caulino tende a ser substituído por silimanite, distena e andaluzite. Contudo, como estes minerais são mais caros, não representam, ainda, uma séria ameaça (Velho & Gomes, 1990).

Do conjunto de alternativos ao caulino existem, fundamentalmente, três que se encontram em franca competição entre si, são eles: o talco, o carbonato de cálcio natural e o carbonato de cálcio precipitado (Velho & Gomes, 1997). Se em relação ao talco, o mercado do caulino não parece encontrar um desafio de difícil abordagem, o mesmo já não acontece relativamente aos carbonatos de cálcio (natural e precipitado). As vantagens destes são variadas podendo, por isso, ser decisivas. A abundância de ocorrência, baixo preço, facilidade de se obter suspensões com teores elevados em sólidos e o elevado grau de brancura são algumas dessas vantagens.

Verifica-se então a nível mundial que (Velho & Gomes, 1997):
- Embora o caulino para a carga de papel esteja a sofrer uma forte erosão, no que se refere ao revestimento continua a ter a preferência dos principais papeleiros a nível mundial, devido às qualidades únicas das partículas de caulinite. Contudo, a crescente aplicação de carbonatos de cálcio para revestimento não deixa de ser uma forte ameaça;
- Os tradicionais países produtores de caulino a nível mundial começam a registar uma quebra de produção de caulino para o mercado do papel. No entanto, em países com um grau de desenvolvimento menor, em especial os que possuem reservas abundantes de caulino, este encontra-se numa posição privilegiada.
- As características do mercado do caulino apresentam assimetrias regionais bem salientes, isto é, existem países onde o caulino é maioritariamente consumido no sector do papel, enquanto noutros existe saliência para sectores de cerâmica e refractários.

A aposta na qualidade parece ser, assim, a estratégia mais adequada para a manutenção e conquista de mercados por parte dos produtores de caulino.

5. PATRIMÓNIO MINEIRO

5.1. Introdução

A paisagem natural é marcada pela acção do homem desde os tempos imemoriais. As grandes cavidades provocadas pela procura e exploração de recursos minerais, assim como, as elevações causadas pela acumulação de estéreis, são disso exemplo.
Em Portugal, ocorrem inúmeros vestígios de antigas explorações mineiras, muitas delas atribuídas aos romanos. Já existiriam explorações anteriores, mas o período romano corresponde ao de maior intensidade explorativa. Os Romanos foram, na sua época, verdadeiros mestres das artes mineiras e exploravam preferencialmente o cobre, o ouro, a prata, o estanho, o chumbo e o ferro. Aproveitando métodos e técnicas utilizadas previamente por outros povos, mas imprimindo-lhes notáveis inovações, terão conseguido o aproveitamento de substâncias cujo teor era cada vez mais baixo. Usavam diferentes métodos de exploração como explorações subterrâneas, a céu aberto (cortas) ou, ainda, simplesmente a lavagem de terras auríferas (ricas em ouro).
Entre nós, muitas das antigas escavações romanas estão identificadas por achados arqueológicos que evidenciam a sua origem e época de exploração, admitida sobretudo nos séculos I e II d.C.

No local em estudo existem vários trabalhos mineiros antigos relacionados com a exploração do ouro. A procura deste metal esventrou a paisagem e, embora o tempo a tenha suavizado, são bem visíveis as escombreiras e as escavações efectuadas pelo homem (como cortas, poços e galerias), muitas das quais entulhadas, vedadas e/ou escondidas pela vegetação. Embora ocorram vários trabalhos de prospecção relativamente recentes, os mais importantes quer em dimensão quer em número, são antigos trabalhos de provável origem romana.
Embora não havendo certezas absolutas quanto à origem das escavações por falta de provas concretas (ainda não foi encontrado qualquer vestígio digno de registo nos vários poços e galerias do local), acredita-se que as escavações antigas de Castromil estejam associadas à época romana.

Ao longo desta secção tentar-se-á, numa primeira parte, enquadrar no tempo os trabalhos mineiros que ocorrem na área estudada. Posteriormente, procurar-se-á dar uma perspectiva geral da mineração do ouro na época romana e efectuar uma abordagem sumária aos métodos e técnicas utilizadas por este povo na prospecção e exploração do ouro. Em virtude do nosso estudo incidir sobre uma zona onde a mineralização aurífera está essencialmente associada a veios e filões de quartzo e onde, aparentemente, os vestígios de trabalhos antigos estão relacionados com a exploração desses jazigos filonianos, daremos uma atenção especial aos métodos e técnicas utilizados pelos romanos na exploração dos jazigos primários.
Finalmente, faremos uma breve referência aos trabalhos mineiros mais recentes da região.

5.2. Considerações Gerais

A invasão da Península Ibérica pelos romanos teve início nos finais do século III a.C. (218 a.C.). O domínio romano do território que hoje é Portugal começou pela zona Sul, tendo-se efectivado a ocupação do Alentejo entre os anos 202 a.C. e 139 a.C (Alarcão, 1988). A ocupação a norte do rio Tejo não foi uma tarefa fácil para os romanos, dadas as guerras travadas com os Lusitanos, seus principais e aguerridos adversários. A Península Ibérica acabou por ser finalmente conquistada em 19 a.C., altura em que são dominados os territórios situados a noroeste (Alarcão, 1988; Alarcão *et al,* 1998). Foram, assim, necessários perto de 200 anos de rudes combates para que os romanos se assenhorassem totalmente da Península.

Escritos autênticos da época romana sobre assuntos mineiros são praticamente inexistentes (Allan, 1965), no entanto, pode salientar-se o historiador e naturalista *Plínio* (também designado de "*Plínio-o-Velho*") que, tido como um sábio Romano, viveu na época imperial romana entre os anos 23 e 79 d.C. Autor de uma vastíssima obra (designada de "*História Natural*") que nos proporciona informações sobre variados temas como geografia, agricultura, povoações e, sobretudo, sobre explorações mineiras relativas ao seu tempo (Vilas, 1992) faleceu, vítima da sua sede de conhecimento, durante a primeira erupção do Vesúvio, quando procurava observar melhor o processo vulcânico.

É também de realçar *Georgius Agricola* (1494-1555), autor da obra "*De Re Metallica*" datada de 1556, que fornece inúmeras informações relativamente às técnicas mineiras utilizadas na Idade Média. As descrições e ilustrações da sua obra poderão, em geral, esclarecer aspectos relativos aos métodos utilizados na época romana, em virtude dos conhecimentos científicos e tecnológicos pouco terem evoluído desde essa altura até à Idade Média (Domergue, 1989 *in* Ferraz, 2004).

A indústria mineira e as actividades com ela relacionadas exigem para seu normal funcionamento uma atmosfera de paz, tranquilidade e segurança. Na verdade, estas verificaram-se anteriormente, quando então vigorava o domínio Romano. A situação caótica que a Idade Média trouxe ao mundo Ocidental, não contribuía de maneira alguma para que as actividades mineiras se pudessem desenvolver satisfatoriamente (Nunes, 1983).

A exploração das diversas fontes de ouro requer reconhecimentos e técnicas adaptadas aos tipos de rochas e terrenos encontrados. A exploração subterrânea, por exemplo, levou ao desenvolvimento de técnicas mineiras diferentes das utilizadas na exploração efectuada a céu aberto.

Para Mateo (2004), os romanos apresentavam, para a época, grande desenvolvimento tecnológico a nível geológico, mineiro e metalúrgico. Muitos foram os jazigos auríferos investigados e/ou explorados por eles, mesmo com várias limitações como a ausência de maquinaria e explosivos necessários para vencer a dureza das rochas.

Achados de materiais romanos encontrados em trabalhos antigos, reabertos recentemente, mostram terem sido os romanos os últimos a interessarem-se activamente por essas minas. No entanto, existem locais onde os vestígios encontrados associados às escavações são nulos ou quase nulos, pelo que podem ser anteriores, contemporâneos ou posteriores à época romana.
O modo vagaroso como os romanos ocupavam a Península e a rapidez com que conseguiam intensificar a produção, sempre que firmavam o seu domínio, constituem indicações de terem encontrado uma importante indústria mineira indígena em laboração. A lavra romana, numa escala bem mais ambiciosa, veio dispersar os restos que ficaram da actividade que a antecedeu (Allan, 1965). As sucessivas explorações tendem a apagar os vestígios de quaisquer trabalhos antecedentes que possam ter existido.
Se considerarmos que os romanos não estariam propriamente interessados na arqueologia, facilmente se compreende que dificilmente será possível encontrar, na actualidade, provas das explorações pré-romanas, representadas por achados que sejam possíveis de datar.
Da mesma forma, muitos e valiosos restos comprovativos da actividade dos romanos foram dispersados e destruídos pelos trabalhos modernos. Saliente-se, contudo, que actualmente o valor dado ao património geológico e mineiro parece começar a revelar alguma importância.

No que respeita à área de estudo refira-se, antes de mais, que esta surge bastante transformada no que se refere ao *habitat* natural. Na sua maior parte está ocupada por cortas (Fot.2.8) e escombreiras (Fot.2.12) resultantes de explorações mineiras antigas. A área apresenta várias galerias de pesquisa e exploração (Fot.2.9, 2.10 e 2.14), poços e fojos (Fot.2.11 e Fot.2.9) que, embora em alguns locais possam constituir um potencial perigo para as pessoas desconhecedoras do local (especialmente para as crianças), muitos outros poderão ser visitados com relativa segurança quando efectuada na companhia de um guia.

A exploração no monte das Covas de Castromil poderá ter-se iniciado em épocas romanas ou anteriores sendo o minério separado, triturado e fundido, provavelmente junto ao Rio Sousa onde existem algumas escórias (resíduos da fundição do minério - Fot.2.15).
Allan (1965) considera a possibilidade da sua exploração ser anterior à ocupação romana. No entanto, na gíria popular diz-se que as escavações mineiras que abundam em Castromil estão relacionadas com os Mouros, mas a verdade é que nunca foram encontrados vestígios deste povo nesta área. Em Portugal é frequente atribuir-se aos Mouros qualquer trabalho antigo, no entanto, vestígios notáveis do interesse mourisco pela mineração são reduzidos ou mesmo nulos (Allan, 1965). De facto, sendo os mouros posteriores aos romanos na ocupação do nosso território, seria de esperar mais vestígios mineiros deste povo. Por outro lado, Luís & Sousa (2000) referem que os trabalhos mineiros efectuados a céu aberto e em subterrâneo neste local terão sido realizados pelos romanos.

A realidade é que a idade de origem destas explorações é ainda uma incógnita. Não são conhecidas estruturas ou vestígios complementares à mineração, nomeadamente alojamentos e/ou utensílios que a permitam datar com maior pormenor (Connary Minerals, 1997). Contudo, a possibilidade dos romanos terem explorado ou pesquisado o ouro neste local parece-nos ser bastante significativa (independentemente da descoberta do jazigo ser ou não anterior à sua ocupação), na medida em que:

- relativamente à prospecção mineira efectuada pelos romanos na Península, muito pouco daquilo que se poderia descobrir ou explorar, com os processos então usados, escapou à sua atenção (Allan, 1965);
- sobretudo no Norte de Portugal, existem numerosos e dispersos vestígios de antigas pesquisas e explorações auríferas tidas como romanas;
- relativamente próximo de Castromil, em Valongo, ocorrem explorações mineiras com vários vestígios romanos (Ferraz, 2004);
- o tipo de escavações que ocorre em Castromil está de acordo com as técnicas utilizadas pelos romanos;
- o interesse deste povo pelo ouro era grande.

5.3. Mineração Romana

5.3.1. Prospecção de Depósitos Minerais

Os romanos foram, na sua época, exímios prospectores, conhecedores dos processos de identificação de minerais e/ou minérios, assim como de determinadas associações de solos e rochas com o minério. Embora não se exclua a hipótese dos habitantes da Península Ibérica terem contribuído, em certa parte, com o seu saber prático para o reconhecimento da mineralização, os romanos sistematizaram, aperfeiçoaram e enriqueceram o conhecimento mineiro existente até à altura (Nunes, 1983).

Os métodos de prospecção mais simples eram, sem dúvida, os baseados na observação directa, onde, por exemplo, o brilho do ouro nos aluviões dos cursos de água não deixava de ser um processo válido. Numa região inexplorada, acidentada ou densamente florestada, os cursos de água proporcionam maior facilidade de progressão no terreno. Além disso, o ouro é um metal denso, pelo que os cursos de água funcionam como locais adequados para sua concentração e, assim, locais preferenciais para a sua procura.

Depois de encontrarem evidências de ouro nos cursos de água, os prospectores deveriam investigar a sua proveniência subindo esses cursos de água. O ouro dos *placers* e dos aluviões

resulta da alteração e erosão dos jazigos primários, transportado posteriormente pelos cursos de água e depositado quando a corrente perde energia.

Assim, quando o ouro se encontrava à superfície, ao longo dos cursos de água, em placers ou em depósitos aluvionares antigos fracamente consolidados, procedia-se à sua separação e concentração através da lavagem com a bateia (Fig.2.9) (Herail & Garcia, 1989 *in* Ferraz, 2004). Na bateia, os materiais são agitados com um pouco de água em movimentos centrífugos. Este movimento faz com que os materiais se agrupem de acordo com a sua densidade, ficando as palhetas e as pepitas de ouro (mais densas) no fundo, enquanto que os outros grãos (menos densos) são eliminados. Estes métodos são, ainda, actualmente utilizados por pesquisadores e garimpeiros que utilizem métodos artesanais (Ferraz, 2004).



FIGURA 2.9 -Lavagem do ouro utilizando a bateia (adaptado de Agrícola, 1556 *in* Ferraz, 2004).

Por outro lado, o aparecimento de ouro em filões aflorantes indiciaria também a existência em profundidade da mineralização, porventura ainda mais vantajosa. Assim, haveria necessidade de se proceder à abertura de sanjas, poços e galerias para o seu reconhecimento e confirmação em profundidade. Segundo Domergue (1990) *in* Ferraz (2004), a existência de mineralização aurífera num determinado local e a identificação do contexto geológico em que essa mineralização ocorreria, conduziria a uma pesquisa minuciosa de indícios semelhantes nas proximidades desse afloramento ou nessa região. A ocorrência de poços isolados num determinado local é um testemunho do reconhecimento em profundidade dos indícios auríferos.

A avaliação da mineralização em jazigos aluvionares de grande espessura ou cobertos por uma camada de estéreis seria também efectuada com a abertura de poços e galerias.

De um modo geral podemos considerar dois tipos de jazigos de ouro: *os secundários*, de natureza sedimentar como os *placers* e os aluviões fluviais; e *os primários*, caracterizados por uma maior variedade, apresentam-se frequentemente, no nosso país, sob a forma de filões curtos, pouco possantes e mineralização irregular. Filões superiores a 1000 metros e alguma regularidade são

pouco frequentes em Portugal. No Norte do País predominam os jazigos auríferos primários (geralmente situados em áreas de relevo acentuado) e no Centro, os jazigos secundários. A Sul do Tejo não se conhecem ocorrências auríferas que tenham merecido especial atenção para uma eventual exploração (Carvalho, 1979).

A exploração dos jazigos secundários, especialmente os *placers*, deveria ter sido efectuada em primeiro lugar, provavelmente realizada à bateia junto dos cursos de água onde se encontravam, pois a sua exploração não implicava grandes esforços e técnicas avançadas. Só posteriormente seriam exploradas as mineralizações que requeriam escavações subterrâneas, assim como os jazigos primários a céu aberto, pois implicavam maiores conhecimentos mineiros e perigos acrescidos.

5.3.2. Exploração de Jazigos Secundários

Relativamente às técnicas e aos métodos utilizados pelos romanos na exploração de jazigos minerais (tanto secundários como primários), verifica-se que estes estão directamente relacionados com o tipo de rocha e com as características dos jazigos.

Uma das técnicas mais interessantes, utilizada na exploração de jazigos secundários, é a técnica da "*Ruína Montium*". Esta técnica, descrita por Plínio na sua História Natural, consistia no derrube de grandes massas de solo aluvionar através da preparação de uma rede de poços e galerias que minavam toda a área a abater (Fig.2.10).

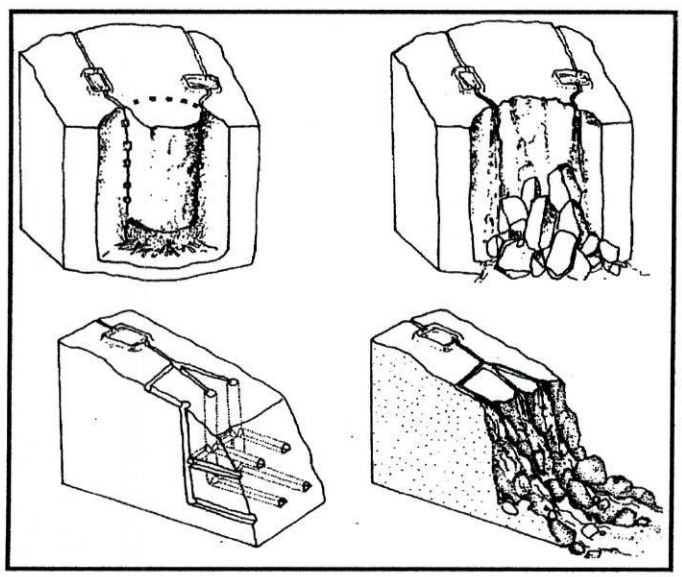


FIGURA 2.10 – Esquemas representativos de escavações tipo "*ruína montium*" (retirado de Palencia *in* Vilas, 1992).

A abertura dos primeiros poços e galerias permitia recolher amostras que, por lavagem à bateia, forneciam o teor e a distribuição da mineralização. Posteriormente à abertura dos poços e

galerias, a madeira utilizada na entivação seria cortada ou fragilizada e a água, previamente armazenada em depósitos a uma cota mais elevada relativamente ao jazigo, era encaminhada para a rede de poços e galerias, onde entrava com enorme pressão (Fig.2.10). Segundo Gutiérrez-Marco (1997) *in* Ferraz (2004) a água funcionaria como agente erosivo que arrancava e arrastava o sedimento, mas também actuaria como um explosivo ao comprimir o ar nos extremos fechados das galerias. O terreno, fortemente subescavado, desabava e abatia-se sobre si próprio, levando à sua fragmentação.

Esta técnica seria utilizada essencialmente em jazigos aluvionares de grande espessura e pouco consolidados, não sendo aplicável em rochas muito duras.
Em Castromil, a utilização desta técnica poderia ser uma opção para os locais onde a mineralização ocorre junto do granito caulinizado, contudo, a inexistência de depósitos e condutas de água próximas do jazigo tornam esta hipótese pouco provável.

Após o desmonte dos aluviões, a força hidráulica era igualmente necessária para o transporte dos materiais e para a separação do ouro, pois a água arrastava os materiais aluviais até aos canais de lavagem. Numa primeira fase deveria fazer-se a triagem dos estéreis, onde os de maiores dimensões seriam eliminados antes de penetrarem nos canais de lavagem, dando origem a escombreiras de pedras próximo destes locais. Numa segunda fase, os restantes materiais transportados pela água até aos canais de lavagem (onde o ouro juntamente com outros materiais densos se depositava) eram lavados, permitindo a concentração e recuperação do ouro neles contido. Os estéreis mais finos e menos densos eram levados pelos canais de evacuação até aos cones de dejecção de estéreis.
Depois da extracção do minério e concentração do ouro procedia-se à sua beneficiação. Como os processos de concentração e purificação do ouro são semelhantes, quer para a exploração de jazigos aluvionares quer para a exploração de jazigos primários, sobre eles nos debruçaremos posteriormente.

Verifica-se então que, independentemente da forma da escavação ou da técnica utilizada nos métodos de exploração dos jazigos aluvionares mais ou menos consolidados, a força hidráulica da água era, sem dúvida, de extrema importância. A água era utilizada nas diferentes fases do trabalho: numa primeira fase para erodir e escavar os depósitos e, posteriormente, para o transporte dos materiais, separação gravítica do ouro e sua lavagem. Por conseguinte, assume especial relevo a construção de uma rede hidráulica nas escavações mineiras romanas, de forma a conseguir o fornecimento de água necessária à exploração (Vilas, 1992).
Canais e depósitos de água podem ocorrer também nas proximidades de jazigos primários, onde as águas neles retidas seriam destinadas apenas à lavagem e separação hidrogravitica do ouro contido no minério extraído e reduzido a pequenas dimensões em moinhos e almofarizes de pedra

(Fig.2.16). Em Castromil ocorrem escombreiras que parecem evidenciar aspectos de diferenciação hidrogravítica (Fot.2.12C) (Lima *et al*, 2005a e 2005b).

Os jazigos secundários poderiam ser também explorados por processos semelhantes aos efectuados em jazigos primários, através de poços e galerias. Quando o ouro ocorria em camadas aluvionares particularmente ricas (cobertas por massas relativamente espessas de aluviões estéreis ou menos ricos), o tipo de exploração seria idêntico ao efectuado nos jazigos filonianos, que serão abordados a seguir.

5.3.3. Exploração de Jazigos Primários

A exploração de mineralizações auríferas em jazigos primários, geralmente de natureza filoniana, implicava a utilização de técnicas de desmonte adaptadas à existência de diferentes tipos de rocha encaixante e às características da mineralização. Poderiam ser efectuadas a céu aberto, mediante o desmonte de amplas escavações às quais se dá o nome de cortas (Fot.2.8), ou em subterrâneo através da abertura de poços e galerias (Fot.2.11 e 2.9).
A exploração dos filões quase verticais daria origem a profundos fojos ou cortas, que chegam até aos nossos dias praticamente sem serem arruinados devido à dureza da rocha encaixante. Do mesmo modo, locais com vários filões de dimensão reduzida e próximos uns dos outros (Fot.2.4) seriam, preferencialmente, explorados a céu aberto, através de cortas, como acontece em Castromil.



FOTOGRAFIA 2.8 - Cortas de provável origem romana existentes no local em estudo. A – Vista lateral; B – Vista de frente de uma das cortas (retirada de URL1).

No local em estudo ocorrem várias cortas, mais ou menos em forma de bacia, que a população designa frequentemente por covas. Daí o nome "*Covas de Castromil*" atribuído ao local.
A existência de sucessivas cortas umas ao lado das outras (Fot.2.8A), em vez de um desmonte único, poderá estar relacionado com a criação de um maior número de frentes de trabalho, assim

como, com uma economia de esforço humano no transporte do minério. Devido à forma que as cortas apresentam, os materiais retirados da rocha facilmente rolariam, por acção da gravidade, para o centro das respectivas cortas.

Mas nem sempre seria vantajoso efectuar a exploração a céu aberto, pelo que haveria a necessidade de abrir galerias e poços na rocha de forma a "seguir" o filão, procedendo-se desta forma ao seu desmonte subterrâneo. A partir dos indícios observados à superfície, os mineiros seguiriam o filão mineralizado em profundidade. As galerias seriam abertas para seguir o filão, mas também para a drenagem da água e/ou extracção do minério (Carvalho, 1981 *in* Couto & Dias, 1998).

As explorações subterrâneas davam origem a uma rede de galerias e poços que poderiam comunicar entre si. A fig.2.11B ilustra um esquema hipotético de um trabalho mineiro romano, onde os poços dão acesso a galerias, podendo existir vários níveis de galerias a comunicar entre si. Nesta figura observa-se, ainda, uma galeria de acesso aberta em flanco de encosta, que permitiria uma circulação mais fácil e rápida dos trabalhadores e/ou do minério explorado, entre o interior e o exterior da mina. Algumas galerias abertas em flanco de encosta poderiam servir, também, para drenar a água do interior da mina (Fig.2.11A) (Wahl, 1998).

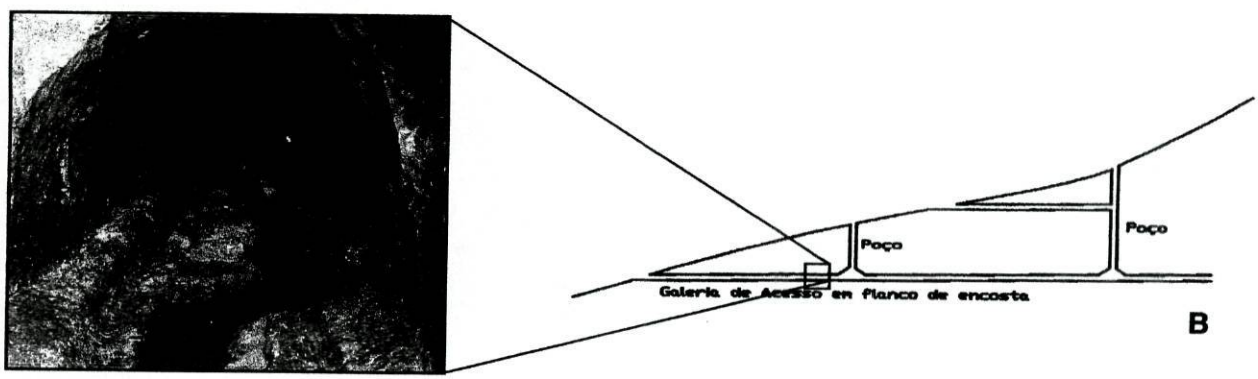
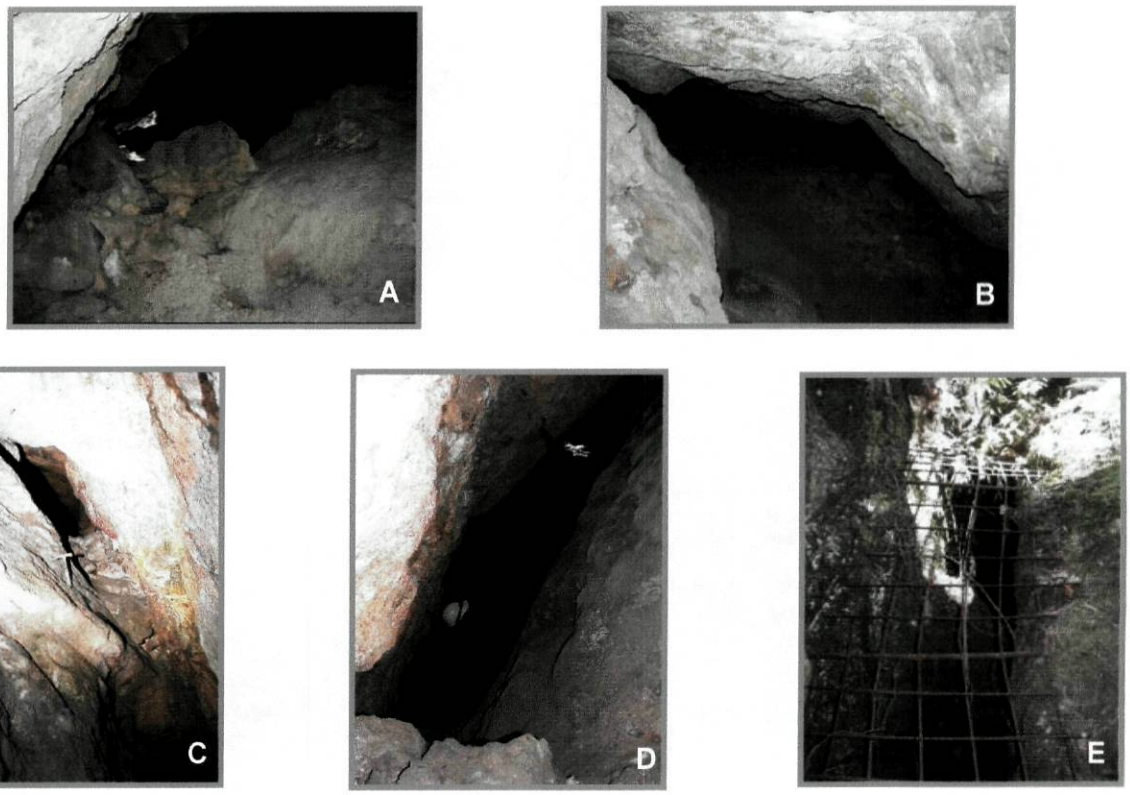


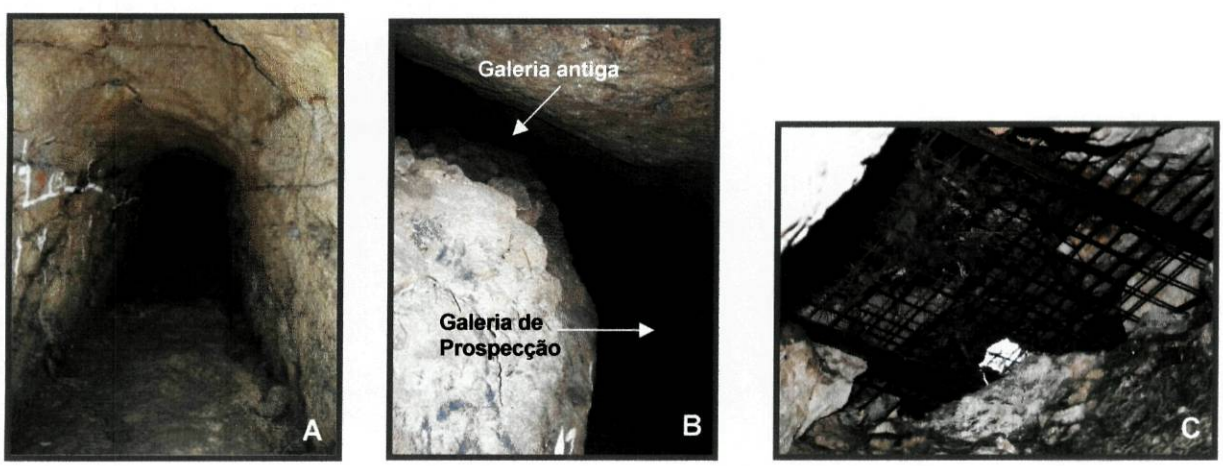
FIGURA 2.11 – A) Galeria de transporte e escoamento (retirado de Wahl, 1998); B) Esquema hipotético de galerias e poços que comunicavam entre si (retirado de Ferraz, 2004).

Algumas passagens e galerias romanas são tão estreitas ou baixas que só rastejando se entrava nelas (Carvalho & Ferreira, 1954). Um homem de altura mediana actual teria dificuldade em se movimentar no seu interior, pelo que alguns autores chegam mesmo a considerar a hipótese da utilização de crianças no trabalho das minas (Ferraz, 2004). Escavações estreitas e alongadas são frequentes no local estudado, sendo inúmeros os casos de galerias com reduzidas dimensões (Fot.2.9 e 2.10B).



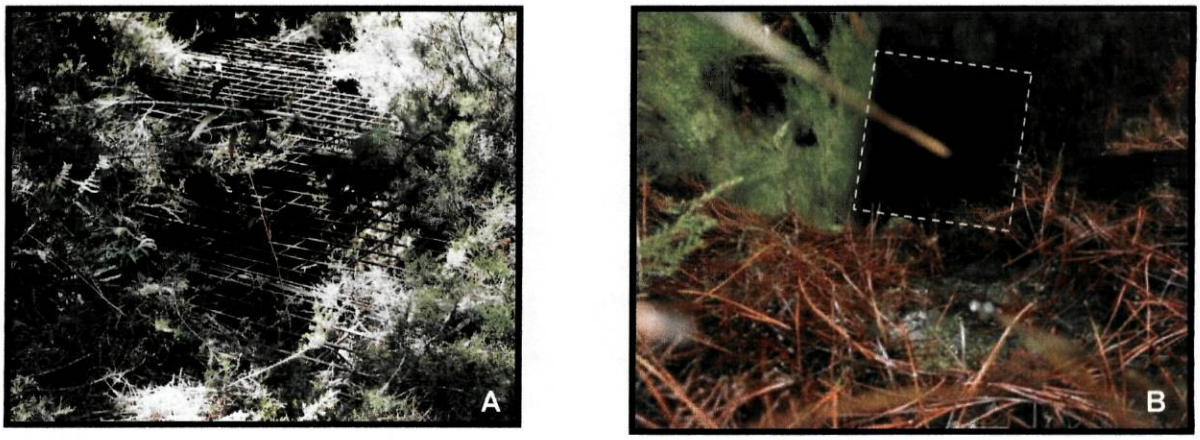
FOTOGRAFIA 2.9 - Exemplos de galerias (A,B C e D) e fojo vedado (E), existentes no local em estudo (fotos gentilmente cedidas pelo Dr. Alexandre Lima).

Galerias irregulares de dimensão variável (por vezes vedadas ou tapadas por razões de segurança – Fot.2.9E e 2.10C) indicam uma escavação segundo o alinhamento e a inclinação do filão, onde a caixa filoniana terá sido inteiramente esvaziada. Algumas destas estruturas apresentam uma dimensão reduzida sendo, muitas vezes, interceptadas por galerias de prospecção relativamente recentes (Fot.2.10B e C).



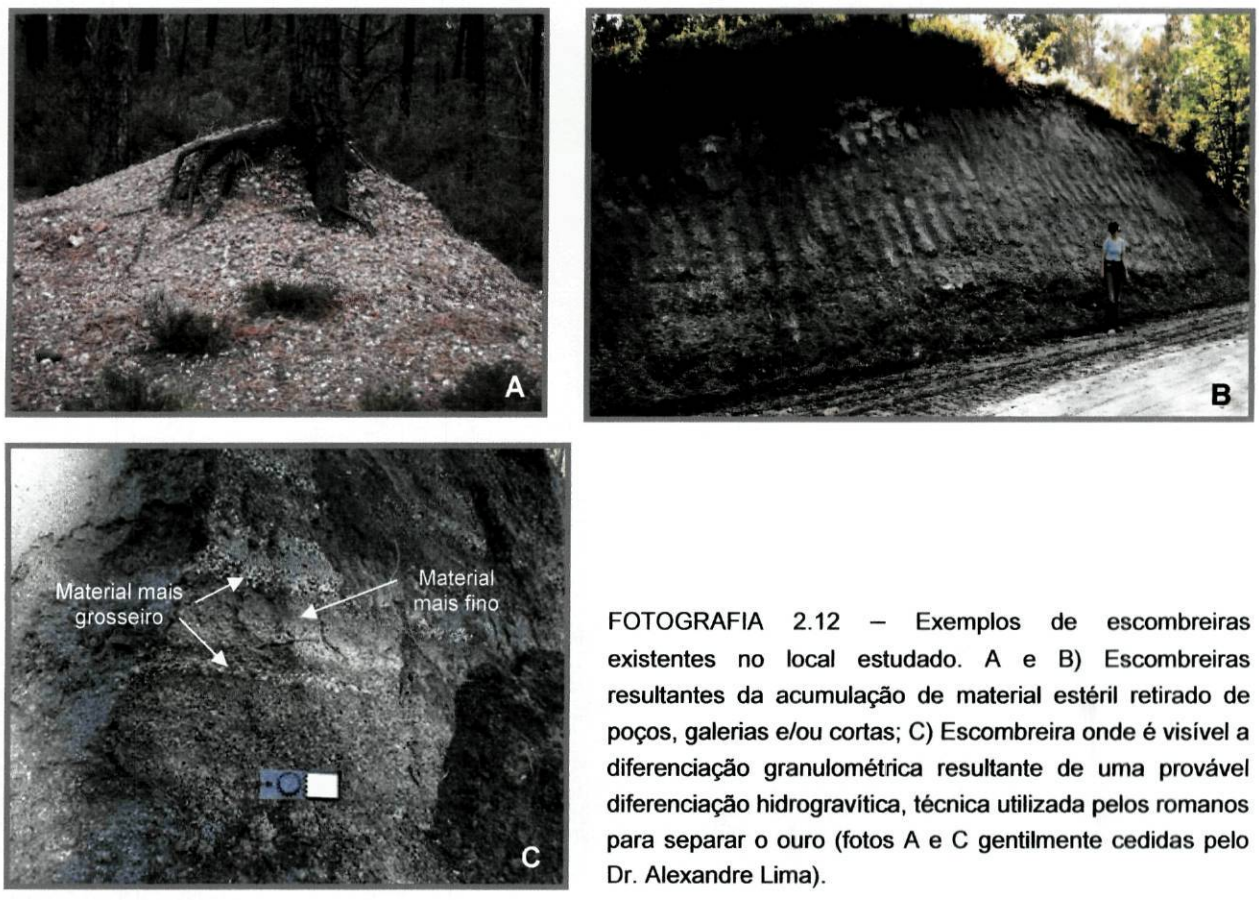
FOTOGRAFIA 2.10 – A) Galeria de prospecção relativamente recente; B e C) Galerias mais antigas interceptadas por galerias mais recentes (fotos A e B gentilmente cedidas pelo Dr. Alexandre Lima). Em C a galeria antiga encontra-se vedada e por cima de uma galeria de prospecção (foto tirada a partir do interior da galeria de prospecção).

São também frequentes poços de secção irregular, destacando-se, no entanto, um pela secção quadrada e profundidade significativa que apresenta (Fot.2.11). Este, encontra-se vedado por razões de segurança e o fundo está coberto de entulho, pelo que não é possível verificar se o poço daria acesso a galerias.



FOTOGRAFIA 2.11 – A) Poço vedado por razões de segurança; B) Pormenor da secção do poço representado em A (foto gentilmente cedida pelo Dr. Alexandre Lima).

No local surgem, ainda, várias escombreiras de dimensões relativamente pequenas (Fot.2.12), resultantes da acumulação de material estéril retirado das escavações antigas (galerias, poços e/ou cortas).



FOTOGRAFIA 2.12 – Exemplos de escombreiras existentes no local estudado. A e B) Escombreiras resultantes da acumulação de material estéril retirado de poços, galerias e/ou cortas; C) Escombreira onde é visível a diferenciação granulométrica resultante de uma provável diferenciação hidrogravítica, técnica utilizada pelos romanos para separar o ouro (fotos A e C gentilmente cedidas pelo Dr. Alexandre Lima).

A abertura de poços pelos romanos poderia ser uma forma de prospecção de zonas mineralizadas em profundidade mas também uma forma de permitir a circulação do ar nas galerias e o acesso dos trabalhadores ao interior das minas (Fig.2.12). Além disso, permitiriam que a abertura da própria galeria fosse mais rápida com a possibilidade de a escavar em duas frentes de trabalho a partir de cada um dos poços.



A



B

FIGURA 2.12 – A) Várias técnicas utilizadas pelos mineiros para descer às minas (1- mineiro a descer um poço através de escadas de madeira; 2- mineiro suspenso numa corda cuja extremidade está presa a um sarilho; 3- descida num poço inclinado onde o mineiro, numa posição sentada, usa uma corda para se agarrar; 4- descida através de uma galeria inclinada com degraus escavados na rocha, o acesso ao interior da mina através de uma galeria com degraus talhados na rocha facilitaria a subida e a descida dos trabalhadores). B) Abertura de uma galeria que irá interceptar vários poços, o que facilitaria a circulação do ar. Retirada de Agrícola (1556) *in* Ferraz (2004).

Carvalho & Ferreira (1954) referem que, embora nem sempre sendo adoptados, a existência de dois poços próximos um do outro, abertos a partir do tecto (poços gémeos) eram característicos das explorações romanas. Estes poços permitiriam a drenagem de água à medida que o trabalho avançava, aprofundando ora um ora outro de forma a escoar a água alternadamente para o poço entretanto rebaixado através de uma abertura. No entanto, e segundo os mesmos autores, estes poços poderiam ter funcionado também para reconhecimento do jazigo numa fase inicial e depois para a extracção do minério. No local estudado não foram detectados poços gémeos.

Para Mateo (2004), os poços gémeos eram importantes na iluminação interior pois punham as galerias em contacto com o exterior. Para Domergue (1970) *in* Ferraz (2004) a existência destes poços gémeos explica-se através da renovação do ar viciado nas profundezas da mina pois comunicariam um com o outro em profundidade. Haveria assim o estabelecimento de uma corrente de ar, que seria ainda mais eficaz se fosse acendido um fogo ao pé da base de um dos poços.

5.3.4. Equipamentos e Técnicas Utilizadas

A abertura de cortas, galerias e poços, quer em afloramentos rochosos primários quer em antigos aluviões consolidados, teria implicado um esforço considerável e seria um trabalho demorado pois, na época em que foram realizados, não existiam as tecnologias e os materiais modernos como os explosivos, as maquinas e as ferramentas actuais (Allan, 1965).

As ferramentas utilizadas pelos romanos eram várias, como por exemplo maços, marretas, martelos, martelos-pico, cunhas, picos, picaretas e enxadas (Carvalho & Ferreira, 1954). Na Fig.2.13 estão representados alguns desses materiais utilizados pelos mineiros na Idade Média que não seriam muito diferentes dos utilizados pelos romanos nas suas explorações. Os romanos utilizariam também cunhas de madeiras que depois de introduzidas nas fissuras das rochas eram molhadas. O aumento de volume destas cunhas contribuía para o alargamento das fissuras o que facilitava, posteriormente, o trabalho utilizando outras ferramentas (Ferraz, 2004).

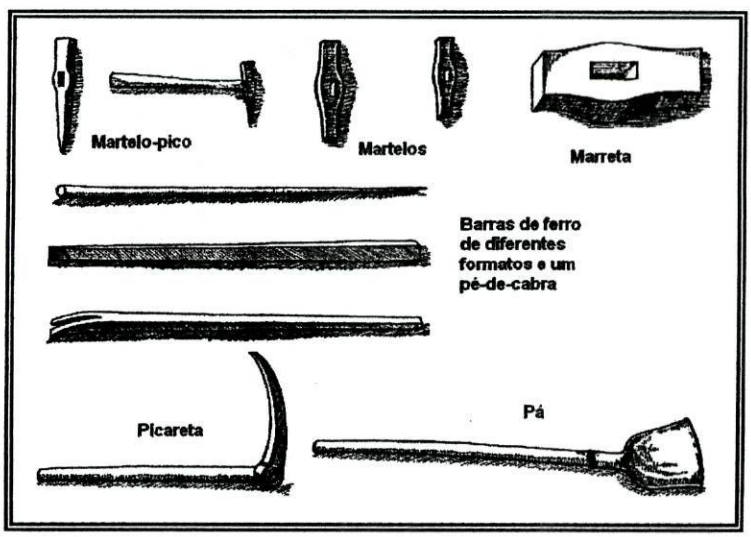


FIGURA 2.13 – Ferramentas utilizadas pelos mineiros na Idade Média (adaptado de Agrícola, 1556 *in* Ferraz, 2004).

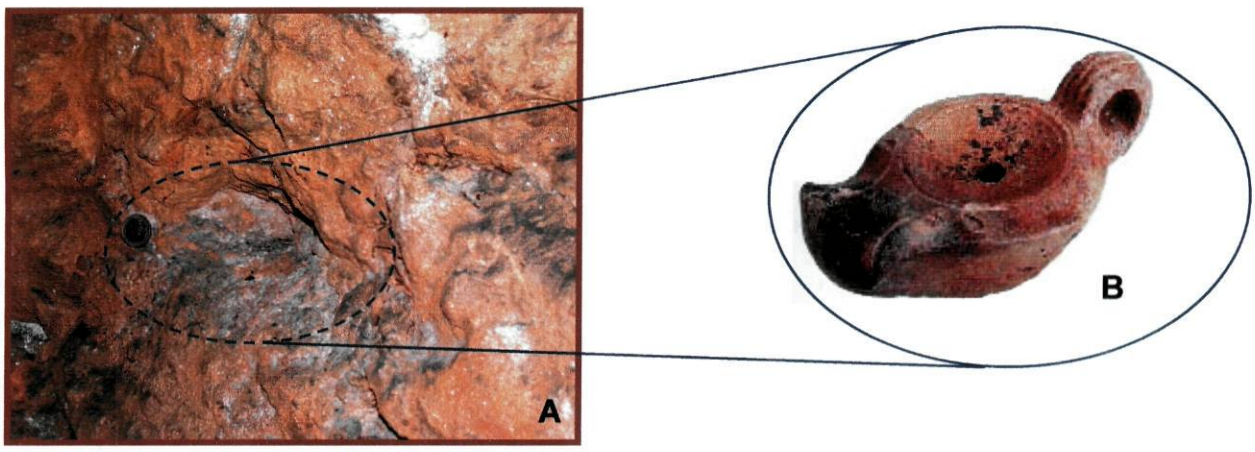
A utilização do fogo para fracturar e fissurar as rochas foi também um processo utilizado pelos romanos. Para o efeito, formavam amontoados de madeira junto à parede rochosa que, depois de acesos, faziam com que a rocha sofresse um aquecimento (Fig.2.14). Em seguida, a rocha era rapidamente arrefecida com água. Deste modo, à dilatação sofrida pela rocha (devido ao aquecimento) seguia-se uma contracção brusca da mesma (devido ao arrefecimento), o que originava a formação de fissuras (Nunes, 1983). O inconveniente deste método era o fumo produzido, implicando problemas de ventilação, quando em subterrâneo (Wahl, 1998).



FIGURA 2.14 – Utilização do fogo no desmonte da rocha (retirado de Agrícola, 1556 *in* Berg, 2004). As setas indicam os amontoados de madeira colocados junto às rochas utilizados para atear o fogo.

A exploração subterrânea de um jazigo implica a abertura de poços e galerias o que acarreta mais problemas, dificuldades e perigos para os mineiros do que as explorações a céu aberto. As dificuldades envolvidas na abertura de poços e galerias relacionam-se, entre outras, com a iluminação, a ventilação, o escoamento da água ao atingir o nível freático e a estabilidade das escavações efectuadas.

Relativamente à iluminação nas minas, esta seria feita por diferentes meios, desde archotes de madeira resinosa até elegantes lucernas de barro e bronze (Fot.2.13B) (Carvalho & Ferreira, 1954; Nunes, 1983). Para Domergue, 1990 *in* Ferraz, 2004 a iluminação deveria ser realizada preferencialmente com lucernas (objectos semelhante às candeias, que possuíam uma mecha para queimar azeite), pois as tochas produziriam muito fumo. As lucernas eram colocadas em pequenas cavidades escavadas nas paredes laterais das galerias (Fot.2.13A), permitindo aos mineiros iluminar o seu trabalho e controlar o tempo de permanência no interior da mina (Mateo, 2004). Alguns dos trabalhos mineiros de Castromil, apresentam essas cavidades.



FOTOGRAFIA 2.13 – A) Pequena cavidade escavada na parede lateral de uma galeria do local estudado, onde eram colocadas as lucernas (foto gentilmente cedida pelo Dr. Alexandre Lima); B) Exemplo de uma lucerna utilizada pelos romanos na iluminação das minas (retirado de Rodrigues, 2005).

A ventilação dos trabalhos mineiros subterrâneos era outro aspecto a ter em conta. Os fumos provocados pelo fogo para enfraquecer as rochas juntamente com os que eram produzidos pelo

sistema de iluminação e as poeiras produzidas pelo desmonte da rocha deveriam tornar o ar pouco respirável. Na Fig.2.14 observa-se, para além da utilização do fogo no desmonte da rocha, um mineiro que no interior da galeria sofre os efeitos do fumo, enquanto que à superfície (no canto superior esquerdo da figura), a saída de fumo por um poço contribuía para a ventilação do interior da mina.

Tal como foi já referido, os poços seriam abertos não só para permitir a extracção do minério e o acesso de trabalhadores ou ferramentas ao local de trabalho, mas também para assegurar a ventilação do interior da mina. Embora a abertura de diferentes galerias e poços com comunicação entre si facilitasse a circulação de correntes de ar, noutros locais da mina e nas frentes de desmonte esta ventilação não deveria ser suficiente, o que dificultaria não só o trabalho como poderia mesmo levar à morte por asfixiamento. Os mineiros abanavam, muitas vezes, panos molhados para criar correntes de ar e ao mesmo tempo fixar as poeiras. No entanto, outros métodos existiriam como, por exemplo, a utilização de ventoinhas e foles accionados por homens ou animais (Ferraz, 2004).

A drenagem da água que se infiltrava através de fendas nas rochas era outro problema a ser solucionado pelos mineiros que era agravado quando a exploração atingia o nível freático, podendo mesmo determinar a viabilidade da mina.

Para a drenagem da água, o processo mais eficiente seria a abertura de uma galeria de esgoto (Fig.2.11). No entanto, quando a sua abertura não era possível ou a água surgia em pouca quantidade utilizavam, tal como foi já referido, os poços gémeos onde alternadamente esgotavam a água para um dos poços, à medida que a exploração avançava. Para retirar a água dos poços, os romanos utilizariam recipientes como cestos de esparto impermeabilizados e baldes de madeira ou bronze (Fig.2.15A) que seriam, na maioria das vezes, puxados para a superfície com o auxílio de um sarilho (Fig.2.15). Alguns destes recipientes poderiam ser também utilizados no transporte do minério.

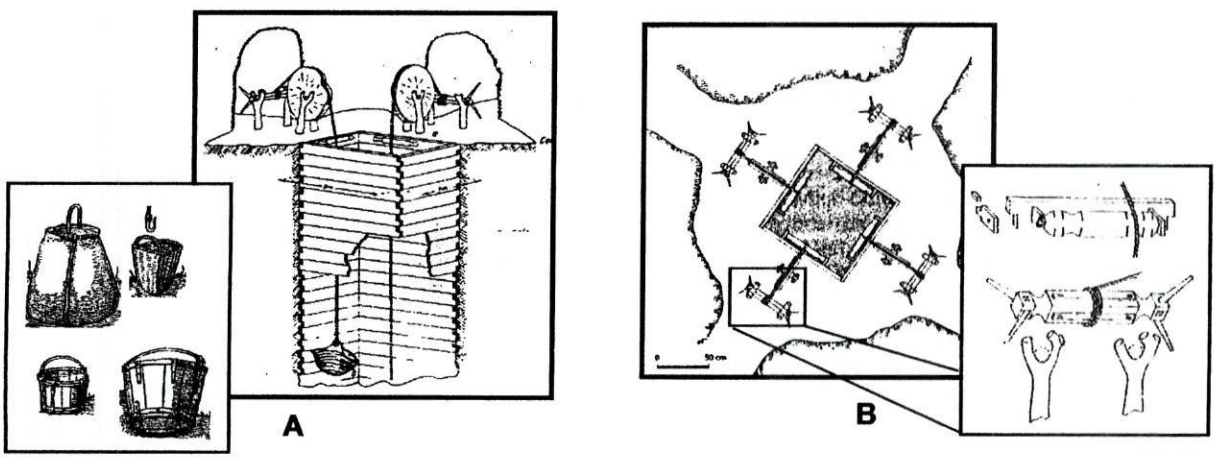


FIGURA 2.15 – Poço quadrado de quatro sarilhos. Em A, para além do poço podemos observar as roldanas associadas a cada sarilho e alguns dos recipientes utilizados para a extracção da água e/ou minério; em B é visível a distribuição dos sarilhos em redor do poço (em planta) e o sarilho em pormenor (adaptado de Alarcão, 1988).

A abertura de poços quadrados facilitaria a colocação de quatro sarilhos em redor do poço (Fig.2.15B), tendo cada um deles uma roldana de madeira (Fig.2.15A) concebida para que cada cabo corresse livremente dentro do poço (Allan, 1965). Isto permitia uma maior rapidez na extracção da água e/ou minério do interior do mesmo. Poços de secção irregular e circular foram também adoptados pelos romanos.

Nas minas da Península Ibérica foram encontrados ainda outros mecanismos para a drenagem da água como, por exemplo, os "parafusos de Arquimedes" e as noras com alcatruzes de cobre (Carvalho & Ferreira, 1954; Gaspar, 1998). Agrícola (1556) *in* Ferraz (2004) menciona diversos mecanismos para a elevação de água accionados por homens e animais, dos quais se salienta as noras e as bombas de água.

Quanto à estabilidade das escavações, as galerias e poços eram umas vezes entivados com grandes quantidades de madeira (Fot.2.14), outras vezes, passavam sem entivação (Carvalho & Ferreira, 1954). A entivação, ou não, do poço ou galeria dependeria da consistência da rocha. No caso da técnica de "*ruína montium*", onde a rocha não seria fortemente consolidada, a madeira de entivação que suportava os terrenos a tecto, seria cortada ou fragilizada antes de se proceder ao seu desabamento com a força gravítica da água.



FOTOGRAFIA 2.14 – Aspectos de entivação de galerias e poços de prospecção dos anos 40 do século passado, existentes no local estudado (fotos gentilmente cedidas pelo Dr. Alexandre Lima).

5.3.5. Tratamento do Minério

Na maioria dos casos, a obtenção do ouro em forma pura só é possível após submeter o minério a um conjunto de processos. Na época romana o minério, regra geral, era submetido a vários processos de tratamento, entre os quais, a preparação mecânica, a concentração por lavagem e mesmo a fusão até à obtenção de um lingote do metal. No entanto, estes processos podiam diferir de acordo com o tipo de exploração.

Nas explorações primárias, onde o ouro surge como refere Plínio *in* Allan (1965) "*agarrado ao corpo da pedra*", após o desmonte seguia-se uma primeira triagem e preparação do minério ainda no interior da mina (Halleux, 1989 *in* Ferraz, 2004). Existiria, assim, uma redução do tamanho dos fragmentos dentro da própria mina, onde o minério sofreria uma primeira triagem.

Posteriormente, e já no exterior da exploração, os fragmentos mineralizados eram triturados e moídos com a ajuda de moinhos e almofarizes (geralmente blocos de granito, quartzito ou outras rochas duras) (Fig.2.16).



FIGURA 2.16 – A) Moinho de quatro pilares para a trituração de minérios e escórias (a base do moinho podia ser utilizada nos quatro lados maiores) (retirado de Wahl, 1998); B) Almofariz em granito utilizado na trituração de minério (retirado de Ferraz, 2004).

O minério triturado e moído, muitas vezes reduzido a pó, era então submetido a um processo de separação hidrogravítica que poderia ser repetida várias vezes de forma a concentrar o ouro (Wahl, 1998). Para o efeito utilizavam uma rampa de lavagem ou de concentração, que consistia numa superfície rugosa e inclinada, no topo da qual se procedia à alimentação de água e de minério moído. O ouro ficava aí concentrado devido à sua densidade (ainda que misturado com outros materiais igualmente densos), enquanto que os estéreis menos densos eram levados pela água.

Segundo Conophagos (1989) *in* Ferraz (2004), existiriam diferentes dispositivos de lavagem. Alguns poderiam ser semelhantes a uma calha de madeira longa e estreita com sulcos ou obstáculos horizontais artificiais (Fig.2.17A), que seriam provavelmente destinados ao tratamento de minério de granulometria mais grosseira utilizando uma corrente de água geralmente mais forte. Este tipo de dispositivo seria preferencialmente utilizado nas explorações de jazigos secundários.

Segundo Plínio, o fundo desta calha rectangular de madeira estaria coberta por urze (*ulex*), um arbusto semelhante ao alecrim mas mais áspero e próprio para reter as palhetas de ouro Domergue (1990) *in* Ferraz (2004). Estas plantas, regularmente substituídas, seriam posteriormente queimadas e as suas cinzas recuperadas de modo a não desperdiçar o ouro de granulometria extremamente fina que a elas tivesse aderido. Quer as cinzas, quer o concentrado

recolhido na lavagem experimentariam ainda uma beneficiação, sendo para isso lavados na bateia de forma a obter o ouro ainda mais concentrado.

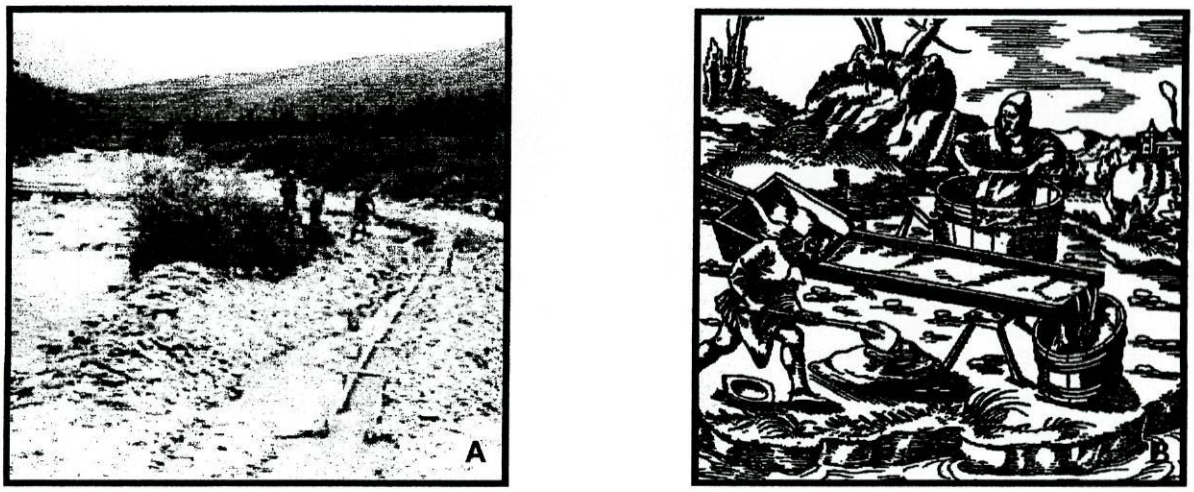


FIGURA.2.17 – A) Caleira utilizada nas explorações de ouro do Alaska, no início do séc.XX; B) Mesa de lavagem coberta por um tecido ou pele (retiradas de Ferraz, 2004).

Outros dispositivos de lavagem do minério poderiam ser semelhantes a uma rampa ou uma mesa, mais larga e curta. Provavelmente seriam utilizadas na concentração do minério previamente submetido a moagem fina, onde a água escorria através delas como um filme contínuo de pequena espessura (Fig.2.17B). Estas mesas de lavagem seriam cobertas com um tecido ou pele para que o ouro ficasse aí agarrado. Este tecido ou pele era de tempos a tempos lavado para que o ouro fosse, assim, retirado e concentrado. O concentrado obtido na lavagem do minério seria de seguida submetido a uma lavagem à bateia.

Por fim, o ouro obtido, tão concentrado quanto possível com a ajuda da água, era sujeito a um tratamento térmico (ustulação) que correspondia a uma transformação pirometalúrgica (processos de temperatura elevada: fundição com chumbo, copelação e cementação) (Wahl, 1998). O ouro seria então fundido e refinado (purificado) em cadinhos de argila branca para eliminar ou diminuir os elementos estranhos, como por exemplo, a prata que normalmente se encontra associado ao ouro (Fig.2.18). O objectivo final seria a obtenção de um lingote de ouro.
Segundo Allan (1965), o minério depois de moído, lavado e submetido à acção do fogo, era novamente moído em fino pó e fundido, ou seja, as escórias da primeira fusão eram moídas e, de novo fundidas (Fig.2.18). Teores elevados nas escórias são sinais de tecnologias imperfeitas ou limites tecnológicos que não puderam ser ultrapassados na época de uma determinada fundição. A clareza deste facto levou ao reaproveitamento ou reciclagem de escórias noutras fundições posteriores (Custódio, 1993).

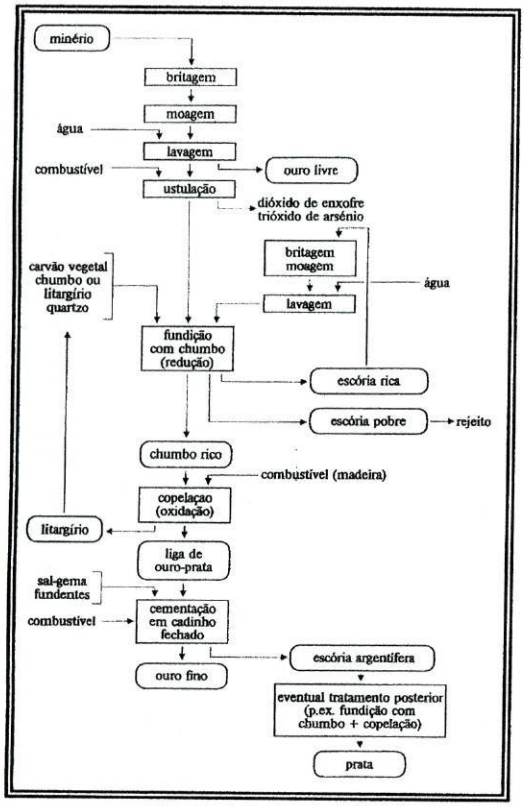


FIGURA 2.18 – Tratamento e transformação metalúrgica de Au/Ag-sulfuretos em três minas e Campo de Jales. Adaptado de Bachmann (1993) *in* Wahl (1998).

No mundo antigo técnicas simples foram usadas na metalurgia extractiva, a prata e o ouro eram refinados por copelação e cementação com sal. Periplus Rubri Maris (181-146 a.C.) *in* Nunes (1983) descreve, entre outros aspectos, que o ouro, depois de concentrado em caixas submetidas a contínua agitação e com constante passagem por água, era sujeito a uma fusão com sal, um pouco de chumbo e um grão de cevada! O facto de se encontrarem frequentemente barras de chumbo (cuja proveniência não era local) associadas com velhas escórias, parece apoiar as descrições de Plínio para a existência de um método, perfeitamente viável, para tratar minérios constituídos por sulfuretos auríferos (Allan, 1965). Também Carvalho (1979) refere que já na época romana os sulfuretos não constituíam obstáculos ao tratamento do ouro. No entanto, a separação gravítica do mineral metálico e o subsequente processo de refinação raramente eram completados com elevada eficiência (Halleux, 1989 *in* Ferraz 2004).

Segundo descrições de Plínio, os romanos conheciam, provavelmente, os efeitos da amalgamação com mercúrio e praticavam-na. O mercúrio fixa o ouro, sendo este depois recuperado pela destilação do primeiro (Carvalho, 1979).

Próximo do local em estudo, nas margens do rio Sousa, podem encontrar-se vestígios metalúrgicos antigos, nomeadamente escórias de fundição (Fot.2.15) das quais se desconhece a sua origem. Segundo Allan (1965) estas escórias apresentam um teor em ouro com cerca de 1,5g/t o que, actualmente, se pode considerar um teor significativo.

Contudo, se pensarmos que desde a exploração mineira até à obtenção do ouro há um conjunto de etapas, como a extracção, trituração, lavagem e fusão, então seria de esperar o aparecimento de mais alguns vestígios no local estudado. Estes terão sido destruídos por posteriores prospecções, cobertos pela vegetação...ou simplesmente pouco ou nada foi deixado!

Parece evidente que, em relação ao ouro, as explorações mais recentes aproveitaram e retomaram, muitas vezes, os trabalhos mineiros romanos.



FOTOGRAFIA 2.15 – Escórias resultantes da fundição do minério, encontradas próximo do local estudado (foto gentilmente cedida pelo Dr. Alexandre Lima).

5.4. Trabalhos Mineiros Posteriores

Esta zona terá deixado de ser explorada desde a altura dos Romanos até 1941, quando a companhia Minas do Ouro do Douro iniciou a prospecção no local. Estes trabalhos pararam em 1946, ao que parece, devido à falta de fundos. Em 1964, uma empresa canadiana – Noranda of Canada – iniciou também trabalhos de prospecção que terminaram em 1966, devido à queda dos preços do ouro. Em 1973, a empresa Anglo American analisou o jazigo e concluiu que a pequena dimensão do depósito, associada à conjuntura económica e às condições do mercado existentes na época, não viabilizavam uma prospecção mais detalhada do local. Em 1988, a Billinton's fez um levantamento completo do jazigo e a empresa Minas do Douro realizou trabalhos de prospecção que terminaram em 1992 (Luís & Sousa, 2000).

A partir de 1994, a *Connary Minerals* (empresa mineira Irlandesa cuja sucursal portuguesa tinha sede em Castromil), realizou um estudo de prospecção bastante profundo numa área de cerca de 82 km^2, que incluía Castromil. Através deste estudo, foi possível concluir que a exploração do jazigo de ouro era viável. A empresa apresentou, então, uma proposta de exploração do jazigo ao Estado Português, que foi recusada no ano 2000 pelo Ministério do Ambiente, por questões ambientais (Vieira, 2000; Nogueira, 2000; Costa, 2001).

6. GRAPTÓLITOS

6.1. Aspectos Gerais

A importância dos fósseis nos nossos dias é sem dúvida um aspecto que não pode passar despercebido. Trabalhos geológicos como a cronologia estratigráfica e a reconstituição da História da Terra, dependem em grande parte de seu estudo. Também na geologia aplicada, a investigação de certos jazigos sedimentares (como carvão, petróleo, etc.), só podem realizar-se com um estudo prévio paleontológico-estratigráfico muito detalhado (Melendez, 1982).

Os graptólitos são fósseis de organismos marinhos complexos que exibiam uma grande variedade de formas e aspectos. Ao longo dos tempos os graptólitos têm sido classificados de diferentes maneiras. Inicialmente considerados como inorgânicos (no séc. XVIII) e depois como restos de vegetais, foram reconhecidos pela primeira vez como animais em 1821 (Romariz, 1962). Actualmente a natureza animal dos graptólitos não deixa dúvidas, no entanto, parece não haver ainda grande consenso quanto aos seres vivos com os quais apresentam maiores afinidades.

O nome graptólito deriva das palavras "*grapto*" = escrever e "*lito*" = pedra, como resultado do aspecto que apresentam fazendo lembrar, muitas vezes, os traços de lápis escritos na matriz rochosa (Doyle, 1996) (Fot.2.2 e Fot.2.16)

Os graptólitos povoaram os mares do Paleozóico (principalmente durante o Ordovícico e Silúrico) sob a forma de colónias bentónicas (fixas ao fundo do mar), pseudoplanctónicas (fixas a algas e outros organismos flutuantes) ou planctónicas. Cada colónia era constituída por um exoesqueleto, designado de rabdossoma que possuía várias tecas onde se alojavam os animais propriamente ditos, os zoóides (Fig.2.19).

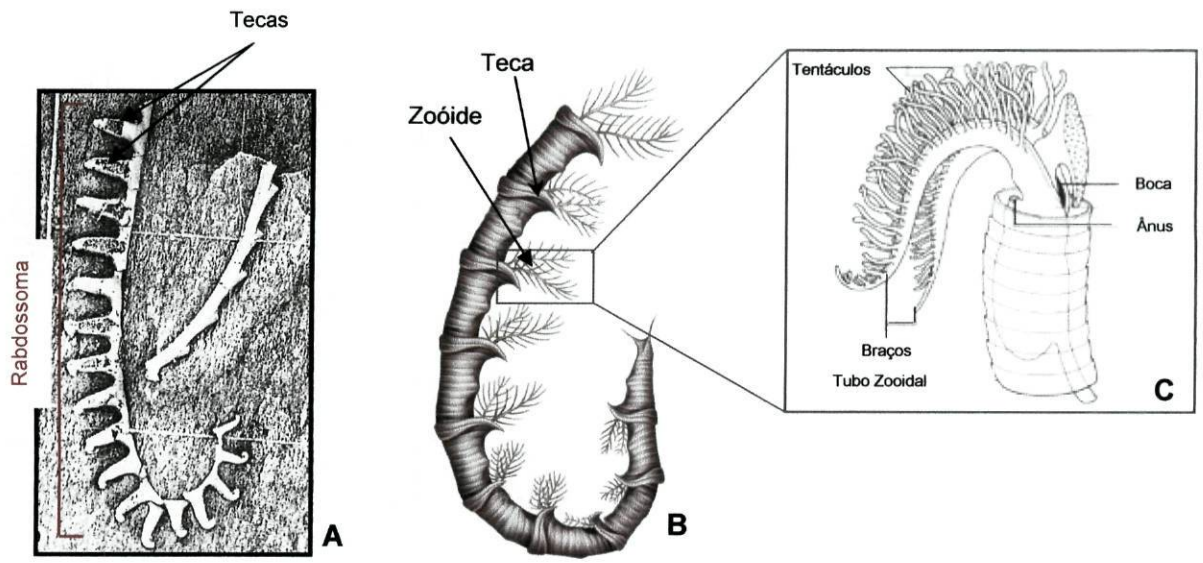


FIGURA 2.19 – A) Fóssil de um graptólito (rabdossoma e respectivas tecas), retirado de Doyle (1996); B) Reconstrução de um graptólito com os respectivos zoóides, retirado de URL2; C) Pormenor do zoóide, retirado de URL3.

Cada teca possuía apenas um zoóide que correspondia à parte mole de cada indivíduo que habitava a colónia. Uma colónia era, então, formada por vários zoóides alojados em pequenas cavidades do rabdossoma, as tecas (Fig.2.19).

Os rabdossomas eram constituídos por um, dois ou vários ramos (Fig.2.20) que por sua vez podiam ser rectilíneos, arqueados ou enrolados. Alguns rabdossomas possuíam ramos com quatro fiadas de tecas (tetrasseriados), mas a maioria apresentava duas fiadas (bisseriados) ou apenas uma fiada (unisseriados) (Fig.2.20D e E). O tamanho dos rabdossomas era geralmente centimétrico, no entanto, alguns podiam atingir mais de um metro de comprimento (URL4).

As tecas podiam ser mais ou menos complexas e apresentar variadas formas, tamanhos e modificações nas aberturas. Os graptólitos mais antigos, os *Dendroideos*, possuíam dois tipos de tecas, as autotecas (geralmente mais largas) e as bitecas (mais pequenas) (Fig.2.20A). Estes dois tipos de tecas estavam espaçados regularmente nos ramos e terão hospedado diferentes tipos de zoóides, provavelmente de sexos diferentes. Nos graptólitos mais recentes, os *Graptoloideos*, as tecas eram do mesmo tipo por ramo, embora pudessem ter aspectos muito diferentes entre as várias espécies (Doyle, 1996).

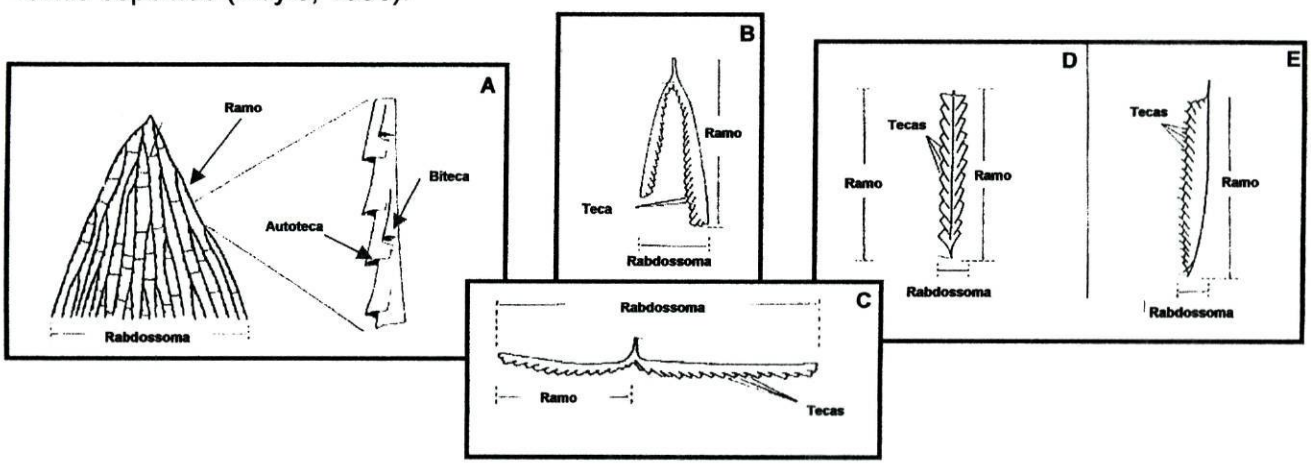


FIGURA 2.20 – Exemplos de vários rabdossomas. A) Rabdossoma com vários ramos; B) e C) Rabdossomas com dois ramos; D) Rabdossoma com um único ramo e duas fiadas de tecas (bisseriados); E) Rabdossoma com um único ramo e uma única fiada de tecas (unisseriado) (adaptado de Doyle, 1996).

Para vários autores, o rabdossoma que constituía o exoesqueleto dos graptólitos era formado por quitina. No entanto, e segundo Melendez (1982), estudos efectuados sobre análises paleoquímicas da substância que forma os rabdossomas dos graptólitos têm demonstrado a presença de substâncias como a serina, alanina, glicocola e ácidos aspártico e glutâmico, que correspondem, no geral, à composição das escleroproteinas. Assim, este autor considera que os rabdossomas teriam uma constituição de natureza escleroproteica e não de origem quitinosa, pois a estrutura da quitina é completamente distinta, já que se trata de um polissacárido.

6.2. Classificação

Tendo em conta uma boa base anatómico-morfológica, Melendez (1982) divide os graptólitos em duas classes, *Dendroideos* e *Graptoloideos* (Quadro 2.VII):

QUADRO 2.VII – Classificação dos graptólitos (Melendez, 1982).

CLASSES	ORDENS	SUBORDENS
DENDROIDEOS	*Dendroidea* *Tuboidea* *Camaroidea* *Stolonoidea*	
GRAPTOLOIDEOS	*Axonolípidos*	
	Axonóforos	*Dipriónidos* (bisseriados) *Monopriónidos* (unissseriados)

Os graptólitos que ocorrem na área em estudo situam-se na classe dos *Graptoloideos*, mais especificamente na subordem dos *Monopriónidos*, pelo que será dada maior atenção a estes fósseis.

6.2.1. Dendroideos

São graptólitos com rabdossomas muito ramificados, por vezes com os ramos adjacentes unidos por ligações transversais (Fig.2.21). Eram colónias bentónicas ou pseudoplanctónicas (Fig.2.22A e B), providos de um órgão de fixação que lhes permitia aderir ao fundo do mar ou fixar a algas e outros organismos flutuantes. Encontram-se fósseis de graptólitos desta classe desde o Câmbrico até ao Carbonífero.

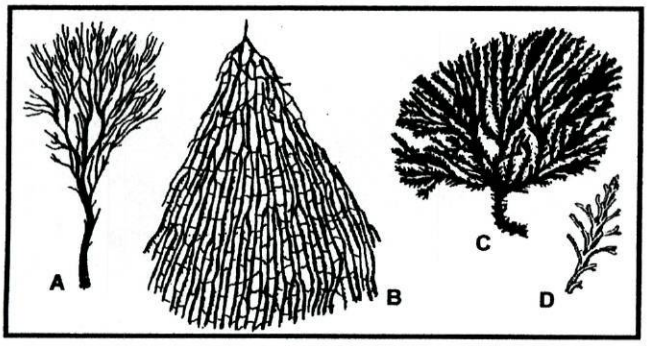


FIGURA 2.21 – Grapatólitos Dendroideos. A) *Dendrograptus*; B) *Dictyonema flabelliforme*; C) *Acanthograptus*; D) Detalhe do *Acanthograptus* muito ampliado, (Segundo Bulman *in* Melendez, 1982).

Dentro da classe dos *Dendroideos* podemos referir como exemplos o *Dendrograptus* (Câmbrico superior-Silúrico), que era formado por um talo principal com ramos laterais em forma de "arbusto"

(Fig.2.21A); o *Acanthograptus* (Câmbrico-silúrico), que apresentava o rabdossoma aberto em leque, profundamente ramificado com tecas tubulares e alargadas que lhe davam um aspecto espinhoso (Fig.2.21C); e o *Dictyonema* (Câmbrico-Carbonífero), o género mais frequente, que apresentava um rabdossoma muito ramificado, com ramos unidos através de ligações transversais, em forma de sino ou rede (Fig.2.21B) (Melendez, 1982).

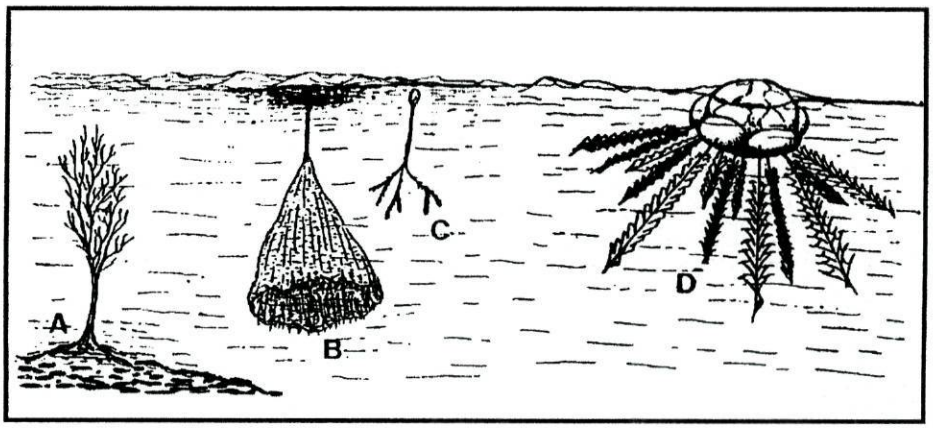


FIGURA 2.22 - Representação esquemática de diferentes tipos de colónias de graptólitos no seu ambiente ecológico. A) Colónia arborescente bentónica fixa ao fundo do mar (*Dendrograptus*); B) Colónia pseudoplanctónica fixa a algas flutuantes (*Dictyonema flabelliforme*); C) Colónia plantónica livre (*Dichograptus*); D) Colónia composta e autónoma plantónica (*Sinrabdossoma*), (Segundo Reudemann *in* Melendez, 1982).

6.2.2. Graptoloideos

São graptólitos com rabdossomas simples ou ramificados dicotomicamente. Formavam sempre colónias pseudopanctónicas (fixas a organismos flutuantes) ou planctónicas, providas frequentemente de órgãos flutuantes. Graptólitos desta classe viveram desde o Ordovícico até ao Devónico médio, no entanto, são característicos do Ordovícico e Silúrico, tendo-se extinguido praticamente no final do Silúrico.

Os graptólitos desta classe podem dividir-se em duas ordens: *Axonolípidos* e *Axonóforos* (Quadro2.VII).

Os graptólitos incluídos na ordem dos *Axonolípidos* apresentam, consoante a disposição dos ramos que formam a colónia, formas "pendentes", "extensivas" e "ascendentes", ou seja, ramos para baixo, estendidos horizontalmente ou rebatidos para cima, respectivamente. As formas pendentes e extensivas formam duas séries evolutivas independentes mas paralelas, que originam colónias com o mesmo número de ramos, incluídas nos mesmos géneros: *Tetragraptus* e *Didymograptus* (Fig.2.23B-F e C-G).

Os graptólitos extensivos evoluíram até formas ascendentes tendo, em alguns casos, os ramos chegado a unir-se através da linha dorsal, dando origem a graptólitos tetrasseriados, com quatro filas de tecas (Fig.2.23L-M-N), ou a graptólitos com os dois ramos do rabdossoma ascendentes unidos na base e soltos para cima, dando origem a formas bifurcadas em "Y" (Fig.2.23I-J-K) Estes graptólitos, do Ordovícico médio e superior, são considerados formas de transição para os graptólitos bisseriados (com duas fiadas de tecas) pertencentes à ordem dos *Axonóforos*.

Na ordem dos *Axonolípidos* encontram-se ainda graptólitos do Ordovícico inferior, considerados como formas de transição com os *Dendroideos* a partir dos quais terão evoluído (Fig.2.23A, D). Estes graptólitos, considerados como de transição, embora apresentassem características dos *Axolípidos,* como a ramificação dos rabdossomas, conservavam ainda a diferenciação das tecas (autoteca e biteca), característica dos *Dendroideos* (Melendez, 1982).

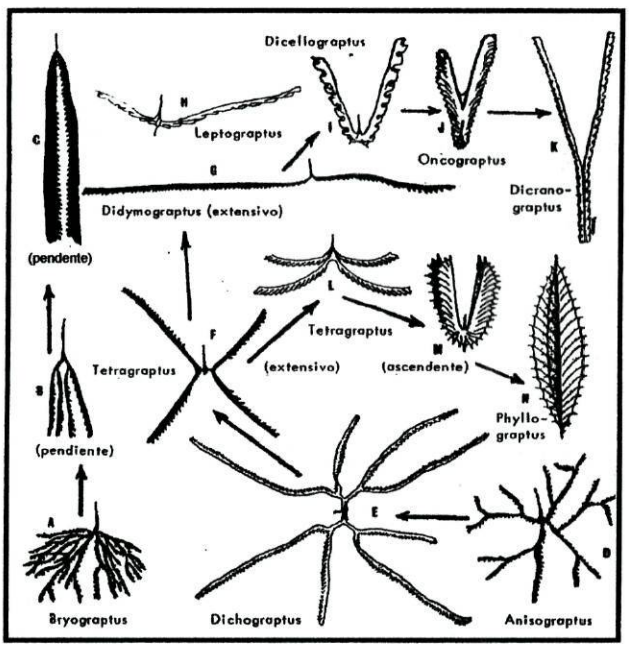


FIGURA 2.23 – Graptólitos Axonolípidos (característicos do Ordovícico). *Bryograptus* e *Anisograptus* são formas de transição com os Dendroideos (o primeiro dá lugar às formas pendentes e o segundo às extensivas). Os géneros *Tetragraptus* e *Didymograptus* compreendem formas pendentes e extensivo-ascendentes. O *Dicranograptus* constitui uma forma de transição para os graptólitos Dipriónidos. As setas indicam o sentido da evolução (Segundo Bulman *in* Melendez, 1982).

Os graptólitos pertencentes à ordem dos *Axonóforos* podem subdividir-se ainda em duas subordens: os *Dipriónidos* e os *Monopriónidos*.

Os graptólitos da subordem *Dipriónidos* caracterizam-se por rabdossomas bisseriados (Fig.2.24), formados por duas filas de tecas independentes ou por uma fila com tecas alternadas para um lado e para outro. Os rabdossomas destes graptólitos podiam reunir-se e formar super-colónias designadas de sinrabdossomas (Fig.2.22D e Fig.2.26).

Alguns dos graptólitos desta subordem apresentam rabdossoma com uma parte unisseriada e outra bisseriada (Fig.2.24I), sendo consideradas formas de transição para os Monopriónidos (Melendez, 1982).

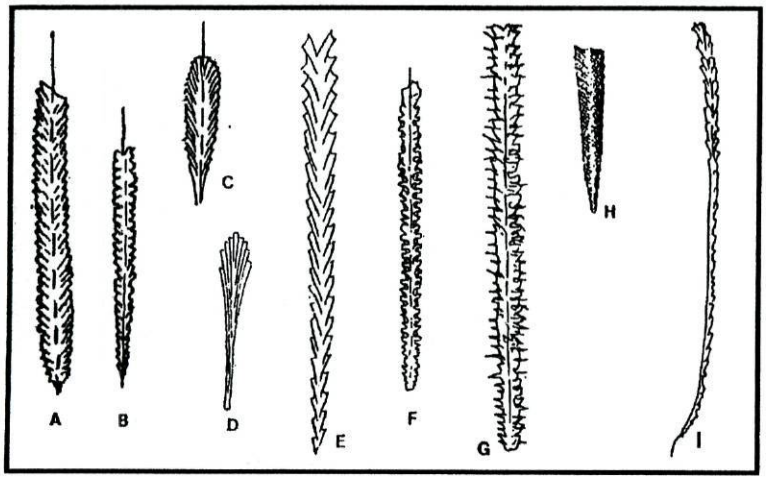


FIGURA. 2.24 – Graptólitos Dipriónidos (Ordovícico e Silúrico).
A – *Diplograptus*;
B – *Climacograptus*;
C – *Petalograptus*;
D – *Cephalograptus*;
E – *Glyptograptus*;
F – *Amplexograptus*;
G – *Orthograptus*;
H – *Retiolites*;
I – *Dimorphograptus*
(Segundo Haberfelner *in* Melendez, 1982).

Os graptólitos inseridos na subordem dos *Monopriónidos* apresentam rabdossomas unisseriados, que resultaram da atrofia de uma das duas séries de tecas dos Dipriónidos. Os rabdossomas unisseriados podem apresentar-se rectos ou arqueados, simples ou ramificados (Fig.2.25), com tecas relativamente complexas. São característicos do Silúrico, tendo-se extinguido no Devónico médio (Doyle, 1996).

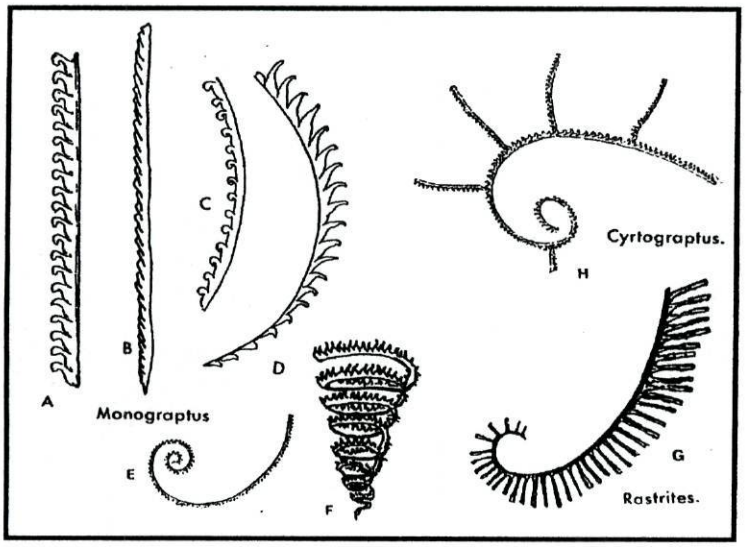


FIGURA. 2.25 – Graptólitos Monopriónidos (unisseriados). O género *Monograptus* (A, B, C, D, E, F) apresenta formas rectas, arqueadas e enroladas em espiral; as *Rastrites* (G) apresentam tecas tubulares e muito largas; o *Cyrtograptus* (H) apresenta um rabdossoma com ramos laterais e enrolado em espiral, (Segundo Haberfelner (A-D) e Bulman (F-G) *in* Melendez, 1982).

6.3. Paleoecologia

Os graptólitos formaram uma parte importante da fauna do Paleozóico, especialmente durante o Ordovícico e o Silúrico. A maioria dos graptólitos *Dendroideos* (excepto o *Dictyonema*) era provavelmente bentónica e estava provida de uma espécie de raiz mediante a qual se fixava

firmemente ao fundo do mar. Actuavam como uma rede aberta em forma de cone invertido ou arbusto, com os seus zoóides a filtrar partículas alimentares (Doyle, 1996) (Fig.2.22A). O *Dictyonema* formava colónias pseudoplanctónicas (fixas a algas ou outros organismos flutuantes), ramificadas para baixo em forma de sino ou rede (Fig.2.22B).

Os *Graptoloideos* formavam, de um modo geral, colónias planctónicas autónomas (flutuantes mediante uma vesícula situada na extremidade superior - Fig.2.22C) ou super-colónias designadas de Sinrabdossomas (Fig.2.22D e Fig.2.26). Os Sinrabdossomas eram colónias complexas, igualmente autónomas e planctónicas (próprias dos Axonóforos), formadas por numerosos rabdossomas unidos a um disco central com um flutuador ao qual se dá o nome de pneumatóforo (Fig.2.26). Em redor do pneumatóforo existia uma série de esferas, as gonotecas, que seriam câmaras de incubação (Melendez, 1982).

Inicialmente admitia-se que os sinrabdossomas eram apenas graptólitos planctónicos mais evoluídos com um flutuador, o pneumatóforo. Actualmente pensa-se que os zoóides possuíam órgãos de estabilização que lhes possibilitava a movimentação do rabdossoma na água permitindo, em época de crise alimentar, associarem-se em super-colónias formando os sinrabdossomas (URL4).

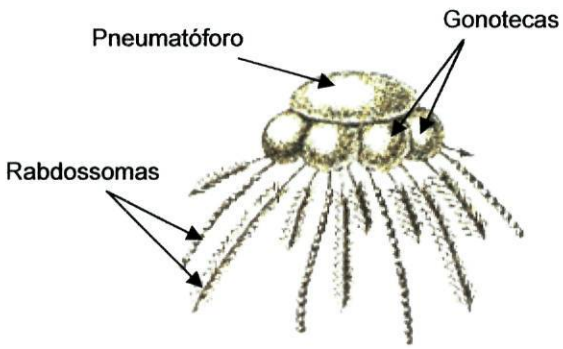


FIGURA 2.26 – Sinrabdossoma (colónia planctónica formada por numerosos rabdossomas) (retirado de URL5).

Estudos experimentais, usando modelos à escala de colónias de graptólitos, sugerem que muitos não eram flutuantes passivos pois seriam capazes de descer num movimento em espiral através da coluna de água e depois libertar um líquido que lhes permitiria subir novamente. Isto poderia ser vantajoso no acesso a diferentes áreas de alimentação, pois os graptólitos alimentavam-se muito provavelmente de pequenos organismos em suspensão. Os dados obtidos em vários estudos revelam, no entanto, que a maioria dos graptólitos terá vivido na parte superior da coluna de água (Doyle, 1996). Contudo, as espécies planctónicas superficiais e pseudoplanctónicas teriam tido, sem dúvida, maior área de expansão do que as que flutuavam a maior profundidade.

Doyle (1996) refere ainda que é possível definir espécies de graptólitos "*inshore*" (perto da costa) e "*offshore*" (longe da costa) nos vários intervalos do Paleozóico inferior. E de facto se em muitos casos os graptólitos aparecem em rochas depositadas em condições de significativa profundidade e águas tranquilas, noutros casos, é evidente que se conservaram em rochas formadas a pequena profundidade e em meio aquoso agitado (Romariz, 1962).

Parece que, em geral, as espécies mais resistentes se encontram nos sedimentos de águas pouco profundas, contudo, isto pode dar uma impressão errada pelo facto de somente os rabdossomas mais fortes poderem resistir a zonas de maior energia (perto da costa) (Doyle, 1996).

Estes estudos, assim como os relacionados com as profundidades da coluna da água onde os graptólitos viviam, são de significativa importância nos episódios de inundações continentais, transgressões e episódios regressivos subsequentes (Doyle, 1996).

6.4. Evolução

A diferenciação morfológica dos graptólitos terá sido uma consequência/adaptação da passagem da vida bentónica a pseudoplanctónica e planctónica. Começaram por ser bentónicos, a maioria dos *Dendroideos* (únicos achados do Câmbrico), depois aderem a algas e outros organismos flutuantes, convertendo-se em pseudoplanctónicos como o *Dictyonema flabelliforme* (Fig.2.22B) do Ordovícico inferior, e acabam por evoluir para colónias planctónicas autónomas durante o Ordovícico-Silúrico (Fig.2.22C) (Melendez, 1982).

Nos graptólitos, a passagem da vida bentónica a planctónica ter-se-á realizado simultaneamente a uma simplificação estrutural e anatómica, que deu lugar a rabdossomas cada vez menos ramificados, mais compactos e simples. Os *Graptoloideos* podem distinguir-se dos *Dendroideos* pelo pequeno número de ramos e ausência geral de ligações transversais a unir os ramos adjacentes do rabdossoma (Doyle, 1996).

Os graptólitos *Dendroideos,* menos especializados mas com rabdossomas bastante complexos, foram os primeiros a aparecer e os últimos a desaparecer encontram-se fósseis desde o Câmbrico superior até ao Carbonífero inferior, contudo, sem grandes variações evolutivas. No Ordovícico inferior, através do *Dictyonema flabelliforme* (espécie pseudoplanctónica que terá evoluído de uma forma distinta dos outros *Dictyonemas*) terão surgido os *Graptoloideos*, podendo considerar-se algumas formas de transição entre ambos os grupos.

Os *Graptoloideos* sofrem uma evolução acentuada, paralelamente nas formas "pendentes" e "extensivas" (Fig.2.23). A tendência para formar rabdossomas compactos manifesta-se nas formas "extensivas", nas quais progressivamente os ramos vão adoptando posição "ascendente" até ficarem unidas por uma linha dorsal, dando lugar a formas bisseriadas. Esta evolução dá-se durante o Ordovícico, época em que aparecem os primeiros Axonóforos. Os graptólitos bisseriados dão lugar a uma grande variedade de formas no Ordovícido e Silúrico inferior (Fig.2.24). Os graptólitos unisseriados (Fig.2.25), como é o caso dos *monograptus* de Castromil (Fot.2.16), terão evoluído a partir dos bisseriados, existindo formas de transição que apresentam

uma primeira porção do rabdossoma bisseriada e o resto unisseriada (Fig.2.24l) (Melendez, 1982). Desenvolvem-se amplamente no Silúrico e, embora chegando ao Devónico médio, desaparecem praticamente no final do Silúrico.

6.5. Bioestratigrafia

Os graptólitos foram organismos coloniais que viveram durante cerca de 150 M.a., tendo-se extinguido aproximadamente há 350 M.a. Constituem um dos grupos fósseis paleozóicos de maior importância bioestratigráfica, especialmente os *Graptoloideos* que, devido ao seu modo de vida flutuante, tiveram ampla distribuição geográfica.

Os graptólitos, em termos gerais, são fósseis pouco impressionantes, no entanto, são extremamente importantes em estudos geológicos, particularmente como "*fósseis guia*" pois, segundo Doyle, 1996:
- são maioritariamente planctónicos e, por conseguinte, com grande distribuição geográfica.
- a duração de muitas espécies foi curta, de modo que a sucessão das faunas graptolíticas é muito rápida, o que permite estabelecer escalas bioestratigráficas muito finas.
- embora apresentando um esqueleto aparentemente frágil, foram rapidamente preservados, o que permitiu a existência de um número significativo destes fósseis, em regra, facilmente reconhecidos.

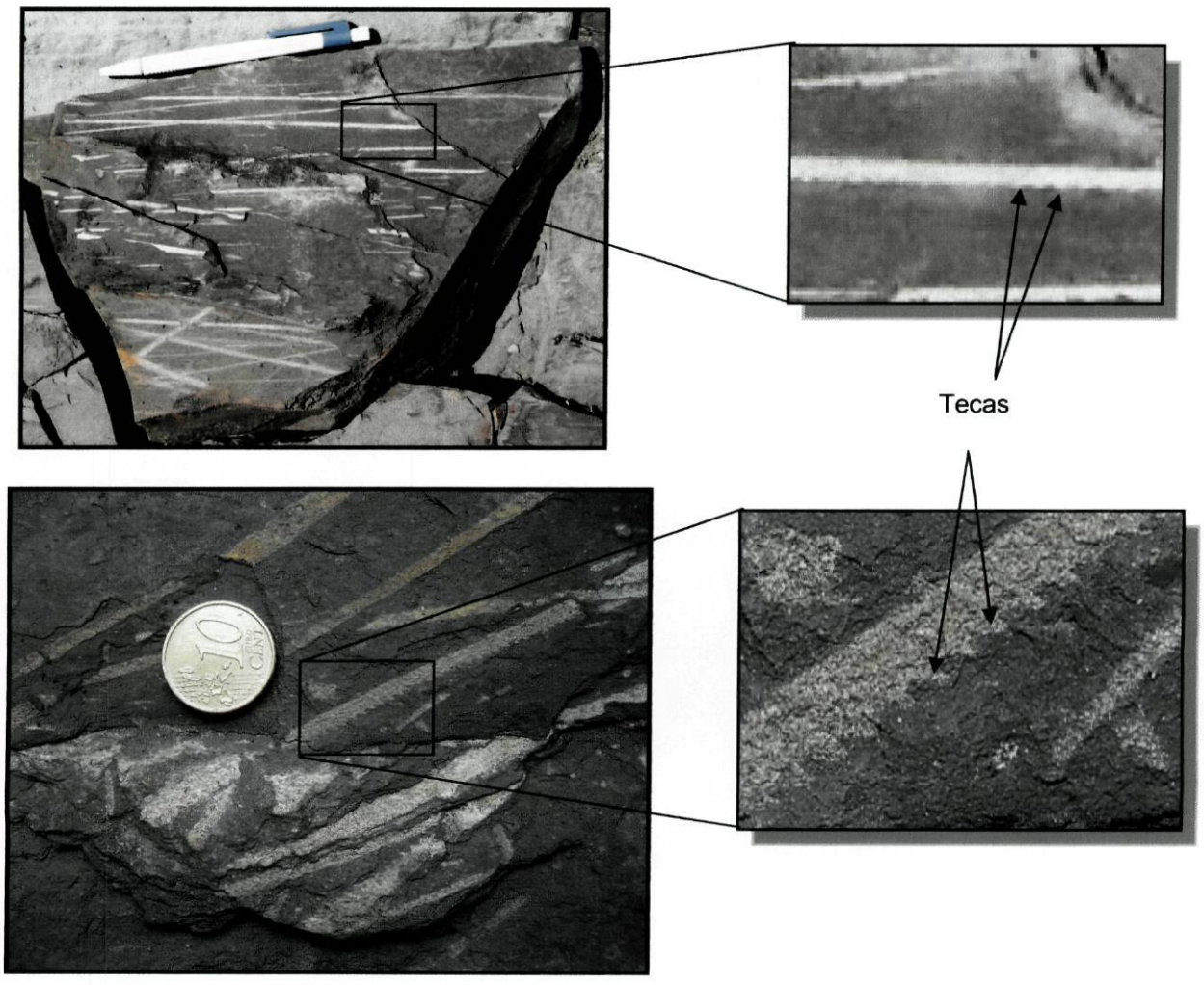
O aparecimento de um *fóssil guia* deve ser muito restringido no tempo (distribuição vertical reduzida), de modo a que se encontre apenas em rochas de uma certa idade (determinando as suas idades). Além disso, a sua distribuição geográfica deve ser o mais ampla possível (ampla em termos de distribuição horizontal), que permita correlacionar estratos da mesma idade a grandes distâncias (Alegret *et al*, 2001). O estudo dos graptólitos é importante nas correlações intercontinentais relacionadas com a actividade tectónica (Doyle, 1996; Toro, 1997).
Segundo Richter (1989) *in* Alegret *et al* (2001) os graptólitos são o grupo de *fósseis guia* mais importantes nas correlações estratrigáficas do Ordovícico e Silúrico.

Em Portugal os graptólitos ocorrem frequentemente em xistos carbonosos, nos quais se conservam grande quantidade de rabdossomas, em geral, por incarbonização. De facto, os xistos carbonosos contêm leitos, por vezes, riquíssimos de graptólitos separados por espessas camadas praticamente estéreis (esta situação verifica-se em Castromil). Embora os xistos carbonosos comportem, muitas vezes, exclusivamente graptólitos, são também abundantes os exemplos da existência de xistos fossilíferos com graptólitos contendo trilobites, lamelibrânquios e formas de outros grupos de invertebrados (Romariz, 1962).

O mesmo autor põe ainda em evidência a existência de graptólitos fossilizados em rochas variadas, além dos xistos, como por exemplo em calcários, grauvaques finos e grosseiros. Em muitos pontos do país está assinalada a presença de graptólitos em formações siliciosas e liditos, por vezes, muito bem conservados.

6.6. Graptólitos na Área de Estudo

Num pequeno afloramento, inserido na área de estudo, ocorrem em xistos negros carbonosos grande quantidade de graptólitos do género *Monograptus*. Apresentam rabdossoma rectilíneo, com tecas visíveis em alguns exemplares, o que realça a sua característica unisseriada (Fot.2.16). Estes fósseis permitem-nos datar estas rochas como pertencentes ao período do Silúrico (entre os 435 e os 410 M.a.). A natureza da rocha onde se encontram fossilizados mostra, ainda, que esta área esteve, há cerca de 400 M.a., coberta por águas marinhas calmas e relativamente afastada da costa.



FOTOGRAFIA 2.16 – Fósseis de graptólitos (género *monograptus*) de rabdossoma rectilíneo e pormenor das tecas, visíveis em alguns exemplares (em afloramento junto à estrada nacional EN 319, inserido na área de estudo).

7. ASPECTOS PAISAGISTICOS E AMBIENTAIS

7.1. Introdução

A região em estudo (Fig.2.27 e Fot.2.1), situada no Norte de Portugal, apresenta características de uma paisagem essencialmente marcada pelos aspectos geológicos (como o tipo de relevo e natureza das rochas), assim como pelos aspectos biológicos. No entanto, outras particularidades como, o clima, o tipo de solo e a acção do Homem no meio exercem, igualmente, uma forte influência sobre a paisagem.

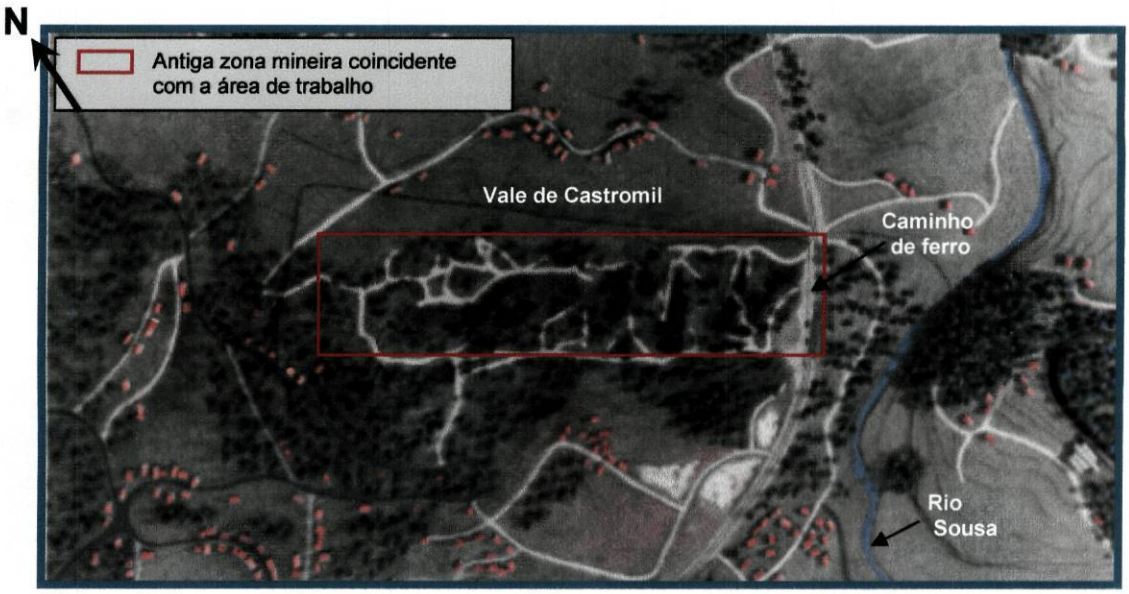


FIGURA 2.27 – Maqueta representativa da vista aérea do local de estudo e área envolvente (adaptado de URL1).

A cobertura vegetal do local (com giestas, pinheiros e tojo) imprime uma aparência característica à paisagem, enriquecida por uma fauna variada. Contudo, convém não esquecer que a acção do Homem sobre a paisagem no sentido de ampliar as zonas urbanas e a rede de comunicações põe, inúmeras vezes, a consistência dos terrenos em perigo. Nestas situações, a vegetação pode funcionar como um factor de estabilidade dos solos/taludes, reduzir a intensidade dos agentes climatéricos e proporcionar uma melhoria ambiental.

A componente ambiental está também presente sempre que o homem recorre à exploração mineira, cada vez mais acentuada pelo desenvolvimento industrial, tecnológico e demográfico. Esta acção terá que ser capaz de garantir a protecção ambiental das áreas envolventes susceptíveis de virem a ser agredidas. Há, pois, que procurar enquadrar a indústria extractiva nos conceitos e parâmetros do denominado desenvolvimento sustentável, pelos quais se garanta que a extracção mineira não possa prejudicar o uso subsequente do solo, nem o ordenamento do território.

Importa que cresça a consciência de que um verdadeiro desenvolvimento social não pode descurar, por um lado a necessidade de prospecção e exploração dos recursos geológicos e por outro o impacto paisagístico e a preservação dos ecossistemas. Daqui se infere que se deve atender às inter-relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente no ensino das ciências. Há que procurar levar os alunos a compreenderem os valores sociais e ao mesmo tempo a pensar e a agir por eles próprios de forma a tornarem-se cidadãos conscientes, sensibilizados para as questões da defesa e preservação natural (tanto geológico como biológico) tendo em conta o equilíbrio entre a satisfação das necessidades de uma sociedade actual, cada vez mais exigente, e as necessidades e bem-estar das gerações futuras.

7.2. Clima

À semelhança do resto do território nacional, a zona em estudo apresenta um clima de características suaves e amenas. Com efeito, nesta região não há registos de situações de calamidade para as populações causadas pela agressividade das condições climatéricas (tanto em períodos de seca como de cheias). No quadro 2.VIII podemos observar os valores médios de temperatura, pluviosidade e ventos para as quatro estações do ano, de acordo com os registos efectuados durante 35 anos pelo Instituto de Meteorologia na estação meteorológica mais próxima de Castromil (em Paços de Ferreira) (Connary Minerals, 1999).

QUADRO 2.VIII – Valores médios da temperatura, pluviosidade e vento para a região de Castromil (Connary Minerals, 1999).

Estação do ano	Temperatura média (ºC)	Precipitação média (mm)	Vento – Velocidade média (km/h)
Verão	19,0	42,0	10,0
Primavera	14,4	106,0	10,8/11,1
Outono	11,1	191,2	13,1
Inverno	8,7	205,4	15,8

7.3. Principais Características da Paisagem

7.3.1. Rede Hidrográfica

Na área que envolve o local de trabalho destaca-se o rio Sousa que corta, de forma mais ou menos perpendicular, o contacto entre o granito e os metassedimentos do Paleozóico, alguns metros a SE do local em estudo (Fig.2.2). Com vale pouco cavado em terrenos graníticos e vale encaixado e fortemente meandrizado nas formações paleozóicas, o rio Sousa atravessa o centro da folha 9-D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, segundo uma direcção NE-SW.

Em Castromil ocorrem, ainda, pequenas linhas de água (algumas não permanentes), das quais a mais importante surge no Vale de Castromil. Trata-se de um ribeiro que corre em direcção ao rio Sousa, situado a NE e a poucos metros do local de trabalho (Fig.2.28).

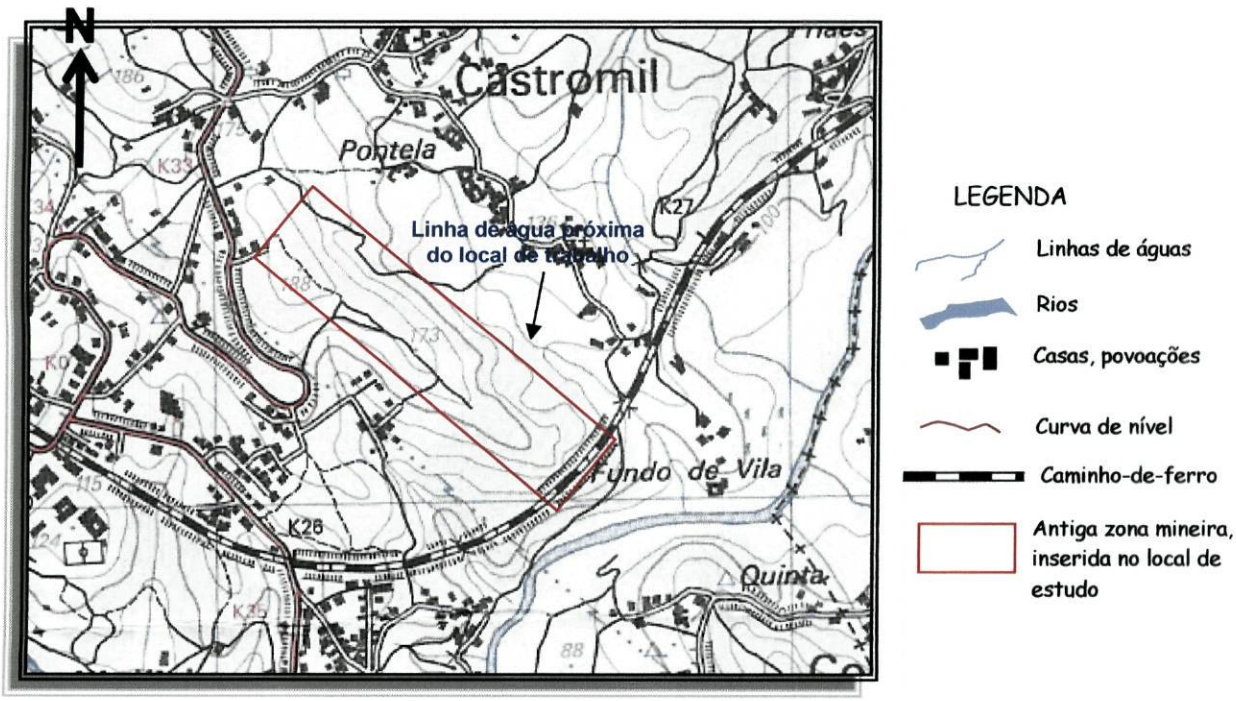


FIGURA 2.28 – Pormenor da folha 123 da Carta Militar de Portugal à escala 1/25000 (a imagem não se encontra à escala), no qual se insere o local de estudo.

7.3.2. Morfologia

Morfologicamente, a antiga zona mineira, inserida na área de estudo, apresenta uma forma grosseiramente rectangular, orientada segundo NW-SE (Fig.2.28, Fig.2.4B e Fot.2.1). Corresponde a uma pequena elevação cuja cota mais alta é de 188 metros, descendo (à medida que caminhamos para SE) para cerca dos 120 metros junto ao talude que bordeja a Norte a linha do caminho-de-ferro. Este local, que corresponde à antiga zona mineira situada a norte do rio Sousa, apresenta-se coberto por vegetação (Fot.2.1 e Fig.2.4B), essencialmente, por matos, pinheiros e eucaliptos.

7.3.3. Solos

A consulta do Plano Director Municipal (PDM) do município de Paredes, permite constatar que o local de estudo e área envolvente englobam diversos *habitats* naturais, incluindo campos de cultivo, zonas de RAN (Reserva Agrícola Nacional) e de REN (Reserva Ecológica Nacional), zonas de expansão urbana e zonas mineiras. Assim, os solos apresentam diversas utilizações e

diversos tipos de ocupação, desde plantações de milho e vinha, florestas de eucaliptos e pinheiros até à ocupação por aglomerados populacionais (Pinto, 2001).

A zona mais degradada, no que se refere aos *habitats* naturais, pertence à área dos antigos trabalhos mineiros, onde se podem observar as consequências das antigas explorações mineiras (poços e galerias, eventualmente datando da época de ocupação romana, muitas vezes não vedados) e a presença de antigas cortas e zonas de escombreiras (estas últimas de difícil demarcação dada a ocupação florestal existente no local) que influenciam sobremaneira a topografia.
Segundo o Estudo de Impacto Ambiental efectuado pela Connary Minerals (1999), estes trabalhos mineiros provocaram uma importante contaminação dos solos, que neste momento não apresentam condições para uma ocupação urbana ou industrial, já que os valores detectados ultrapassam em muito os limites máximos.

7.3.4. Flora e Fauna

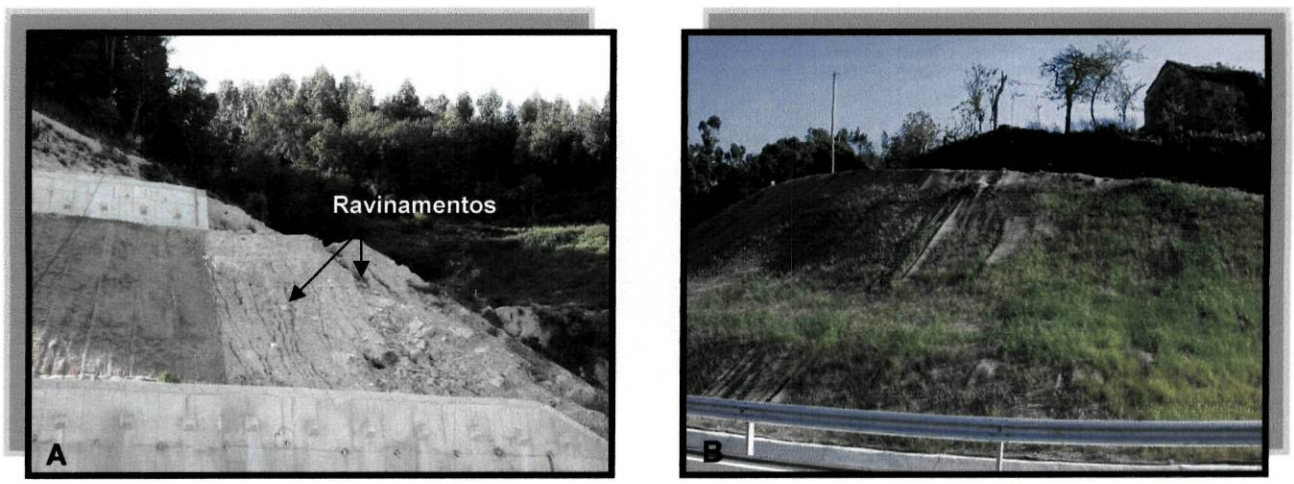
A região estudada apresenta uma cobertura vegetal florestal constituída essencialmente por pinheiros, eucaliptos e matos. A predominância é dos pinheiros, mas é de salientar o aumento dos eucaliptos, tal como acontece na maior parte do país. Deve ainda salientar-se a existência de outras espécies que, embora em menor número, merecem referência como, por exemplo, o sobreiro, o castanheiro e o carvalho. Os matos são muito diversificados (giestas, urzes e tojos) e dão um colorido característico à paisagem.
As áreas agrícolas estão a ser reduzidas ano após ano devido à mudança de ocupação das populações. As áreas agrícolas localizam-se nas baixas aluvionares do rio Sousa e vales associados aos seus afluentes. Nestes vales agrícolas são de salientar as árvores de fruto, oliveiras, choupos e tílias que são podados com frequência de modo a servir de suporte à vinha. Cada vez mais se pratica uma agricultura de subsistência com predominância da cultura da vinha, do milho e das hortícolas.
No que se refere à fauna, pode destacar-se como mais representativa do local, o coelho bravo, a cobra rateira, o gaio, o melro comum, o pardal doméstico, o pintassilgo, o mocego-de-ferradura-grande (espécie protegida que encontra abrigo nas minas abandonadas da região), o pica-pau-malhado grande, pega rabuda, pisco-de-peito-ruivo e peto verde (Connary Minerals, 1999).

7.4. A Vegetação na Estabilidade dos Taludes

Muitas das escavações efectuadas pelo homem como a construção de estradas e caminhos-de-ferro conduzem, frequentemente, a uma alteração mais ou menos acentuada da paisagem. Em

muitos casos, a rocha escavada não é muito consistente e os taludes formados, para além da erosão intensa a que normalmente ficam sujeitos, podem tornar-se instáveis criando situações de insegurança para as populações. Para minimizar estas situações, recorre-se frequentemente à construção de muros, socalcos e/ou à aplicação de vegetação nos taludes (Plummer & McGeary, 1993).

Este último factor apresenta particular interesse, pois a sua utilização permite não só melhorar a estabilidade mecânica e protecção contra a erosão do solo, mas também melhorar a integração paisagística e diminuir o impacte ambiental (Fot.2.17).



FOTOGRAFIA 2.17 – Exemplo da aplicação de relva na estabilização dos taludes. A) Talude sem vegetação e com vários ravinamentos; B) A vegetação impede o desenvolvimento de ravinamentos no talude (fotos gentilmente cedidas pelo Dr. Alexandre Lima).

A utilização da vegetação na estabilização de taludes faz-se desde tempos muito remotos, contudo, estudos relativamente recentes reconhecem cada vez mais o papel desempenhado pela vegetação nas formas como pode afectar a estabilidade dos taludes.

Os efeitos funcionais da vegetação nos taludes (que podem ser benéficos ou adversos) estão, de um modo geral, associados à *folhagem*, *raízes* e *tamanho da vegetação* (Mendonça & Cardoso, 1998a).

A *folhagem* da vegetação intersecta os pingos da chuva no seu trajecto, tendo como consequências:

- perdas de água por absorção e evapotranspiração, o que é benéfico pois reduz a quantidade de água disponível para infiltração;
- a redução da energia das gotas e, portanto, da sua acção erosiva, o que constitui também um efeito benéfico;
- o aumento do tamanho das gotas que, contrapondo-se ao efeito anterior, é localmente desfavorável.

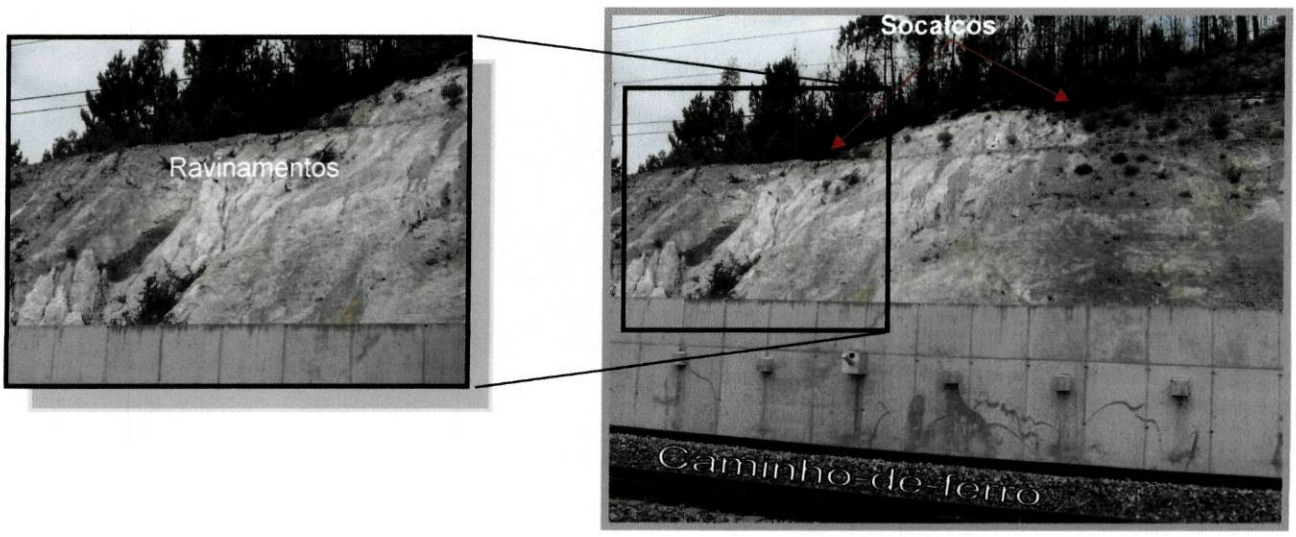
Relativamente às *raízes*, os seus efeitos consistem na:
- penetração nos maciços acarretando quer um efeito desfavorável, que consiste na abertura de fissuras que incrementam a infiltração da água, quer um efeito favorável, dado que absorvem a humidade e, consequentemente, conduzem à diminuição do teor em água dos maciços terrosos;
- união superficial das partículas resultando em restrição dos movimentos e redução da erosão, o que é um efeito benéfico;
- penetração nos níveis profundos dos maciços, conduzindo à amarração dos níveis superiores aos inferiores, o que constitui também um efeito benéfico.

Quanto ao *tamanho da vegetação*, o seu excessivo crescimento e, particularmente das árvores, conduz:
- ao aumento da sobrecarga sobre os taludes, o que, dependendo das circunstâncias, pode ser benéfico ou adverso;
- ao aumento das forças horizontais que actuam sobre os maciços devido à acção do vento, o que é desfavorável quando essas forças actuam no sentido do declive dos taludes.

Assim, o papel desempenhado pela vegetação na estabilidade dos taludes resulta essencialmente do facto das raízes actuarem como elementos de reforço dos maciços terrosos, fazendo com que a resistência do sistema solo-raizes seja superior à dos solos não reforçados. Estudos efectuados por Endo & Tsuruta (1969) *in* Mendonça & Cardoso (1998a) relativamente ao efeito de reforço do sistema solo-raizes, mostraram a existência de um acréscimo na resistência directamente proporcional à densidade das raízes. Além disso, a vegetação (em especial as raízes) influencia também a estabilidade dos taludes de uma forma indirecta, na medida em que reduz o teor em água dos maciços e as pressões intersticiais.
Os deslizamentos de terrenos estão dependentes de factores como o declive (gravidade), a natureza plástica do material e o teor em água. O aumento deste último em terrenos argilosos provoca, com efeito, uma perda de coesão, por elevação da pressão intersticial. As forças de coesão que asseguram a estabilidade das encostas tornam-se, na presença da água, inferiores às forças do movimento ligadas à massa dos terrenos e ao declive (Dercourt & Paquet, 1986).
Além disso, a água funciona como lubrificante do material não consolidado nos taludes e adiciona peso a esse material, contribuindo para a mobilidade e deslizamento do terreno (Hamblin & Christiansen, 1995). É, contudo, curioso verificar que, paradoxalmente, uma pequena quantidade de água no terreno pode prevenir um possível deslizamento. Quando a água não preenche completamente os espaços entre os grãos forma uma fina película à volta de cada grão, pelo que, os grãos soltos aderem uns aos outros devido à tensão superficial provocada pela película de água. É a tensão superficial da água entre os grãos que permite a construção de um castelo de areia, o que não se consegue quando esta se encontra seca ou saturada em água (Plummer & McGeary, 1993).

Embora com alguns efeitos adversos, as consequências positivas da cobertura vegetal nos taludes ultrapassa, de um modo geral, as negativas. A importância da cobertura vegetal nos taludes é largamente reconhecida pois, para além de reduzir a intensidade da acção erosiva dos agentes climáticos e proporcionar uma melhoria ambiental, é também um factor de estabilização de taludes, não apenas em relação a grandes deslizamentos, mas também em relação a pequenos movimentos. Em regra, a vegetação controla a segurança em relação a superfícies de deslizamento relativamente pouco profundas (Mendonça & Cardoso, 1998a). Com efeito, nos taludes ferroviários antigos, sujeitos a processos de degradação ao longo do tempo, a vegetação que entretanto se desenvolveu pode constituir um factor importante para, por um lado, limitar essa degradação e, por outro lado, contrabalançar, através do seu efeito de reforço, a diminuição da segurança provocada pela degradação efectivamente ocorrida (Mendonça & Cardoso, 1998b).

No local estudado, o talude resultante da abertura da linha do caminho-de-ferro apresenta importantes problemas de estabilidade que se devem especialmente ao avançado grau de alteração das rochas e consequente diminuição da sua consistência. A fraca estabilidade e consistência do talude são facilmente observáveis no aplito caulinizado que aí aflora, onde ocorrem acentuados ravinamentos (Fot.2.18) resultantes da acção dos agentes erosivos (em especial da água). Para minimizar a acção erosiva, aquando da duplicação da linha do caminho-de-ferro, foram construídos dois socalcos ao longo do talude, tendo-se mais recentemente construído um muro (recorrendo à técnica da pregagem) que embora permitindo uma maior segurança da linha-férrea não evita a acelerada erosão do terreno (Fot.2.18).
Embora já comece a aparecer alguma vegetação, que entretanto se desenvolveu, esta é ainda muito reduzida. Um estudo efectuado no local sobre a possibilidade de aplicação de uma vegetação adequada no revestimento do talude poderia contribuir, não só para uma maior resistência à erosão como para uma maior segurança do local.



FOTOGRAFIA 2.18 - Ravinamentos e socalcos num dos taludes que se encontra junto da linha do comboio.

A vegetação pode ainda desempenhar um papel importante em situações como, por exemplo, na estabilização e melhoria ambiental das superfícies expostas aquando da regularização de escombreiras. Depois de analisadas as características dos terrenos de suporte, as espécies adaptáveis às condições climatéricas locais e sua harmonização com o enquadramento regional, assim como, os arranjos paisagísticos adequados a futuras utilizações dos espaços, o coberto vegetal a implementar na escombreira (após a sua regularização) permitirá, não só uma melhoria ambiental mas também um efeito estabilizador sobre as superfícies expostas dos novos taludes criados (Gama & Arrais, 1996).

7.5. A Actividade Mineira e o Ambiente

7.5.1. Características Gerais

Os bens que a natureza nos proporciona, frequentemente conhecidos como recursos minerais, são, em geral, escassos e valiosos. Assim sendo, as áreas de ocorrência, com potencial já identificado, devem ser preservadas e protegidas contra actividades susceptíveis de as inutilizar ou inviabilizar o seu aproveitamento futuro, como a urbanização descontrolada e as grandes obras de infra-estruturas. É importante ter em atenção, não só um aproveitamento prudente dos recursos não renováveis, mas também a sua inutilização desnecessária.
Contudo, o aproveitamento destes recursos pode desencadear um conjunto de impactos sobre o meio ambiente que podem ser positivos ou negativos (podendo estes ser temporários ou definitivos). A indústria mineira faz sentir os seus impactos negativos, por exemplo, sobre a paisagem, as águas, o solo, a flora e a fauna, enquanto que os efeitos positivos da mineração baseiam-se no emprego, na fixação de populações interiores e na dinamização da economia local (Magno, 2001).

Até aos anos 60 terá sido dada pouca atenção à necessidade de se adoptarem medidas ecológicas minimizadoras do impacto ambiental provocado não só pelas actividades mineiras, mas por toda a actividade industrial (Oliveira, 1997). Durante as últimas décadas o interesse pelos problemas do meio ambiente aumentou de modo notável, inscrevendo-se definitivamente na lista das preocupações estatais e, mais genericamente, da opinião pública e de organizações não governamentais que lhe dão expressão de modo organizado (Costa, 1994).

Quer se trate de uma exploração a céu aberto, quer em subterrâneo, o carácter de "contaminado" que pode vir a ser conferido ao meio ambiente por via da exploração, resulta principalmente da acumulação de produtos "estéreis" da extracção, de rejeitados da concentração dos minérios e da circulação de efluentes líquidos portadores de metais pesados e reagentes. A própria água de

mina pode causar impacto no ecossistema envolvente devido ao seu pH frequentemente baixo na medida em que este factor contribui, em geral, para incrementar a velocidade de dissolução dos elementos químicos tóxicos e o seu transporte, sob a forma de lixiviados, por vezes até distâncias consideráveis da origem (Oliveira, 1997; Oliveira *et al*, 2002).

Todas estas situações acabam por criar problemas ambientais, ou seja, situações que afectam uma multiplicidade de elementos (bióticos, abióticos, sociais, económicos, culturais) que integram o meio ambiente entendido como sistema, do qual resulta um prejuízo actual ou futuro para os seres humanos. A solução proposta é consequência, portanto, do próprio interesse dos seres humanos, cuja sobrevivência e qualidade de vida dependem da conservação e de um aproveitamento adequado dos recursos (Catalán *et al*, 1998).

De facto, a problemática ambiental não é apenas um problema científico, razão pela qual há que valorizar e avaliar criticamente a informação (e formação) que se dá e se recebe sobre estes problemas, de modo a ampliar o campo de observação e da consciencialização dos problemas ambientais na sociedade que os gera (Espinet, 1999).

Um estudo efectuado em Espanha mostrou que os estudantes entendem como problemas ambientais somente aqueles que afectam o meio natural. Concebem o meio ambiente num sentido restritivo do conceito, esquecendo os aspectos sociais, culturais, económicos e históricos destes problemas (Espinet, 1999).

Numa perspectiva moderna e actual a actividade mineira tem que integrar a protecção ambiental, através de métodos e processos que conduzam a um padrão de actuação compatível com os princípios do desenvolvimento sustentável. Este, pode definir-se como sendo "*um modelo de desenvolvimento que permite às gerações presentes satisfazer as suas necessidades, sem pôr em risco a possibilidade das gerações futuras virem a satisfazer as suas próprias necessidades*" (Costa, 2000).

Assim, para levar acabo qualquer projecto ou actividade mineira, é hoje necessário efectuar um Estudo de Impacte Ambiental que permita decidir sobre a sua viabilidade. Este estudo deverá identificar, descrever e avaliar de maneira apropriada, em função das particularidades de cada caso concreto, os efeitos notáveis previsíveis que a realização do projecto produzirá sobre os vários aspectos ambientais. Deste modo, para elaborar o Estudo de Impacto Ambiental é necessário aplicar conhecimentos sobre flora e fauna (espécies comuns, protegidas, em perigo de extinção...), usos do solo (florestal, agricultura...), ecologia (relações entre os seres vivos que lá habitam, assim como aos elementos que possibilitam um estado de equilíbrio), processos geológicos (erosão nos taludes abertos e nas escombreiras geradas, sedimentação nos rios...) e inclusivamente de química (contaminação de solos e águas) (Luzón *et al*, 1998).

Embora a importância deste requisito seja inquestionável, constata-se que não se atingiu ainda a maturidade suficiente. A consensualidade por todos os intervenientes no processo de avaliação

ambiental nem sempre é clara. Esta fonte de incerteza da viabilidade do projecto aparece, frequentemente, associada a tomadas de posição das comunidades locais (particularmente quando são estimuladas e amplificadas por grupos de pressão ambientalista) e quando a percepção dos impactos positivos e negativos do projecto não é tratada com a devida cautela. Estes factores geraram, muitas vezes, fortes reacções negativas que dificilmente são ultrapassadas, podendo conduzir à inviabilização do projecto (Costa, 2000).
A actividade mineira insere-se, de facto, no grupo das fontes geradoras de poluição do ambiente envolvente, contudo, a perigosidade dos seus efeitos é, muitas vezes, inferior aos de outras actividades, como é o caso da actividade agrícola (Oliveira *et al*, 2002). A imagem que as populações têm relativamente à indústria extractiva é muito negativa, devido à exploração não planeada e desenfreada, aos incómodos produzidos, à poluição provocada e à não reposição em termos morfológicos e de coberto vegetal dos locais onde teve lugar a extracção. Consequências das actividades extractivas referidas são os conflitos de interesses que se verificam frequentemente entre industriais do sector da indústria extractiva e as populações (como aconteceu, por exemplo, em Castromil), bem como a inutilização e o comprometimento dos recursos por falta de informação e planeamento (Gomes, 2002 e 2003).

No entanto, não poderá haver desenvolvimento sócio-económico sem se recorrer cada vez mais aos minerais. Os impactos originados pela actividade mineira são, por vezes, considerados de forma algo exagerada pela opinião pública, na medida em que se constroem ideias negativas muito por força dos impactos visuais e paisagísticos e da influência dos *média* (Oliveira *et al*, 2002). Embora a indústria mineira tenha, reconhecidamente, apreciáveis impactos ambientais, existem tecnologias disponíveis para que no final da exploração seja, em geral, possível refazer os eventuais danos ambientais causados, salvo nos casos em que a agressão ambiental excedeu largamente tudo o que seria admissível (Moreira, 1997). Uma importante característica de qualquer georrecurso é a possibilidade de gerar um benefício económico ou social no seu aproveitamento (Costa, 2002).

Em Castromil, e tal como já foi referido, a possibilidade de uma exploração mineira foi inviabilizada por razões ambientais, onde as reclamações da população local terão contribuído de forma significativa para esta decisão. Longe de querer por em causa tal decisão, até porque pensamos que o local apresenta outras potencialidades muito relevantes para além das económicas, perguntamo-nos porque razão não actuou o Ministério do Ambiente (e a própria população) no sentido de recuperar um local que se encontra, como veremos nos pontos seguintes, numa situação de abandono e degradação.

As políticas e os regulamentos ambientais podem ter um impacto negativo na competitividade das empresas, com as consequentes implicações económicas e sociais. Surge assim, o modelo dos

três pilares do desenvolvimento sustentável: competitividade económica, protecção do ambiente e desenvolvimento social, o que terá como consequência o crescimento económico, o equilíbrio ecológico e a melhoria da qualidade de vida. Deste modo, a indústria e as entidades ligadas ao aproveitamento de recursos minerais são hoje confrontadas com a necessidade de encontrar soluções de equilíbrio entre a exploração de recursos, com a minimização do seu impacto ambiental e a criação de riqueza, a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento sustentado (Costa, 2000).

Contudo, este equilíbrio apenas será real se houver uma divulgação consciente e adequada dos cidadãos relativamente aos três pilares em questão pois, caso contrário, dificilmente teremos decisões responsáveis no sentido de uma melhoria social, ambiental e económica, visando um desenvolvimento sustentável.

7.5.2. O Impacto das Minas Abandonadas

As actividades de exploração mineira, quando exercidas de forma descontrolada e sem um devido acompanhamento técnico e tecnológico, podem originar situações de perigosidade para o meio envolvente devido ao impacto, em particular de natureza química, que daí pode resultar. Estas situações nefastas podem evidenciar-se, com maior clareza, nas minas abandonadas (minas que estão inactivas ou encerradas e não têm concessionário ou proprietário legal) e/ou nas que não tiveram em conta uma política de desenvolvimento sustentável (Oliveira & Ávila, 1995).

São várias as minas abandonadas no nosso país, estando já identificadas preliminarmente cerca de 140 áreas mineiras degradadas e abandonadas (Magno, 2001). Algumas apresentam uma séria ameaça tanto para meio ambiente como para as populações locais. Em 85 minas abandonadas que foram investigadas, foi atribuído o grau de perigosidade mais elevado a 14% dos casos (Oliveira *et al*, 2002).

No caso das minas metálicas e afins, o principal problema ambiental relaciona-se com os resíduos de exploração, muito particularmente quando são radioactivos ou a sua paragénese contém sulfuretos metálicos, os quais, se não forem convenientemente depositados, podem originar águas ácidas e a contaminação dos solos e aquíferos por elementos metálicos e/ou radioactivos (Costa, 2000 e 2001).

É sabido que os efluentes líquidos portadores de metais pesados (águas drenadas das minas e de escorrência das escombreiras), que correm livremente para as linhas de água e penetram nos aquíferos subterrâneos, através de processos de infiltração e percolação, constituem uma fonte geradora de contaminação do meio hídrico na área envolvente das explorações mineiras, quer

tenham sido a céu aberto, ou por lavra subterrânea. O meio aquoso, porque constitui um solvente universal, exerce um papel determinante na mobilização e consequente dispersão dos metais presentes nas paragéneses minerais. Assim, as águas de escorrência das escombreiras, provenientes da infiltração das águas das chuvas no material acumulado, bem como as águas da drenagem das minas em contacto prolongado com os filões mineralizados, exibem com frequência altos teores de metais dissolvidos resultantes de processos químicos de dissolução de fases mineralógicas ricas em sulfuretos, espécies altamente vulneráveis e susceptíveis de serem oxidadas pelo oxigénio presente nas águas pluviais. A oxidação dos sulfuretos (processo químico libertador dos metais presentes nestas fases mineralógicas) gera um soluto e baixo pH susceptível de promover o ataque químico a outros minerais.
São vários os casos estudados que apontam, de um modo inequívoco, para o efeito claramente poluente dos sulfuretos. É, de facto, nas situações em que as fases mineralizadas contêm na sua constituição este tipo de minerais que ocorrem efluentes com maior carga metálica.

A produção de soluções ácidas de elevada carga metálica não depende apenas da presença de sulfuretos pois, o calibre apresentado pelo material na fase sólida (condicionante da área de contacto disponível para a ocorrência das reacções) constitui um factor importante na cinética dos processos químicos. Neste contexto, poder-se-á esperar que, na presença significativa de sulfuretos, as escombreiras de finos sejam responsáveis por um maior impacto químico inicial, com tendência para diminuir de forma relativamente rápida por esgotamento da fonte, enquanto que uma escombreira de grossos deverá provocar menor poluição, embora com reflexos a mais longo prazo.
Neste tipo de situações, salienta-se também a importância que se deve atribuir aos agentes erosivos e de transporte de natureza eólica, dado que podem ter influência significativa sobre escombreiras de finas granulometrias, contaminando solos em extensões consideráveis (Oliveira *et al*, 2000).

As escombreiras constituem frequentemente a maior fonte das contaminações detectadas, por conterem ainda quantidades apreciáveis de metais. Alguns dados geoquímicos, recolhidos nas proximidades de várias minas abandonadas do país, revelam a existência de anomalias geoquímicas para diversos metais pesados provenientes, em grande parte, das escombreiras e detritos resultantes da exploração. Elementos químicos como o As, Pb, Zn, Cu, Ag, Sb, Mn e Fe afiguram-se como potencialmente nocivos em termos ambientais, pelo que sobre eles deve incidir uma maior atenção (Oliveira, 1997).

No contexto da indústria mineira são, assim, as questões de natureza "química" que adquirem, na maior parte das vezes, maior relevância, quer pela toxidade inerente aos elementos e componentes envolvidos, quer pela extensão da sua influência. Porém, esta vertente da

problemática ambiental não pode ser dissociada de outros aspectos como, por exemplo, os relacionados com a segurança das pessoas e bens. Situações de risco podem ocorrer devido à existência de estruturas físicas abandonadas, frequentemente em ruína, de escavações, poços, e galerias sem vedações ou qualquer outro tipo de protecção e ainda de eventuais fenómenos de subsidência provocados por abatimentos ou desmoronamentos de trabalhos subterrâneos (Oliveira *et al*, 2002).

Assim, com o objectivo de proceder a uma avaliação dos impactos que as actividades da indústria mineira têm provocado no ambiente envolvente, foi elaborado um programa de estudos de investigação e caracterização ambientais das áreas com minas abandonadas do país (Oliveira *et al*, 2002), permitindo concluir que:

- as minas em situação de abandono podem constituir factor de risco para a segurança e saúde públicas, o qual cresce tendencialmente com o tempo de abandono da actividade;
- os impactos de natureza química afiguram-se como os mais relevantes no meio ambiente envolvente;
- o tipo de intensidade da contaminação química de um determinado meio amostral (solos, sedimentos, águas) varia com a situação em apreciação;
- em alguns casos, os padrões e índices de nocividade atingiram certo significado, requerendo o ensaio e a aplicação de medidas correctivas adequadas, quer de descontaminação e/ou protecção do meio afectado, quer de isolamento e contenção do foco poluidor.

Os impactos tendem a agravar-se consideravelmente ao longo do tempo em situações de minas que entraram em fase de abandono avançado e a preencher áreas com extensões geográficas consideráveis, se não houver uma tomada atempada de medidas correctoras. As minas de minérios radioactivos serão as mais susceptíveis de poder causar situações de gravidade, mas também as minas de onde se extraíram sulfuretos (ou nas quais eles existiam em percentagens relevantes nas gangas minerais ou nos estéreis de produção) adquirem um estatuto de potencial perigosidade (Oliveira *et al*, 2000).

Pelo exposto, facilmente se constata que as minas de ouro de Castromil devem merecer uma atenção especial e urgente pois, não só, se encontram abandonadas (com diversas galerias sem vedação e, por vezes, em risco de subsidência – Fot.2.19), como a presença de sulfuretos é uma realidade (ver ponto 7.5.4.1). Estudos no sentido de detectar os principais problemas ambientais devem ser efectuados, assim como, a identificação das diversas potencialidades (geológicas, económicas, históricas, didácticas, entre outras) que permitam uma recuperação e rentabilização responsáveis e adequadas do local.

7.5.3. Recuperação das Minas Abandonadas

O encerramento de uma mina coloca sempre delicados problemas sociais, técnicos, ambientais, financeiros e até jurídicos, suscitando a necessidade de uma maior integração e abrangência na sua análise, a qual deve contemplar a interligação entre diversas fases do projecto mineiro: prospecção, pesquisa, extracção, recuperação ambiental do local e abandono (Costa, 2000 e 2001). Se os impactos ambientais, no caso da prospecção, são geralmente insignificantes e pontuais, na exploração (tanto a céu aberto como em subterrâneo) podem ser importantes e variar ao longo do tempo. A extensão dos impactes nem sempre é totalmente previsível no começo das operações (Magno, 2001).

Analisado numa perspectiva distinta pode-se, segundo Costa (2000 e 2001), considerar três períodos de actividade: o ante-mina, a mina e o post-mina. Se os dois primeiros são relativamente bem conhecidos, a importância do período post-mina tem vindo a impor-se pelo reconhecimento da existência de locais mineiros abandonados e no qual se desenvolvem processos naturais causadores de impactos negativos no ambiente, necessitando de intervenções de requalificação ambiental. Os trabalhos de reabilitação incluem a remoção das instalações de superfície sem utilização prevista na fase pós-mina, estabilização das cavidades mineiras, encerramento de poços, estabilização e confinamento dos resíduos de exploração não inertes para garantir que não haja emissão de elementos tóxicos no ambiente (contaminação de solos e águas) (Costa, 2001). É ainda importante o estabelecimento de medidas protectoras e correctoras, com o intuito de se conseguir restabelecer o equilíbrio ecológico original e alcançar uma topografia final estruturalmente estável que minimize os riscos de deslizamento ou colapso dos taludes, que facilite a drenagem natural da água superficial e que integre todo o conjunto o mais de acordo possível com as características da paisagem (Luzón *et al*, 1998).

Contudo, se estas situações constituem um passivo ambiental, por vezes muito elevado, também é frequente a existência de activos potenciais de aproveitamento, habitualmente associados à valorização arqueo-museológica dos locais, numa perspectiva cultural, didáctica, turística e até científica, ou à simples preservação de valores de identidade e referências das comunidades onde se integram. Esta perspectiva é merecedora de atenta consideração em qualquer das regiões onde se situem as minas abandonadas.

Uma mina abandonada pode ser também encarada como um repositório para deposição final de resíduos tratados, aproveitando para tal as cavidades de exploração, sejam elas subterrâneas ou a céu aberto (Costa, 2000 e 2001). Sendo a problemática dos resíduos uma das grandes questões ambientais, a possibilidade de utilização de antigas cavidades mineiras pode e deve ser seriamente considerada, desde que apresentem características favoráveis para esse aproveitamento.

Seja qual for o fim, o objectivo principal é proceder à requalificação ambiental de áreas mineiras abandonadas e, complementarmente, poder assegurar-se a preservação do património abandonado das antigas explorações, assim como, do património geológico (afloramentos, locais e/ou paisagens de interesse geológico, quer a nível científico quer didáctico).

Tendo em conta este contexto, o estado decidiu criar uma concessão para a recuperação ambiental de áreas mineiras degradadas, com os seguintes objectivos específicos (Costa & Leite, 2000):

- eliminar, em condições de estabilidade a longo prazo, os factores de risco que constituam ameaça para a saúde e segurança públicas, resultantes de poluição de águas, da contaminação de solos e da eventual existência de escombreiras instáveis ou de cavidades desprotegidas;
- reabilitar a paisagem envolvente e as condições naturais de desenvolvimento da fauna e da flora locais, tendo como referência os respectivos *habitats* anteriores às explorações;
- identificar e preservar o património abandonado pelas antigas explorações, sempre que este apresente significativa relevância económica e/ou como testemunho de arqueologia industrial;
- criar condições para a valorização económica das áreas recuperadas, tendo em conta a aptidão específica de cada caso concreto, designadamente para utilização agrícola ou florestal, promoção turística e cultural, além de outros tipos de aproveitamento que se revelem adequados e convenientes.

Assim, a recuperação ambiental das minas abandonadas deverá ser executada de forma acautelada, tendo em conta todas as soluções possíveis. Há que ter imaginação e salvar a todo o custo o que ainda resta, se possível de modo coordenado com os projectos actuais e/ou futuros de musealização (Oliveira *et al*, 2002). Tornou-se claro que várias das minas abandonadas adquirem alguma relevância museológica, merecendo, nesta perspectiva, ser alvo de acções de recuperação e valorização do seu património geológico e industrial (Matos *et al*, 2001 *in* Oliveira *et al*, 2002). Estas potencialidades podem tornar estes locais em verdadeiros focos de atracção turística, didáctica e até científica (genericamente designados como exomuseus, geomonumentos naturais ou parques mineiros).

A 15 km de Liége, uma mina de carvão mineral, aquando do seu encerramento, deu origem a uma nova empresa edificada sobre a antiga exploração de carvão na estrita observância de critérios de salvaguarda do património da investigação e do conhecimento científico, do turismo e do lazer. Ou seja, procedeu-se à valorização cultural da mina, do monumento técnico que ela representava (Custódio, 1993).

Em Portugal, pode referir-se como exemplo de valorização cultural e económica, o Parque Mineiro da Cova dos Mouros no Algarve.

A pequena dimensão da generalidade das explorações mineiras, muitas vezes associada a uma curta duração da actividade extractiva e a falta de medidas protectoras e fiscalizadoras do

património mineiro ao longo dos tempos conduziram a que grande parte do equipamento em ferro tivesse sido progressivamente vendida para a sucata, com a consequente perda de espólio arqueológico industrial. No entanto, como acontece com o Parque Mineiro da Cova dos Mouros, qualquer mina, mesmo de pequenas dimensões e reduzida a poços mineiros e ruínas antigas, pode ser reabilitada e valorizada se devidamente enquadrada num projecto de desenvolvimento sustentado (Oliveira *et al*, 2002).

Convém realçar que nos locais que eventualmente evidenciem aspectos geológicos que sejam considerados pertinentes, a recuperação deverá ser desenvolvida de modo a que a mesma tenha em consideração esses aspectos. Para tal, deverá elaborar-se um modelo que permita que os afloramentos mais importantes possam, após a recuperação, continuar a ser objecto de observações e análises por alunos e professores de vários graus de ensino (Saraiva & Pinto, 1999).
As minas abandonadas de Castromil enquadram-se perfeitamente neste contexto pois, entre outros factores, são vários os aspectos geológicos de interesse relevante (a nível científico, didáctico e económico). Reiteramos, uma vez mais, a importância da sua recuperação e rentabilização como uma mais valia do nosso património.

A opinião pública estará cada vez mais sensível às práticas industriais inadequadas à preservação do ambiente e à qualidade de vida, particularmente ao impacto paisagístico devido à crescente importância dos valores dos patrimónios natural e cultural (Costa, 1999 e 2000).
As crescentes formas de participação pública no processo de decisão de licenciamento das operações tenderão a aprofundar-se e a ganhar uma importância crescente, não se reduzindo aos casos de manifestação extrema a que hoje se assiste (Costa, 1999). Neste contexto, a execução do programa de recuperação de minas abandonadas pode ter um impacto muito positivo na correcção desta imagem, ao devolver à comunidade locais, devidamente requalificados, que eram exemplo de degradação ambiental, paisagística e humana (Costa, 1999 e 2001). No caso da imagem da indústria deverão ser executadas acções de informação e sensibilização que promovam a sua aceitação pública, particularmente divulgando as boas práticas (Costa, 2000).
Há ainda que salvaguardar a possibilidade de reabilitação da industria mineira num dado local para a exploração do mesmo minério (como poderá acontecer na área estudada relativamente ao ouro) ou, o que é mais comum, para explorar um mineral já conhecido (ou recentemente descoberto) e que entretanto se tornou minério. As antigas minas de estanho em pegmatitos, na região do Barroso, são actualmente um exemplo de futuras explorações em espodumena e petalite para a indústria da cerâmica.

7.5.4. O Local em Estudo

No Jazigo de Castromil foram efectuados estudos de impacte ambiental com o intuito de avaliar a viabilidade do projecto de exploração mineira pela *Connary Minerals*, uma empresa Irlandesa de pequena dimensão. Nestes estudos foram analisadas as condições ambientais da área antes da abertura da mina e foi feita uma previsão dos impactes positivos e negativos no ambiente provocados pela exploração do jazigo. Foram também sugeridas medidas para diminuir ou eliminar os impactes negativos e aumentar os efeitos dos impactes positivos.

7.5.4.1. *Perturbações Ambientais*

Com base nos Estudos de Impacte Ambiental (Connary Minerals, 1997 e 1999) e num outro estudo efectuado por Pinto (2001), reconhecem-se e identificam-se como principais perturbações ambientais no local em estudo:

- a presença de uma cicatriz bem visível na paisagem que corresponde ao talude da linha do caminho-de-ferro, o qual apresenta importantes problemas de estabilidade (Fot.2.18).

- picos de ruído, muito superiores aos Valores Máximos Admitidos, provocados pela circulação de comboios na linha do Douro, que delimita a Sul o local estudado.

- a degradação existente na paisagem provocada por antigos trabalhos mineiros como escombreiras, poços e galerias, na sua maioria sem qualquer tipo de vedação ou protecção (Fot.2.19).

- a existência de um problema de contaminação de algumas águas subterrâneas, causado por contaminação química de origem natural.

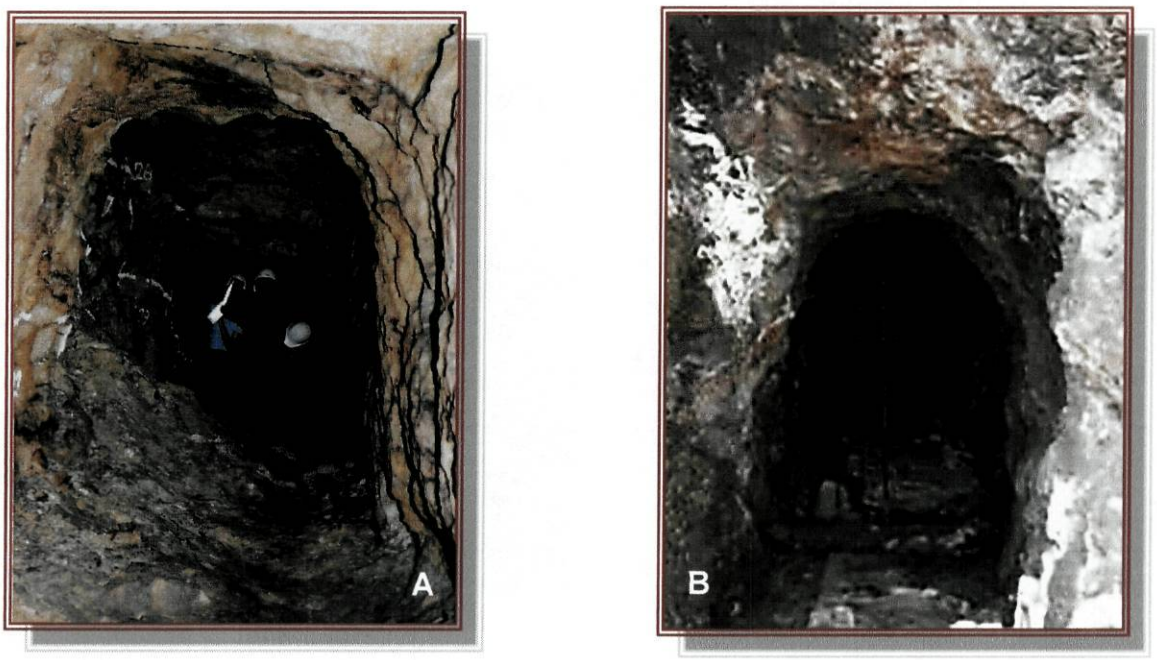
Os resultados obtidos para as águas superficiais e subterrâneas (em furos, poços e linhas de água) do Vale de Castromil (área envolvente, situada a NE da mineralização) indicam teores de arsénio abaixo do Valor Máximo Admissível para as águas de consumo humano. No entanto, concentrações significativamente elevadas de arsénio na água, ocorrem nas amostras retiradas de dois furos (águas subterrâneas) localizados na área mineralizada, onde os teores obtidos as tornam impróprias tanto para consumo humano como para águas de rega. Contudo, estas duas amostras não podem ser consideradas representativas das concentrações de arsénio existentes na água fora da zona mineralizada.

Por conseguinte, o risco actual, inerente aos valores apresentados pela contaminação das águas em arsénio, apenas é significativo na zona mineralizada. Na área envolvente à mineralização esse risco é baixo e situa-se dentro da gama de valores considerada como de "risco permitido".

- os solos da área do jazigo de Castromil apresentam concentrações em arsénio e chumbo muito superiores ao Valor Máximo Admissível, estabelecido para a qualidade de um solo. A existência desta zona contaminada é uma consequência directa da mineralização e dos antigos trabalhos mineiros existentes no local. Os valores obtidos exigem, segundo Pinto (2001), uma clara e imediata intervenção no local.

Contudo, a concentração de arsénio nos solos diminui significativamente à medida que nos afastamos do corpo mineralizado. Os solos agrícolas do Vale de Castromil embora apresentem, por vezes, valores que ultrapassam, também, os limites definidos por lei, não são comparáveis aos verificados na área mineralizada. Constata-se, ainda assim, a presença de valores relativamente elevados de arsénio na zona residencial e agrícola que, segundo Pinto (2001), devem ser tidos em conta em futuros trabalhos de remediação.

- nas amostras de espécies vegetais estudadas (batateira, couve e alface), destaca-se a presença de teores elevados de arsénio, cobre, chumbo e zinco, apenas ao nível das raízes não se detectando, nos restantes órgãos, valores anómalos/acima dos limites de tolerância.



FOTOGRAFIA 2.19 – A) Galeria sem vedação e com problemas de estabilidade; B) Galeria com a vedação parcialmente destruída (foto gentilmente cedida pelo Dr. Alexandre Lima).

A análise conjugada dos resultados permite identificar o local em estudo como uma zona onde a degradação da qualidade do meio é elevada, não existindo, contudo, uma homogeneidade espacial desta contaminação. A situação de perigosidade latente que eventualmente poderá ocorrer em Covas de Castromil, pelo facto dos sais de arsénio se poderem tornar fontes de intoxicação, está circunscrita à área da mineralização (área florestal cuja a utilização se limita ao lazer ocasional), podendo, no entanto, observar-se alguns efeitos directos na área envolvente

(área residencial e agrícola), condicionados pela topografia. O impacte ambiental na área envolvente, particularmente no Vale de Castromil, não tem, actualmente, a mesma intensidade que se verifica na área mineralizada.

7.5.4.2. *A Exploração Mineira e os Impactes Ambientais*

i) Impactes Positivos

O Estudo de Impacte Ambiental, inserido no projecto de exploração mineira para o local estudado, elaborado pela Connary Minerals (1997 e 1999), previa os seguintes impactes positivos:
- a redução da poluição dos solos, com valores anormais de arsénio e chumbo;
- a criação de melhores acessos;
- a recuperação paisagística de uma zona de floresta degradada;
- a redução da presença de águas contaminadas;
- a produção de matérias-primas importantes (ouro e prata);
- a criação de emprego;
- o impacto sócio-económico.

ii) Impactes Negativos

Como impactes negativos temporários (que duram enquanto existir a exploração), o Estudo de Impacte Ambiental previa para o local:
- a produção de ruído;
- a produção de resíduos sólidos;
- a produção de efluentes líquidos;
- a produção de vibrações provocada pelo uso de explosivos;
- a produção de poeiras;
- o impacto visual;
- a manipulação e laboração com produtos potencialmente tóxicos;
- o aumento local da erosão;
- a destruição da vegetação e *habitats* dos animais;

Saliente-se que a circulação das águas na área envolvente, situada a Este relativamente à mineralização, se dá preferencialmente ao longo do Vale de Castromil em direcção ao rio Sousa, pelo que não seria de esperar que o regime de escoamento dos poços, situados a Este do ribeiro de Castromil, fosse afectado pelas actividades mineiras de exploração. O mesmo não se passaria, no entanto, com os que se encontram do lado Oeste da mineralização (Connary Minerals, 1999).

Como impactos negativos definitivos (que persistem para além do tempo de vida da exploração), previa-se:

- a modificação da topografia;
- eventual criação de um aterro de materiais no local;
- possibilidade de contaminação residual;
- destruição dos trabalhos mineiros antigos com possível potencial cultural e histórico, assim como de algumas estruturas geológicas de interesse didáctico.

Como reacção ao Estudo de Impacte Ambiental efectuado pela Connary Minerals (1997), a população de Castromil elaborou um documento ("Exposições e reclamações da população de Castromil" – 1998) onde apresentou as razões que levaram à oposição ao projecto de exploração da mina de ouro proposto pela Connary Minerals. Nesse documento são descritas algumas das críticas da população aos impactos positivos descritos no Estudo de Impacto Ambiental. Aspectos como a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, a alteração da morfologia e da paisagem, a poluição atmosférica e sonora e o empobrecimento e contaminação dos solos, são também aí realçados.

A proposta de exploração do jazigo, apresentada pela Connary Minerals, acabou por ser recusada pelo Ministério do Ambiente por razões ambientais.

Saliente-se contudo que, dada a ocorrência de reservas significativas de ouro no local, a potencialidade para a existência de uma futura mina continua a ser uma realidade, mesmo com os aspectos positivos e negativos que se verificam aquando da sua exploração. Além disso, tem-se verificado que, tal como acontece em minas de ouro no Norte de Espanha (Astúrias), anteriormente exploradas pelos romanos, se pode obter muito conhecimento de arqueologia e geologia mineira acerca da mineração antiga. Muitos destes aspectos apenas se revelam aquando de uma exploração mas profunda do local, pelo que se os trabalhos mineiros se realizassem acompanhados de especialistas nestas áreas, contribuiriam para uma melhor compreensão de locais com características idênticas que não são, actualmente, objecto de exploração.

É, ainda, nossa opinião que, independentemente do seu aproveitamento ou não como futura mina de ouro, a situação actual em que o local se encontra e as potencialidades que apresenta, justificam, tal como foi já referido, uma intervenção ao nível da sua recuperação ambiental e rentabilização.

CAPÍTULO III

CONTEXTUALIZAÇÃO DIDÁCTICA

III. CONTEXTUALIZAÇÃO DIDACTICA

1. INTRODUÇÃO

A diversificação de materiais e estratégias utilizadas no processo ensino/aprendizagem são factores que não podem, nem devem, ser ignorados pelo professor. No caso da Geologia, por exemplo, é importante reconhecer as vantagens de metodologias activas com iminente carácter prático ligadas ao meio em que o aluno está inserido, contrapondo-se a uma Geologia teórica e abstracta frequentemente implícita nos manuais escolares. Se o ensino da ciência pretende contribuir para a formação de cidadãos responsáveis, socialmente conscientes, não se pode limitar ao "ensino laboratorial" e à "sala de aula", mas deverá alargar-se ao meio social (Ramsey, 1993 *in* Teixeira, 2004). A aprendizagem gerada através das actividades de campo contribui não só para um desenvolvimento conceptual, mas também para o desenvolvimento de destrezas e atitudes positivas no estudante (Garcia de la Torre, 1994). Assim sendo, as actividades fora da sala de aula, como as visitas a museus, visitas a reservas naturais, saídas de campo, etc., frequentemente designadas de *actividades outdoor*, surgem como essenciais tanto no ensino formal como no ensino não formal. Relembre-se que as *actividades outdoor* procuram atingir não só objectivos científico-tecnológicos mas também sociais e afectivos (Salvador, 2002).

Dentro deste contexto, as "minas abandonadas" (e são várias as existentes no nosso país) podem ser excelentes suportes à realização de *actividades outdoor* pois possuem, geralmente, um conjunto de aspectos de interesse cultural, histórico, turístico, geológico e didáctico que devem ser rentabilizados. Além disso, a quase inevitável degradação destes espaços não deixa de ser um problema ambiental e social, pelo que este tipo de actividades poderá contribuir de forma significativa, não só para o aproveitamento e valorização destas áreas, mas também para a alfabetização científica dos cidadãos, com particular relevância na área da Geologia.

Ao longo deste capítulo serão abordadas, ainda que de uma forma sucinta, o conceito de actividades em ambiente *outdoor,* seguindo-se a sua caracterização tendo em conta a perspectiva educacional a que recorremos e as dimensões em análise na avaliação do impacte da actividade desenvolvida neste estudo (*a construção do conhecimento*; o *desenvolvimento de atitudes e valores* e a *alfabetização científica).*

A metodologia de trabalho adoptada, baseada no modelo de Nir Orion (1993) para saídas de campo no âmbito da Geologia será, também, aqui foco de abordagem. Tendo em conta o modelo referido, a realização de uma actividade em ambiente *outdoor* do tipo "*Visita às minas de ouro de Castromil*" exigiu um trabalho na sala de aula (tanto na fase de pré-viagem como na fase de pós-viagem), assim como a construção de materiais de apoio específicos para alunos e professores, tais como: guião, elementos de orientação, pósteres, entre outros.

2. ACTIVIDADES *OUTDOOR*

De acordo com alguns autores (Salvador, 2002; Salvador & Vasconcelos, 2003), um número considerável de investigações tem vindo a destacar as *actividades outdoor* como um elemento promotor de um ensino/aprendizagem adequado às exigências actuais da didáctica da Geologia. A grande maioria desses estudos não apresenta, contudo, uma definição do conceito que permita a sua clarificação e uso sem ambiguidade. A muita informação veiculada pela *Internet,* associa frequentemente as *actividades outdoor* a actividades lúdicas desenvolvidas em ambiente natural como, por exemplo, a canoagem, o montanhismo ou desportos radicais que não têm como objectivo principal o ensinar ou o aprender Ciências, mas sim contribuir, de alguma forma, para o bem-estar físico/psíquico dos intervenientes, através do contacto directo com a natureza
Numa perspectiva educacional, as *actividades outdoor* vão muito além destes aspectos e, embora seja conceptualmente difícil encontrar uma definição universal, Salvador (2002) define *actividade outdoor* como toda a actividade realizada fora da sala de aula mas não obrigatoriamente realizada em ambiente natural, podendo ser integrada, quer no ensino formal quer no ensino não formal. Como objectivo principal deve contribuir para a alfabetização científica dos seus participantes, ser organizada e desenvolvida por um monitor com preparação científica e académica para o efeito. A autora refere, ainda, que se pretende que seja uma actividade holística, ao abarcar objectivos científicos, tecnológicos, sociais e afectivos, sem deixar de dar destaque preponderante à divulgação científica e, se possível, aos problemas ambientais. Pelo exposto, a autora inclui nas *actividades outdoor* a tradicional saída de campo, as visitas aos museus de ciências ou a parques biológicos e geológicos, as actividades com alunos fora da sala de aula no âmbito do cumprimento curricular ou do extra-curricular ou as actividades realizadas com outro tipo de participantes no âmbito do ensino não formal.

A actividade que se apresenta neste trabalho está inserida nas designadas *actividades outdoor*, uma vez que se trata de um trabalho no campo com o intuito de abranger (junto de alunos do 9º ano de escolaridade do ensino básico) dimensões ao nível da construção do conhecimento, da alfabetização científica e das atitudes e valores, num ambiente não formal. A *actividade outdoor* aqui desenvolvida visa uma educação mais contextualizada e humanizada através da qual se procura formar cidadãos capazes de intervir de modo consciente, responsável e solidário na sociedade e perante o ambiente.

3. ACTIVIDADES OUTDOOR E OS DIFERENTES TIPOS DE ENSINO

As formas ou fontes de aprendizagem podem-se dividir ou agrupar em três tipos diferentes de educação ou situações educativas: *formais, não formais e informais* (Coombs Y Ahmed, 1974; Kassam, 1982; King, 1982; La Belle, 1982; Touriñan, 1983; Garcia Carrasco, 1988; Trilla, 1993; Rivas, 1993a *in* Yuste, 1995).

A aprendizagem que cada cidadão vai adquirindo ao longo da sua vida, seja ela de natureza científica ou não, passa, então, necessariamente por uma das situações educativas de *ensino formal, ensino não formal* e *ensino informal*, ainda que as suas ocorrências não sejam equivalentes ao longo de toda a vida do indivíduo (Martins, 1999).

De um modo geral, cada tipo de ensino pode ser caracterizado do seguinte modo:

i) *Ensino Formal*

- é estruturado e administrado segundo um conjunto relativamente rígido de leis, normas e procedimentos;
- apresenta estruturas verticais e horizontais (classes de idade homogénea e ciclo hierarquizado) (Hamadache, 1991);
- envolve necessariamente a escola, a presença do aluno e do professor (ensino presencial) (Hamadache, 1991; Dib, 1997);
- apresenta conteúdos mínimos e definidos a ser desenvolvidos pelo professor num determinado número de horas;
- antecede, normalmente, a actividade profissional do indivíduo.

São exemplos de situações de *ensino formal* as tradicionais aulas de Ciências Naturais, Matemática, Físico-Química, etc. Este tipo de ensino processa-se, geralmente, através das escolas, institutos e universidades.

ii) *Ensino Não Formal*

- tal como o formal, também o ensino não formal é intencional e tem objectivos bem explícitos de aprendizagem;
- encontra-se excluído do sistema educativo curricular (Yuste, 1995; Araújo, 2001);
- as actividades são organizadas e estruturadas;
- embora podendo ocorrer na escola, desenvolve-se principalmente fora dela;
- apresenta um carácter não obrigatório (Araújo, 2001);
- é normalmente concebido de forma a tornar-se agradável ("desejado pelo emissor e receptor") (Hamadache, 1991);
- as condições de admissão são mais flexíveis do que as do formal;
- procura atingir um público heterogéneo (Araújo, 2001);
- apresenta grande variedade de situações educativas.

São exemplos de situações de *ensino não formal* as *actividades outdoor* (do tipo "Geologia no Verão") e os clubes de fotografia, de ciência..., que muitas vezes existem nas escolas. Este tipo de ensino processa-se, geralmente, através de museus, revistas especializadas, centros de ciência, cursos livres, clubes, actividades de campo, exposições e conferências/palestras.

iii) *Ensino Informal*

- ocorre no quotidiano de forma espontânea (Martins, 1999);
- pode ser visto como um processo de osmose entre aquele que aprende e tudo aquilo que o rodeia (Hamadache, 1991);
- distingue-se do ensino formal e não formal na medida em que nestes dois, o processo educativo pode ser diferenciado dos outros processos sociais enquanto que no ensino informal isso não pode acontecer (pois ocorrem simultaneamente) (Yuste, 1995);
- não corresponde a uma visão organizada e estruturada de educação.

É exemplo de uma situação de *ensino informal* um diálogo entre amigos. Este tipo de ensino processa-se, geralmente, através da família, vizinhos e amigos, Igrejas, meios de comunicação, museus e jogos. Contribui de forma significativa, por exemplo, na aquisição da língua, valores culturais, atitudes, crenças gerais, conhecimentos e competências da vida diária de um dado meio.

Segundo Martins (1999), há que ter consciência que a *ciência escolar* é diferente de *ciência para a cidadania*. O erro está em supor que aqueles que alcançaram bons níveis de ciência escolar, e por ventura serão muitos, terão alcançado um nível de alfabetização científica que lhes será útil quando adultos, o que não é, necessariamente, verdade. Alho (1991) refere que a educação, hoje, não pode ser apenas o "ir à escola". Os imperativos de formação de uma sociedade complexa e em permanente mudança, como a sociedade do Séc.XXI, justificam o recurso à aprendizagem quer no ensino formal, quer no ensino não formal (ou mesmo no informal).

Nos nossos dias o progresso da Ciência e Tecnologia é tal, que o *ensino formal* é claramente insuficiente para toda a vida, pelo que para estimular uma actualização contínua dos conhecimentos e da informação científica, é necessário incrementar novos meios para fomentar a educação em ciência. Deste modo o *ensino não formal* assume um papel importante na formação contínua dos cidadãos. Os museus, as oficinas, as exposições, actividades de campo não estando subordinados ao sistema educativo curricular assumem um papel fundamental na alfabetização científica. A par do exposto, as *actividades outdoor*, concebidas como elemento do ensino formal ou do não formal, são potencializadoras de um nível de alfabetização científica que vai além da ciência escolar e que caminha no sentido da ciência para a cidadania. Por outras palavras, o desenvolvimento de *actividades outdoor*, nomeadamente no ensino não formal, promove uma aprendizagem permanente e contínua dos cidadãos intervenientes.

4. O MODELO DE NIR ORION

Foi com base no modelo organizativo proposto por Orion (1993), elaborado para o trabalho de campo em Geologia, destinado a alunos do ensino básico e secundário, que a actividade de campo inserida neste estudo foi planificada. Este modelo de aprendizagem para actividades no campo apresenta-se como alternativa às tradicionais saídas de campo em que a estratégia de aprendizagem se centra no professor e na informação que este transmite com a finalidade de dotar o aluno da maior quantidade de informação possível, servindo o contexto natural apenas para ilustrar e confirmar os fenómenos geológicos.

No modelo de Orion (1993), o ciclo de aprendizagem ocorre segundo um desenvolvimento tridimensional em que a hierarquização dos conceitos se faz num movimento em espiral, do concreto para o abstracto, como ilustra a Fig.3.1. Partindo do seu conhecimento quotidiano, o aluno vai, através do tratamento e resolução de problemas, conseguindo um acerto progressivo do conhecimento científico (Garcia & Garcia, 1992 *in* Suárez, 1994).

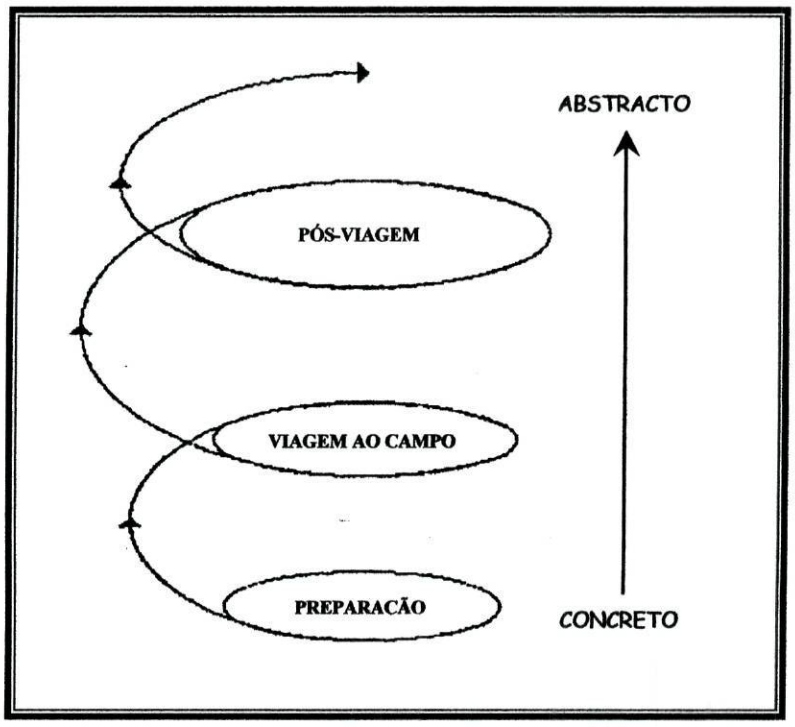


FIGURA 3.1 - Estrutura da Unidade Viagem de Campo segundo o modelo organizacional desenvolvido por Orion (1993).

A saída ao campo desenvolve-se, assim, segundo três fases bem definidas, que embora independentes se interligam, ou seja, cada uma serve de ligação com a fase seguinte (Fig.3.1). Essas fases são:

Fase 1 - Preparação da actividade (pré-viagem);

Fase 2 - Viagem ao campo;

Fase 3 - Pós-viagem.

A fase de **preparação da actividade** tem como ambiente de aprendizagem a sala de aula e/ou laboratório, podendo apresentar uma duração variável. Durante esta fase deverão ser desenvolvidas tarefas com o principal objectivo de preparar os alunos para a actividade exterior.
Orion (1993) realça nesta primeira fase a importância de reduzir ao mínimo o "*Novelty space*" (*espaço novidade* ou *espaço desconhecido*), relacionado com o grau de familiaridade ou de novidade do aluno relativamente ao meio a visitar. Se o ambiente é novo o aluno tem primeiro que o explorar e só depois deste se tornar familiar poderá concentrar-se no acto de aprender. Segundo o mesmo autor, os factores relacionados com o *novelty space* podem decompor-se em factores de ordem cognitiva, psicológica e geográfica.
A *nível cognitivo*, o aluno deve ser familiarizado com as ideias, conceitos e fenómenos que irão ser abordados, assim como com habilidades necessárias para as tarefas a realizar no campo. Poderão ser elaboradas actividades como, por exemplo, treinar destrezas utilizando instrumentos (mapas, bússola,...), praticar técnicas a usar no campo (identificação de minerais, rochas e fósseis,...), observar e analisar ilustrações ou maquetas cujos os processos e fenómenos venham a ser observados no campo.
Os factores de *natureza psicológica* estão relacionados com a componente emocional e afectiva da viagem e a motivação intrínseca dos alunos para a saída. Factores negativos como a tensão ou insegurança podem ser reduzidos através de uma apresentação algo detalhada sobre o modo como se prevê que a saída decorra. Elementos como a duração da viagem, o número de paragens, os momentos de descanso, a metodologia de trabalho a utilizar e os conhecimentos necessários para cada paragem, devem ser aqui fornecidos.
Os *factores geográficos* estão relacionados com o conhecimento e familiarização com o local em estudo. A exploração de mapas, filmes e diapositivos do local são boas opções para reduzir este factor.

Tendo em conta estes aspectos torna-se relevante reduzir ao mínimo o *novelty space* de forma a potenciar as actividades preparadas para o campo, fomentando a capacidade de concentração e participação nas actividades propostas.

Convém, no entanto, salientar que, para além das actividades relacionadas com a diminuição do grau de novidade, deverão ser, ainda, motivo de cuidada preparação os seguintes aspectos:
- selecção da área de estudo e respectivas paragens, que devem possuir características didácticas relevantes e de fácil acesso;
- organização e distribuição dos conceitos para cada paragem de forma articulada com as características do afloramento, assim como, articulada com os conteúdos curriculares;

- planificação do roteiro, tendo o cuidado de assegurar a sua praticabilidade em termos de distâncias entre as diversas paragens e uma adequada sequência entre elas;
- elaboração de tarefas e materiais inerentes às actividades de campo, com vista a serem usados durante a saída pelo professor e pelos alunos.

A segunda fase, **viagem ao campo**, apresenta-se como a unidade central do módulo, pois é sobre ela que se centra a atenção tanto da fase de preparação como da pós-viagem. Nesta fase há uma interacção constante entre os alunos e o meio a partir do qual vão construindo a informação, em vez de estarem passivamente a absorver as informações vindas do professor. O trabalho de grupo assume aqui particular realce não só pelas atitudes de partilha, de respeito pela diferença, co-responsabilização, etc., mas também porque os alunos têm, em geral, uma percepção positiva dos benefícios educacionais que derivam de trabalhar em grupo no campo (Kempa & Orion, 1996 *in* Moreira, 2001). Os materiais elaborados de apoio específico a usar pelos alunos e professores como, por exemplo, um guião da viagem, pósteres, modelos, elementos de orientação, etc. devem ser aqui aplicados.

A fase **Pós-viagem** ocorre, tal como a primeira fase, na sala de aula e/ou no laboratório. Nesta fase desenvolvem-se situações de discussão (com o levantamento de questões novas ou retomando as que ficaram pendentes no campo), de análise, reflexão e abordagem estruturada e articulada dos conhecimentos e informações obtidas. Os conhecimentos serão reutilizados ou reciclados e prontos para organizar novas (re)construções. Os aspectos relacionados com as atitudes dos alunos perante a actividade de campo serão avaliados nesta fase.
O desenvolvimento sequencial das actividades de campo (no antes, durante e pós-viagem) mostra-se como algo de grande eficácia (Garcia de la Torre, 1994).

Com o modelo adoptado, pretende-se a valorização de situações problemáticas que são colocadas aos estudantes, bem como o desenvolvimento de actividades orientadoras e incentivadoras para eles realizarem, inseridas numa linha de continuidade com o currículo. Procura-se partir das ideias prévias dos alunos para as ir reconstruindo progressivamente, fomentar atitudes de pesquisa, estimular a curiosidade e criatividade, desenvolver atitudes críticas e participativas sobre ciência e problemas ambientais. É intenção, não só desenvolver conteúdos, mas também destrezas e atitudes positivas. O professor deve ser encarado como o organizador de estratégias que estimulem a problematização e formulação de hipóteses, bem como a interacção e o conhecimento contextualizado da disciplina (Cachapuz *et al*, 2000). A avaliação deve ter em atenção o trabalho e empenho manifestados pelos alunos no desenvolvimento das actividades e os seus comportamentos e atitudes para com os colegas.

Embora o modelo organizativo de Orion (1993) tenha aplicação directa no Trabalho de Campo, pensamos que, tal como refere Salvador (2002), é possível aplicá-lo noutras situações de aprendizagem. Assim sendo, embora a maioria dos estudos do autor do modelo se aplique ao ensino formal da Geologia, aplicamos, na presente dissertação, o modelo organizativo a um trabalho de campo no ambiente não formal.

5. DIMENSÕES EM ANÁLISE NA AVALIAÇÃO DA ACTIVIDADE DESENVOLVIDA

As dimensões em análise na avaliação da *actividade outdoor* desenvolvida neste trabalho, junto de alunos do 9º ano de escolaridade, foram a *construção do conhecimento*, o *desenvolvimento de atitudes e valores* e a *alfabetização científica*.

5.1. Construção do Conhecimento

A aprendizagem é um processo complexo onde intervêm a metodologia de ensino/aprendizagem usada, os conteúdos a aprender, a motivação do aluno, as suas ideias prévias, o ambiente onde se processa a aprendizagem, entre outros aspectos.

Na área da Geologia, parece não haver controvérsia acerca da grande importância que as actividades de campo desempenham no processo de ensino/aprendizagem desta ciência, pois exercem um papel pedagógico fundamental em qualquer nível escolar (Compiani & Carneiro, 1993). A importância das actividades de campo no ensino da Geologia é manifestamente reconhecida pela maioria dos profissionais que a ensinam (Garcia de la Torre, 1994; Vaquero *et al,* 1994). As vantagens que o contacto com o campo proporciona na aprendizagem da Geologia são ampla e naturalmente aceites (Ferreira, 2001; Moreira *et al*, 2002). Os fenómenos geológicos ao apelarem a um encontro com o real, de confirmação ou de refutação, exigem maior aproximação e contacto com a natureza, diminuindo a sua abstracção na mente do estudante. Além disso, o "confronto" com a natureza é também um meio propício para o levantamento, tratamento e resolução de problemas. Segundo Senabre (1994) a resolução de problemas é parte do processo de "pensar" e este inclui as acções intelectuais de aplicação de conhecimento, inter-relações, inferência, antecipação de resultados esperados e tomada de decisões. O tratamento e resolução de problemas são uma tarefa básica da actividade intelectual necessária para a aprendizagem da Geologia. Daqui se infere que as actividades de campo contribuem, entre outros aspectos, para uma melhoria significativa na aprendizagem de conceitos, princípios e fenómenos geológicos.

É importante realçar que a observação avulso, sem uma base teórica em que se possa apoiar, reduzirá a actividade de campo a uma compartimentação e a saberes cumulativos que não contribuem para a compreensão global dos fenómenos geológicos (Marques *et al*, 1996). Há, pois, que ajudar os alunos a pensarem sobre o que observam e sobre o significado do que observam, numa relação com o aprendido anteriormente (Praia & Marques, 1997). A observação dos factos não é neutra nem espontânea, antes pelo contrário, é condicionada pela rede de significados que o observador já possui, ou seja, não basta a percepção para observar, é necessário um enquadramento teórico que oriente a observação (Marques, 1996). Neste contexto, conhecer as ideias prévias dos alunos em relação às áreas específicas do conhecimento científico a abordar na actividade adquire uma importância capital, pois é um ponto de partida para possibilitar e facilitar o desenvolvimento e reestruturação dessas ideias, bem como a reflexão sobre elas (Ramos *et al*, 2001). Um indivíduo aprende significativamente quando relaciona novos conhecimentos com outros conceitos ou proposições relevantes que formavam parte da sua estrutura cognitiva (Garcia-Galán, 1994). Para construir conhecimentos é necessária a interacção da nova informação com as ideias prévias relacionadas (Suárez, 1994).

Um projecto didáctico adequado, para além de permitir identificar os conceitos prévios do aluno, deve, também, trabalhar previamente o que o aluno necessita de conhecer da área a visitar, indicar claramente os objectivos da saída e os conhecimentos conceptuais a incluir e, sobretudo, não deve ser demasiado ambicioso. Deve-se tão somente ter em vista modificar e adquirir novos conceitos, mudar esquemas conceptuais, desenvolver destrezas, adquirir atitudes e competências (Garcia de la Torre, 1993 *in* Moreira, 2001).

Nesta perspectiva o conteúdo é entendido não como um fim em si, mas como um meio para trabalhar procedimentos, treinar competências e destrezas, assim como mudar atitudes. O aluno assume o papel de investigador da problemática levantada (por si ou pelo seu professor) e chama a si a resolução da mesma. Partindo do seu conhecimento anterior, é entendido como construtor activo do seu próprio conhecimento no contexto social em que se desenvolve. Isto permite confrontar o seu conhecimento científico numa perspectiva histórica, confronto esse capaz de gerar mudanças conceptuais, metodológicas e de atitude. O processo fundamental de construção do conhecimento é a reestruturação das estruturas existentes num processo de mudança qualitativa e não apenas quantitativa.

Novak (2000) refere que ocorre aprendizagem significativa quando há:

- compromisso efectivo de relacionar novos conhecimentos com a aprendizagem anterior;
- aprendizagem relacionada com experiências de casos ou objectos;
- esforço intencional de relacionar novos conhecimentos com conceitos de nível mais elevado e mais inclusivos, na estrutura cognitiva;
- incorporação substantiva, não arbitrária, de novos conhecimentos na estrutura cognitiva;

A mesma autora refere, ainda, que são factores decisivos na construção do conhecimento, por parte dos alunos, o contexto de aprendizagem e a dinâmica de grupo.

Do ponto de vista do processo ensino/aprendizagem, as actividades de campo são, ainda, adequadas ao desenvolvimento da interdisciplinaridade pelo que, sempre que possível, devem procurar desenvolver-se numa perspectiva que contemple outras áreas do conhecimento. A familiarização dos alunos com a transversalidade disciplinar contribuirá de forma significativa para a formação de cidadãos activos e participantes na resolução dos problemas que a sociedade actual lhes coloca.

5.2. Desenvolvimento de Atitudes e Valores

Marques *et al.* (1996) consideram o trabalho em ambiente natural como um meio propício ao desenvolvimento de atitudes e valores. Segundo Pessoa (1991) as visitas de estudo são potenciadoras ao nível da aquisição de atitudes e valores a despertar nos alunos, pois contribuem para a criação do sentido de responsabilidade e solidariedade, para o despertar da espontaneidade, para o desenvolvimento da criatividade, para um enriquecimento cultural e para a necessidade de contactos com o mundo exterior à escola. Também Salvador & Vasconcelos (2003) reconhecem a potencialidade das *actividades outdoor* (nas quais se inserem as actividades de campo) no desenvolvimento de atitudes e valores nos alunos quer ao nível da preservação do ambiente, quer ao nível da relação aluno/aluno.

5.3. Alfabetização Científica

A definição do conceito de "Alfabetização", embora possa parecer fácil, simples e objectiva, na realidade não o é. Habitualmente, considera-se que alfabetizado é aquele que sabe ler e escrever, podendo também significar a aprendizagem obtida durante a instrução primária. No entanto, Martins (1999) refere a posição tomada por Wagner (1998) onde o conceito de alfabetismo é tido como um fenómeno cultural que só se compreende e se define adequadamente dentro da cultura, da língua e da época na qual existe. Assim, não deverá haver uma definição única e permanente, pelo que o termo *alfabetização* deve ser entendido como um conceito *móvel*, ou seja, aquilo que é julgado suficiente para definir uma pessoa como alfabetizada depende da época e do contexto em que o indivíduo vive (Martins, 1999). Assim sendo, pode dizer-se que a noção de alfabetização científica tem variado ao longo do tempo, desde "ser capaz de escrever o seu próprio nome", até "ser capaz de interpretar culturalmente informação significativa no mundo em que vive para nele

poder intervir com consciência de cidadania". Este conceito é actualmente de capital importância, pois o nível de alfabetização de um país é um dos indicadores do seu estado de desenvolvimento (Araújo, 2001).

Actualmente a compreensão e o conhecimento da ciência são entendidos como competências importantes para a vida quotidiana dos cidadãos, pois só desta forma serão capazes de intervir de um modo autónomo e reflexivo em debates de âmbito científico, perceber aspectos da tecnociência que impliquem as sua vidas e tomar consciência do poder que possuem sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia (Rocha, 2003). O progresso da sociedade humana depende em grande parte da ciência, pelo que muitos têm sido os argumentos a favor da necessidade do conhecimento sobre ciência e actividade científica para todos os cidadãos. Tornou-se fundamental e urgente que o cidadão, em geral, entenda a ciência, pois só conhecendo melhor o mundo onde vive poderá participar de forma mais responsável em decisões que o afectam, sejam elas pessoais como, por exemplo, a alimentação, o consumo de tabaco e a segurança no trabalho ou sobre grandes implicações sociais como a gestão de resíduos, o impacte ambiental, a construção de fábricas, estações de tratamento, etc. Deste modo, ao conceito de alfabetização muitos outros podem ser acrescentados no sentido de indicar um conhecimento geral de um dado tema a que toda a população tenha acesso por direito. Surgem assim termos como *literacia científica* (culturas anglo-saxónicas), *alfabetização científica* (culturas francófonas) e *cultura científica* (designação adoptada pela UNESCO) que, segundo Martins (1999) possuem, de uma maneira geral, o mesmo significado.

O termo *alfabetização científica* começou a ser utilizado durante os anos 50 e 60. Por esta altura constatou-se da necessidade dos cidadãos compreenderem determinados aspectos relacionados com a ciência. Só deste modo seria possível a participação democrática na tomada de decisões e uma melhor compreensão sobre o papel da ciência e tecnologia na vida moderna (Hurd, 1998). A capacidade de perceber e lidar com a ciência e a sua aplicação nos vários contextos em que esta se torna relevante para o cidadão (particularmente, os contextos de divulgação científica pelos cientistas, de comunicação da ciência pelos *media* e os processos de decisão política de base científica) é objectivo de uma alfabetização em ciência.

Apesar da crescente importância da ciência e da tecnologia no dia a dia dos indivíduos, a compreensão pública da ciência a nível mundial é genericamente fraca. O ensino das ciências, mesmo para indivíduos com aproveitamento escolar, não se traduz obrigatoriamente em competências úteis para tal fim. Dados recolhidos através de múltiplos estudos mostram que a maioria da população, mesmo de países industrializados e desenvolvidos, apresenta uma profunda ignorância sobre princípios, conceitos e factos relacionados com a ciência (Martins, 1999). No nosso país o panorama também não é nada animador, Miller & Pardo (2000) apontam

para níveis de 91% de analfabetismo científico em Portugal. Um estudo realizado no nosso país em 2000, e promovido pelo Observatório das Ciências e das Tecnologias veio reforçar a fraca percepção dos portugueses sobre a ciência (Rocha, 2003). Entre os vários elementos obtidos neste estudo, destacam-se pela negativa:

- O baixo grau de informação que possuem relativamente a temas gerais tais como a poluição do ambiente, recentes descobertas da medicina e recentes descobertas científicas;
- O baixo nível de conhecimentos declarado relativamente a temas concretos, tais como resíduos tóxicos, camada de ozono, doença das vacas loucas, poluição do ar, aquecimento da terra, efeito de estufa, clonagem de seres vivos, chuvas ácidas e alimentos transgénicos.

Para Santos (1999), são sintomas de analfabetismo científico e tecnológico, mais do que um *deficit* de conhecimentos e informação em tecnociência, não saber como utilizar os conhecimentos para lidar, argumentar, negociar e actuar em situações concretas.

O movimento de alfabetização científica pretende, actualmente, desenvolver capacidades e competências científicas, económicas, humanitárias, sociais, tecnológicas e ambientais que permitam ao indivíduo exercer uma cidadania mais activa, consciente e solidária e ainda fomentar a aproximação entre a informação científica produzida pelos cientistas e o cidadão comum. O cidadão cientificamente alfabetizado deve possuir a capacidade de ler, reflectir e criticar sobre o que vê, lê e escuta sobre a ciência; investigar e questionar o senso comum; distinguir entre opiniões e evidências científicas, entre informação fiável e não fiável; utilizar o conhecimento adquirido no seu próprio interesse; tomar decisões políticas e pessoais e trabalhar pelo bem-estar da comunidade (Rocha, 2003). O acesso ao conhecimento científico constitui, nos dias de hoje, um instrumento necessário ao exercício consciente e eficaz dos direitos do cidadão (Povoas *et al.* 1995).

A real participação dos cidadãos em muitas decisões pessoais e sociais passa, necessariamente, por um conhecimento de base científica. Não se trata de preparar todos os cidadãos para carreiras científicas (nem todos têm que ter especialidades em geologia, física ou química), importa sim que todos tenham acesso aos conceitos, princípios e leis dessas áreas disciplinares. A educação em ciência deve colocar-se, assim, como parte integrante da formação geral dos cidadãos.

Canavarro (1999) refere, a este respeito, que a educação em ciência deve adaptar-se às exigências da sociedade, permitir aos indivíduos pensar e agir de forma independente. Deve apresentar novas ideias e treinar competências de investigação, de forma a permitir-lhes a auto-regulação das aprendizagens, a satisfação pessoal e a responsabilização social.

Os referendos são um exemplo prático do cidadão participativo, no entanto, só se justificam e têm significado numa sociedade informada. A participação activa e consciente só é efectiva e

eficazmente possível se os cidadãos intervenientes estiverem informados e possuírem capacidades e competências mínimas sobre os assuntos em questão. A obtenção de informação e pareceres válidos sobre ciência e tecnologia são os pilares sobre os quais assenta o progresso social e a vida nas sociedades actuais e do futuro (Diego, 1995).

A formação para uma cidadania activa e interveniente, proporcionando ao cidadão comum conhecimentos e oportunidades que o capacitem a lidar efectiva e funcionalmente com problemas e situações do seu dia-a-dia passa, actualmente, pela alfabetização científica.

CAPÍTULO IV

PLANIFICAÇÃO E CONCRETIZAÇÃO DA ACTIVIDADE, METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

IV. PLANIFICAÇÃO E CONCRETIZAÇÃO DA ACTIVIDADE, METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

1. INTRODUÇÃO

Com o objectivo de promover uma formação científica e incrementar uma maior divulgação/promoção da Geologia junto de alunos do Ensino Básico foi organizada e concretizada uma actividade prática de campo nas minas de ouro de Castromil (*Actividade Outdoor*), que permitiu o estudo e a divulgação das principais características geológicas do local, bem como os aspectos relacionados com antigas prospecções e explorações mineiras que aí ocorrem. Todo o trabalho que envolveu a planificação e realização desta actividade, teve como base o modelo de Nir Orion (1993), referido no capítulo anterior.

A actividade desenvolvida, e que aqui se apresenta, integra-se no ensino não formal, tendo como participantes alunos do 9º ano de escolaridade do 3º Ciclo do Ensino Básico, num total de 39. As várias fases da actividade e o percurso seleccionado (que serão descritos neste capítulo), foram previamente estudados e analisados sendo, os aspectos geológicos e ambientais passíveis de serem explorados didacticamente, inseridos nas orientações curriculares propostas para os alunos deste nível escolar. A actividade permitiu, então, a observação e análise de aspectos geológicos e mineiros relevantes, como falhas, filões, fósseis, desmontes, mineralizações, um poço quadrado, escombreiras,... bem como a visita a uma galeria de prospecção e a recolha de amostras.

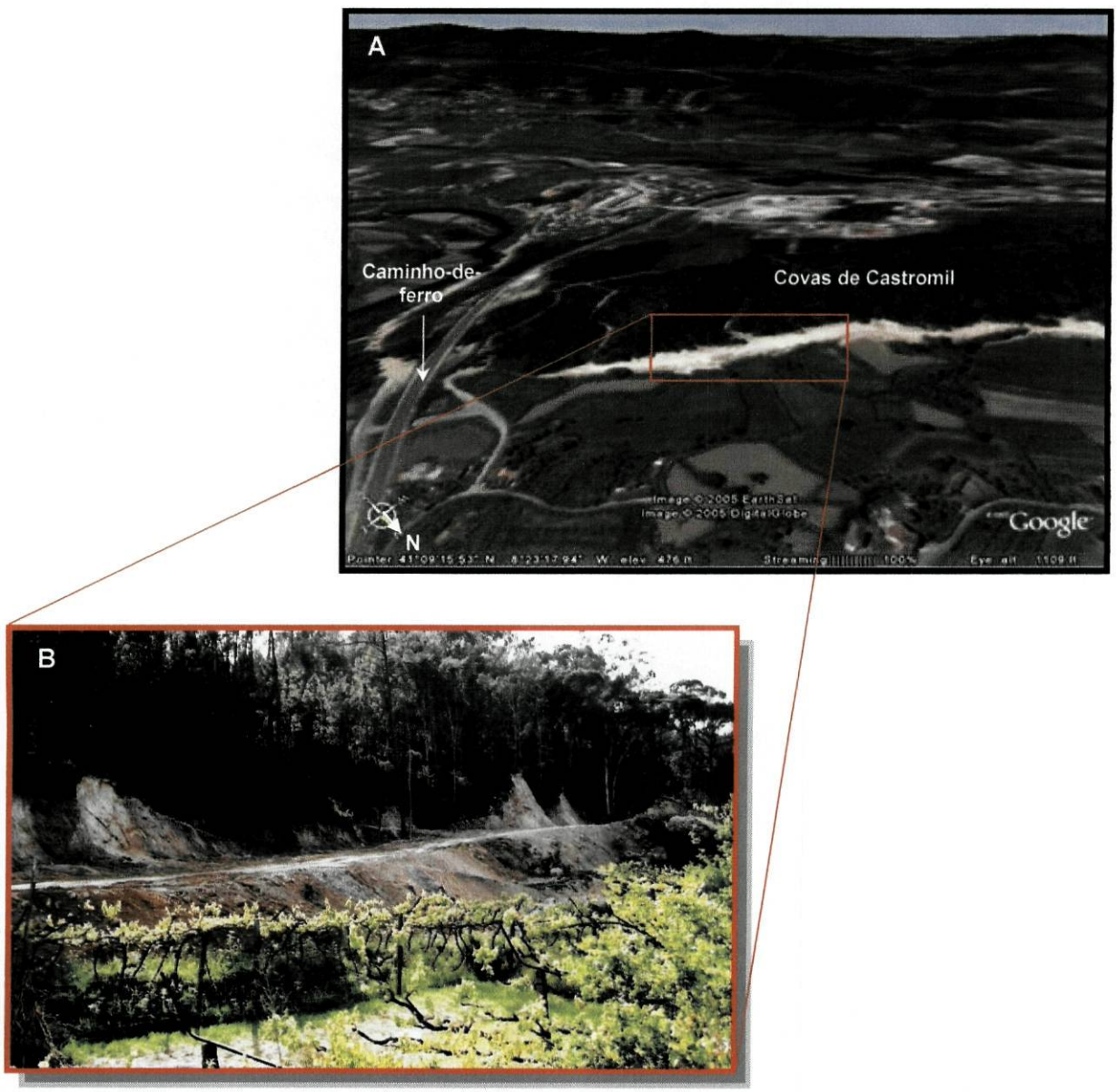
Foi intenção motivar os alunos, não só para a actividade promovida, mas também para futuras participações em actividades deste tipo, desenvolvidas quer para o ensino formal, quer para o não formal. É fundamental desenvolver estratégias que permitam uma aproximação entre os jovens, a geologia e o ambiente, assim como, incentivá-los para futuras participações em actividades pós-escola (ensino não formal) que contribuam para a sua formação como cidadãos cada vez mais activos e conscientes na resolução de problemas pessoais e sociais.

A avaliação do impacte da actividade desenvolvida, bem como das potencialidades geológico-didácticas do local em estudo, baseou-se, maioritariamente, na análise e interpretação dos resultados obtidos a partir da adaptação da Escala de Avaliação de Actividades Outdoor em Ciências Naturais (Escala AOCN - Salvador, 2002) no trabalho promovido.

2. PLANIFICAÇÃO E CONCRETIZAÇÃO DA ACTIVIDADE

2.1. Selecção do Percurso e das Paragens

O percurso escolhido recaiu sobre um pequeno monte situado em Castromil (designado no local por covas de Castromil) coincidente com a mineralização aurífera que aí ocorre. O itinerário desenrola-se, fundamentalmente, ao longo da estrada nova (ainda em construção – Fot.4.1) situada entre o referido monte (a Sudoeste) e o vale de Castromil (a Nordeste). Ao longo do percurso (Fig.4.1) ocorrem vários afloramentos com aspectos geológicos de fácil identificação como falhas, filões, contactos, mineralizações, litologias variadas, etc., assim como, aspectos relacionados com antigas explorações mineiras (provavelmente de origem Romana) e de prospecção (relativamente recentes).



FOTOGRAFIA 4.1 – A) Estrada nova paralela à mineralização pelo lado NE, percurso ao longo do qual se efectuou a maior parte das paragens (rtirada de URL7); B) Pormenor da estrada nova.

A escolha das paragens e a sua sequência ao longo do percurso teve em conta os seguintes aspectos:

- relevância, diversidade e clareza dos aspectos geológicos e mineiros registados na área de estudo;
- características litológicas e estruturais dos afloramentos;
- a idade relativa dos afloramentos;
- acessibilidade dos locais (tanto de natureza geológica como mineira);
- duração média do percurso;
- segurança do percurso a efectuar a pé;
- facilidade de movimentação dos alunos durante a realização das actividades propostas no "Guia Didáctico";
- a articulação dos conteúdos geológicos com os assuntos abordados no programa de Ciências Naturais do 3º ciclo do ensino básico.

Com base nos aspectos referidos, seleccionaram-se sete paragens, assinaladas e numeradas na Fig.4.1.

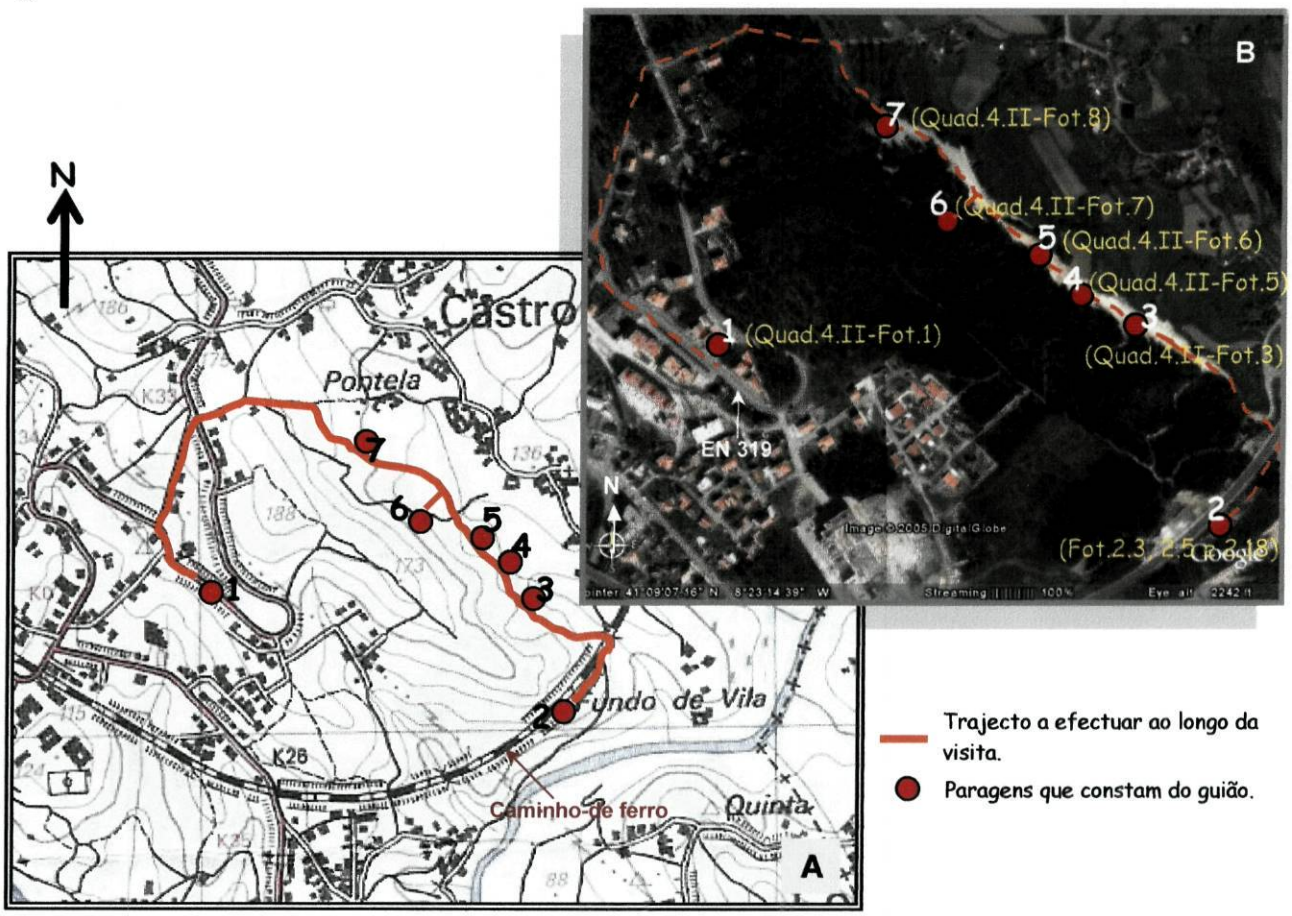


FIGURA 4.1 – Localização e ordenação das diversas paragens (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7) efectuadas ao longo do percurso escolhido. A) Adaptado da folha 123 da Carta Militar de Portugal à escala 1/25000 (a imagem não se encontra à escala); B) Adaptado de URL7, à frente de cada paragem são referidas fotografias dos respectivos afloramentos.

As paragens um (P_1) e dois (P_2) encontram-se ligeiramente afastadas da estrada nova, a cerca de 15 e 5 minutos a pé, respectivamente. O afloramento relativo à paragem P_1 situa-se junto à estrada EN 319 que liga Sobreira a Cête, e o afloramento da paragem P_2 situa-se junto da linha do caminho-de-ferro. A paragem seis (P_6), localiza-se no monte "Covas de Castromil" e dista cerca de 1 minuto a pé da referida estrada.

Tendo em conta não só a história geológica da área em estudo, mas também da actividade mineira aí desenvolvida, procurou-se que as paragens fossem ordenadas numa sequência cronológica ascendente (do mais antigo para o mais recente).

2.2. Relevância Educacional da Actividade

A actividade apresentada e desenvolvida neste trabalho pode facilmente integrar-se no Ensino da Geologia quer ao nível dos ensinos básico e secundário, quer num trabalho de campo no âmbito de uma aula prática de uma disciplina do ensino superior.

No que se refere ao enquadramento conferido neste estudo (ensino básico – 9º ano), relembre-se que os documentos que servem de suporte legislativo à mudança curricular iniciada (Galvão *et al*, 2001; DEB, 2001), quer no ensino básico quer no secundário, referem este tipo de actividades como estratégias necessárias à melhoria do ensino.

Na actividade promovida foi possível explorar didacticamente o local onde se inserem as minas de ouro abandonadas de Castromil, ao nível dos conteúdos curriculares integrados nos temas "A Terra em transformação" e "Sustentabilidade na Terra" (Quadro 4.I), propostos na organização curricular do 3º ciclo do ensino básico.

QUADRO 4.I – Conteúdos conceptuais do programa de Ciências Naturais do 3º Ciclo do Ensino Básico explorados na actividade de campo desenvolvida neste trabalho (adaptado de Galvão *et al,* 2002).

	Temas gerais	Conteúdos conceptuais
Ciências Naturais	**A Terra em transformação**	**1.** A Terra conta a sua História 1.1. Fósseis e a sua importância para a reconstituição da História da Terra 1.2. Grandes etapas da História da Terra **2.** Dinâmica Interna da Terra 2.1. Deriva dos continentes e tectónica de placas 2.2. Ocorrência de falhas e dobras **3.** Dinâmica Externa da Terra 3.1. Rochas, testemunhos da actividade da Terra 3.2. Rochas magmáticas, sedimentares e metamórficas 3.3. Paisagens geológicas
	Sustentabilidade na Terra	**1.** Ecossistemas 1.1. Perturbações no equilíbrio dos ecossistemas **2.** Gestão sustentável dos recursos 2.1. Recursos naturais – Utilização e consequências 2.2. Protecção e conservação da natureza

Para além dos conteúdos de natureza conceptual, foram também tomadas em linha de conta competências ao nível dos procedimentos como, por exemplo, a recolha de dados, tratamento de informação, formulação de hipóteses, entre outros, e das atitudes como, por exemplo, curiosidade, respeito e pensamento crítico.

No respeitante ao Ensino Secundário, o desenvolvimento deste tipo de actividade nas minas de ouro de Castromil poderá contribuir de forma significativa para o ensino/aprendizagem da componente de Geologia da disciplina quer da Biologia e Geologia (10º e 11º anos) quer da disciplina de Geologia (12º ano). Tal facto resulta dos aspectos geológicos que ali se podem observar e interpretar se enquadrarem nos conteúdos programáticos destas disciplinas.

O local apresenta, ainda, características passíveis de serem exploradas do ponto de vista educativo, ao nível de outras áreas disciplinares como História, Geografia, Educação Visual, Ciências Físico-Químicas, entre outras, contribuindo para uma incrementação e valorização da interdisciplinaridade ou mesmo para a abordagem transversal de conteúdos.

A área na qual se inserem as minas de ouro de Castromil poderá funcionar, também, como um local apropriado para professores e estudantes universitários realizarem diversos tipos de trabalhos, especialmente ligados à Geologia e/ou actividade mineira. Nomeadamente, refira-se que neste local têm sido promovidos trabalhos de campo no âmbito da disciplina de Cartografia Geológica, leccionada pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

2.3. Construção de Materiais Didácticos

A construção e selecção dos diferentes materiais utilizados nesta actividade tiveram presente a especificidade e dificuldades do conhecimento geológico bem como o tipo de público-alvo ao qual se destinavam. Dado ser importante ajustar o grau de profundidade dos conteúdos e dos materiais utilizados em função do nível dos alunos (Suárez, 1994), os materiais foram construídos de modo a permitir uma utilização simples, com uma linguagem acessível e um arranjo gráfico de modo a motivar os participantes.

Tendo em linha de conta o modelo proposto por Nir Orion (1993) na actividade promovida, foram elaborados e aplicados diversos tipos de materiais que procuraram facultar uma aprendizagem activa e cooperativa. Os materiais elaborados foram os seguintes:

- guia didáctico (ANEXO I)
- dois filmes em DVD (pré e pós-viagem – ANEXO III)
- calendário geológico (à escala 1cm para 1 milhão de anos – Quadro 4.II - Fot.2)
- quatro pósteres (tamanho A_3)
- maqueta (tipos de falha: normal e inversa - Quadro 4.II - Fot.4)

Os materiais acima referidos serviram de apoio ao desenvolvimento das três fases da actividade promovida (pré-viagem, viagem e pós-viagem) e serão apresentados mais pormenorizadamente na secção seguinte.

2.4. Actividades nas Minas de Ouro de Castromil

2.4.1. Pré-viagem

O desenvolvimento da fase de *pré-viagem* decorreu no auditório da escola (que os alunos participantes na actividade frequentam) e teve a duração aproximada de 2 horas e 15 minutos, correspondentes a duas sessões (90 + 45 minutos). O conjunto de actividades desenvolvidas com os alunos nesta fase procurou, não só uma revisão/apresentação do quadro conceptual a abordar durante a visita (a maioria dos conteúdos focados foram leccionados no 7º e 8º anos), mas também desenvolver competências úteis para a fase da viagem ao campo, ou seja, competências necessárias à realização das tarefas previstas para o campo como, por exemplo, orientação, observação, identificação e interpretação de estruturas e outros fenómenos geológicos. Segundo Garcia de la Torre (1994) os conceitos são a base da elaboração das hipóteses, pelo que é necessário ter a certeza de que existem e estão bem assentes na mente dos alunos na fase que antecede a ida ao campo. Moreira *et al* (2002) referem, ainda, que a representação de estruturas geológicas na sala de aula facilita a abstracção espacial das mesmas e o seu reconhecimento, à posteriori, no campo por parte do aluno. Deste modo, desenvolveram-se actividades que envolveram: i) o manuseamento e leitura da folha geológica da região em estudo; ii) o uso da bússola e do calendário geológico; iii) classificação de rochas magmáticas e metamórficas, efectuada a partir de um conjunto de amostras (algumas das quais recolhidas nas paragens a realizar); iv) identificação de alguns minerais constituintes das mesmas; v) observação e identificação de alguns fósseis (entre os quais alguns exemplares recolhidos no local a visitar).
Para além das actividades relacionadas com os aspectos cognitivos, foram igualmente elaboradas actividades com vista a minimizar o efeito negativo que os factores de ordem psicológica pudessem ter durante a viagem. Deste modo tentou-se superar aspectos como a ansiedade e insegurança dos alunos relativamente ao que se iria passar no campo, informando-os acerca do modo como se desenrolaria a viagem e permitindo-lhes o manuseamento de materiais que iriam usar no terreno, como por exemplo o *Guia Didáctico* (este foi recolhido para evitar esquecimentos no dia da viagem). Através da projecção do filme "*Aspectos Geológico/mineiros de Castromil - pré-viagem*" (Anexo III), com o registo de vários aspectos das paragens a efectuar no campo, pretendeu-se, mais uma vez, reduzir o *novelty space*, não só ao nível dos factores psicológicos e cognitivos, mas também ao nível dos factores de natureza geográfica.

Nesta fase foi, ainda, colocado um problema - "*A importância da protecção/preservação do património geológico e mineiro*" - cujas respostas dos alunos foram, apenas, "para conhecer o passado". Este problema foi (re)analisado e discutido na última fase desta actividade - o pós-viagem.

Três professores de Ciências Naturais em início de formação (professores estagiários do núcleo de estágio de Biologia/Geologia que o professor/investigador orienta na escola onde exerce as funções de docente) acompanharam a planificação e a realização da actividade de campo aqui promovida. Neste sentido, deslocaram-se ao local da actividade para reconhecimento das paragens e o percurso a efectuar, e participaram em sessões de reflexão e debate conduzidas pelo professor/investigador, acerca da sequência das paragens, organização do guia didáctico e materiais a aplicar no campo, tendo em conta o modelo organizacional adoptado. Assistiram às sessões de pré e pós-viagem, tendo sido os monitores da actividade numa das duas turmas participantes.

2.4.2. Viagem ao Campo

A viagem ao campo teve a duração de um dia, com saída da escola às 9.00 horas e chegada por volta das 18.30 horas, sendo necessários cerca de 50 minutos para fazer cada um dos trajectos (escola-local de estudo, e vice-versa). Uma vez no local, houve a necessidade de separar as duas turmas devido ao grande número de alunos (39 na totalidade) não possibilitar que a actividade fosse exequível junto de alguns afloramentos a analisar. Assim, uma das turmas iniciou o percurso cerca de 30 minutos mais tarde, sendo ambas acompanhadas por dois professores, entre os quais o professor/investigador. Feita a separação das turmas, procedeu-se à divisão dos alunos em grupos de trabalho de 3 ou 4 elementos e distribuição do material necessário à realização das diferentes actividades propostas no "Guia Didáctico" (martelo, bússola, fita métrica e sacos plásticos para amostras).
Esta fase organizativa decorreu com normalidade pois os alunos, informados na pré-viagem sobre a forma como iria decorrer a actividade, actuaram com naturalidade. É de realçar pela positiva a postura dos alunos que iniciaram o percurso mais tarde, optando entre uma ida ao café ou um contacto com o GPS.

Durante o percurso, que se iniciou para a primeira turma uma hora após a saída da escola, os alunos fizeram-se acompanhar de um *Guia Didáctico* (formato A_5) que contém o trajecto com as paragens a efectuar e as respectivas actividades a desenvolver (Anexo I). Em cada paragem procurou-se que, de um modo geral, as primeiras questões com que os alunos se confrontassem fossem menos abstractas do que as últimas. Inicialmente cada grupo realizou um conjunto de tarefas e outros procedimentos simples, tais como, observar, identificar, tocar, medir ou comparar,

sendo posteriormente confrontados com questões que exigiam a aplicação dos dados recolhidos e a necessidade de formular hipóteses explicativas, mobilizando o confronto de ideias no grupo. Ao longo do guião procurou-se, ainda, optar por tarefas onde os alunos variassem os tipos de registo com o intuito de promover a diversificação das formas de comunicação escrita (Moreira *et al*, 2002), assim como evitar a monotonia, estimulando-os para o seu preenchimento. A presença de tarefas diferenciadas permitiu, ainda, atender às capacidades, motivações e interesses dos vários alunos (Bueno, 1994).

Os materiais construídos para esta fase foram sendo exibidos oportunamente com a finalidade de ajudar a esclarecer dúvidas, clarificar conceitos, visualizar fenómenos mais complexos, complementar evidências geológicas, fomentar a discussão, entre outros.

Para cada paragem foram planificadas actividades que consistiram num conjunto de questões e procedimentos que os alunos efectuaram. A título de exemplo podem referir-se:

P_1 – na paragem um, entre outros aspectos, pode destacar-se a identificação *in situ* de fósseis de graptólitos que ocorrem em xistos grafitosos (Quadro 4.II - Fot.1B; Fot.2.2; Fot.2.16). Os fósseis são especialmente atractivos para a maioria dos jovens (Guarch & López, 1995), pelo que trabalhar com estes vestígios do passado desperta, habitualmente, a curiosidade dos alunos e exercita a sua imaginação. Além disso, é importante consciencializar os mais jovens de que os fósseis não são objectos decorativos, possuem valor científico e didáctico que diminui ou se perde quando são retirados dos locais onde ocorrem de forma incorrecta (Martínez & Andrés, 1998). Estes vestígios (reconhecidos como recursos científicos, educativos e até turísticos) fazem parte do nosso património natural, pelo que a sua classificação, valorização, protecção e conservação devem ser interiorizadas pelos nossos alunos. Tendo em conta que os graptólitos são excelentes fósseis de idade e que contribuem de forma significativa para a reconstituição da História da Terra, foi pedido aos alunos que, depois da sua identificação e classificação, procedessem à datação dos xistos grafitosos e reconstituição do ambiente que terá estado na origem da sua formação. Nesta paragem foram exibidos dois pósteres (em tamanho A_3), representativos do meio onde viviam os graptólitos, e um calendário geológico em tamanho gigante (46 metros - Quadro 4.II - Fot.2), através dos quais se procurou não só facilitar a identificação e compreensão dos eventos e processos geológicos em estudo, mas também facilitar o seu enquadramento na História da Terra. O calendário geológico serviu, ainda, para facilitar a orientação/organização cronológica das restantes paragens tendo-se, sempre que possível, alertado para a posição ocupada pelo ser Humano nesta escala como, por exemplo, na paragem seis (aquando da visita às minas de prospecção), onde foram realçadas as explorações mineiras efectuadas pelos romanos.

O factor tempo é um dos parâmetros fundamentais na Geologia, no entanto, a noção de tempo geológico não é um conceito de fácil compreensão pelos estudantes, pois pode variar

significativamente, conforme o fenómeno em análise. Este pode situar-se ao nível dos segundos (ocorrência de um sismo, avalanches,...) até à imensidade dos milhões de anos (formação de cadeias montanhosas, formação dos mares,...). Os eventos e processos que a Geologia estuda compreendem uma gama tão ampla de escalas que, em múltiplas ocasiões, se tornam confusas para o estudante (Alegret *et al*, 2001). Acostumados às escalas de tempo humanas, a natureza das escalas dos acontecimentos na Geologia torna-se, pela sua magnitude, difícil de compreender (Brusi *et al,* 1994; Vigil, 1994; Marques *et a*l, 1996). Segundo Pedrinaci & Bergillos (1994) e Praia & Marques (1997) as noções temporais em Geologia são, provavelmente, um dos conteúdos que mais dificuldades de aprendizagem oferecem, especialmente, nos níveis etários mais baixos. Caballer *et al* (1995) referem, ainda, que a dificuldade na compreensão do "tempo geológico" se revela como um obstáculo à aprendizagem de outros conceitos relacionados com ele como, por exemplo, a formação das rochas, a fossilização e as alterações do relevo.

P_2 - na paragem 2 os alunos puderam observar, no mesmo afloramento, três tipos de litologias diferentes, assim como os respectivos contactos (Fot.2.3). Observaram, também outras estruturas que aí ocorrem como uma falha (que permitiu treinar o manuseamento da bússola, calculando a sua direcção) e alguns ravinamentos (Fot.2.18). Relativamente a estes últimos, os alunos tentaram analisar as causas da sua origem, reflectir sobre as consequências paisagísticas e humanas da situação em análise, assim como elaborar hipóteses explicativas no sentido de evitar o desenvolvimento destas estruturas e, consequentemente, melhorar a estabilidade do terreno. Procurou-se não só sensibilizar os alunos para a importância da prevenção contra a acção dos agentes erosivos no meio, mas também mobilizar outras áreas do conhecimento científico.

P_3 e P_4 - as paragens 3 e 4 funcionaram, essencialmente, como um complemento da paragem 2. No afloramento relativo à paragem 3 ocorre uma falha que corta um filão de quartzo (Quadro 4.II - Fot.3). Aqui os alunos puderam, por exemplo, formular hipóteses sobre o tipo de falha e de forças (compressivas ou distensivas) que estiveram na sua origem, medir o rejeito aparente da mesma e, ainda, proceder à sua representação esquemática e datação relativamente ao filão. Nesta paragem foi utilizada uma maqueta interactiva (Quadro 4.II - Fot.4) com o intuito de facilitar a identificação e compreensão do tipo de forças que envolvem a formação das falhas (normais e inversas).

Na paragem 4 os alunos observaram de perto o contacto intrusivo entre duas rochas magmáticas (aplito e granito – Quadro 4.II - Fot.5), aspecto que não foi possível realizar na paragem 2 devido à vedação existente no local e à proximidade da linha do caminho-de-ferro relativamente ao afloramento. Ao tentarem descobrir o contacto entre as duas litologias, os alunos desenvolvem as suas capacidades de observação e análise. Nesta paragem foi elaborado um modelo muito simples (com massas de dois tamanhos diferentes) com a finalidade de representar o contacto entre as duas litologias tendo em conta a diferença granulométrica. Com este material pretendeu-

se ajudar os alunos na tarefa proposta, orientando-os para o "tipo de observação" a efectuar no afloramento.

P_5 - estruturas como falhas e contactos litológicos de natureza intrusiva reflectem a dinâmica interna da Terra do mesmo modo que a alteração das rochas à superfície reflecte a dinâmica externa do Planeta. No afloramento relativo à paragem 5 ocorre um granito caulinizado (Quadro 4.II - Fot.6), que permitiu desenvolver não só aspectos conceptuais relacionados com a alteração das rochas (como o tipo de meteorização, minerais mais e menos resistentes à alteração, etc.), mas também despertar e sensibilizar os alunos para a importância dos recursos geológicos na sociedade, em particular do caulino. Nesta paragem foi exibido um poster (tamanho A_3) no sentido de ajudar os alunos na compreensão do processo de meteorização.

P_6 - a paragem seis envolveu a visita a uma galeria de prospecção de ouro (Quadro 4.II - Fot.7A) e a observação de um poço quadrado (Fot.2.11) de provável origem romana. Nesta paragem os alunos (munidos de capacetes e respectivas lanternas) contactaram e caminharam por uma galeria de prospecção subterrânea de dimensões reais onde examinaram algumas mineralizações de quartzo e pirite (Quadro 4.II - Fot.7E e Fot.2.6) que originaram o jazigo de ouro e verificaram algumas das dificuldades e processos que envolveram/envolvem a sua prospecção e exploração (Quadro 4.II - Fot.7B e C). No interior da galeria, os alunos puderam, ainda, observar o contacto entre o xisto grafitoso e o granito (Quadro 4.II - Fot.7D), o que permitiu não só estabelecer uma relação cronológica entre as duas litologias, mas também a comparação com o contacto observado na paragem quatro (aplito/granito). Nesta paragem procurou-se, também, fomentar a interdisciplinaridade, principalmente com a disciplina de História. O mineral aqui explorado, o ouro, reveste-se de importância didáctica acrescida, não só pela sua importância histórica, mas também pelo seu impacto na curiosidade dos cidadãos (Martínez *et al*, 1999).

P_7 - na paragem sete, os alunos contactaram com uma escombreira (resultante da acumulação de material estéril de prospecções e/ou explorações anteriormente efectuadas no local – Quadro 4.II - Fot.8) que serviu de base à formulação de algumas hipóteses sobre a sua origem e sobre os efeitos negativos destas estruturas no meio ambiente. Com a intenção de ajudar os alunos a reflectir sobre a provável origem do material que constitui este afloramento foi utilizado um poster (tamanho A_3) relacionado com o assunto.

Ao longo das várias paragens (em especial da P_1, P_5, P_6 e P_7) foram abordados aspectos como o impacto ambiental, a importância dos recursos geológicos na sociedade actual, a gestão sustentável destes recursos e a necessidade da preservação/conservação do património geológico e mineiro. Sobre estes assuntos foram levantadas várias questões-problema e hipóteses por parte dos alunos que foram reanalisadas e discutidas posteriormente, na pós-viagem. Procurou-se contribuir para o desenvolvimento de um conjunto de atitudes e comportamentos que favoreçam a interacção equilibrada do Homem com o meio. Neste contexto,

a Geologia constitui um dos pilares a ter em conta, uma vez que participa intensamente em alguns problemas ambientais como, por exemplo, os relacionados com a erosão, impacto produzido pela construção de vias de comunicação, explorações mineiras e outros (Aguayo & Prieto, 1994). Note-se que formar uma população consciente e preocupada com o ambiente e seus problemas, capaz de actuar individual e colectivamente na sua resolução, assim como evitar o aparecimento de outros, passa por uma educação ambiental (Aleixandre, 1994). Contudo, a intervenção equilibrada do homem no meio requer a compreensão de que o desenvolvimento e bem-estar dos cidadãos leva à necessidade de certas construções e explorações de recursos naturais (como por exemplo os minerais) pelo que, sensibilizar para um desenvolvimento sustentável, obriga a ter em conta todos os recursos que o planeta nos oferece.

No guião consta, ainda, uma secção designada de "A Paisagem", elaborada com o intuito de ajudar os alunos a conhecer melhor a paisagem envolvente e os desequilíbrios que a actividade humana, de forma consciente ou inconsciente, provoca nos ecossistemas. Deste modo, procurou-se direccionar a atenção dos alunos para o tipo de flora predominante no local, a magnitude e impacto paisagístico da exploração mineira efectuada a céu aberto (Quadro 4.II - Fot.9), assim como para possíveis agressões ambientais detectadas no local. A interpretação da paisagem mostra-se como um meio capaz de envolver os sujeitos, desenvolver sensibilidades, construir conceitos, promover atitudes positivas e aplicar métodos de trabalho interdisciplinares. De uma paisagem pode ter-se uma concepção abstracta, intuitiva, analisar-se através de uma óptica puramente estética, mas também em termos ecológicos, geográficos e geológicos, como um conjunto de sistemas naturais que a integram (Gijón, 1994).

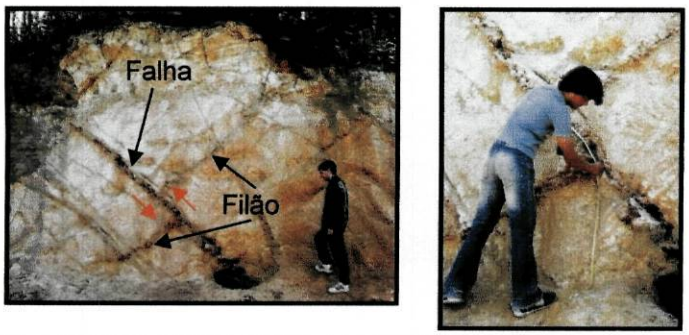
Na parte final do guião, em "Notas pessoais", possibilitou-se aos alunos o registo de dúvidas e questões com que se confrontaram durante a saída e que não tiveram oportunidade de esclarecer de imediato, sendo a sua análise e reflexão efectuadas nas actividades da pós-viagem.

QUADRO 4.II - Aspectos observáveis e alguns materiais de apoio utilizados ao longo do percurso efectuado na viagem ao campo

FOTOGRAFIAS	LEGENDAS
	FOT.1 - Aspecto geral do afloramento que serviu de base à paragem um. **A**) Vista lateral do afloramento, onde é possível observar a orientação sub-vertical do xisto grafitoso e o efeito de *creepping* resultante da acção da gravidade sobre o terreno; **B**) Pormenor do afloramento no qual são visíveis vários fósseis de graptólitos, do género *monograptus*.



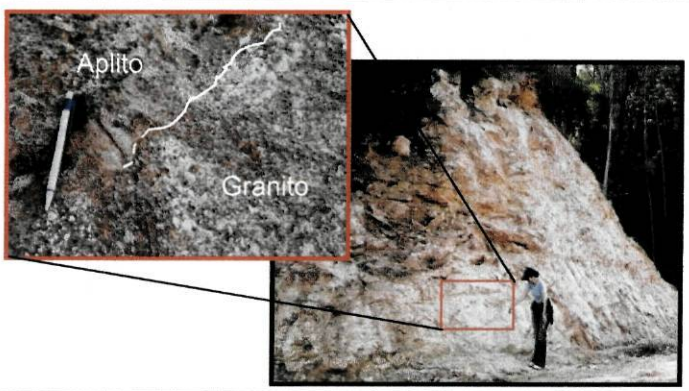
FOT.2 - Calendário Geológico ilustrado, utilizado na viagem ao campo (à escala de 1cm para 1 milhão de anos = 46m).



FOT.3 - Falha inversa a cortar um filão de quartzo. Na imagem da direita um aluno mede o rejeito aparente da falha.



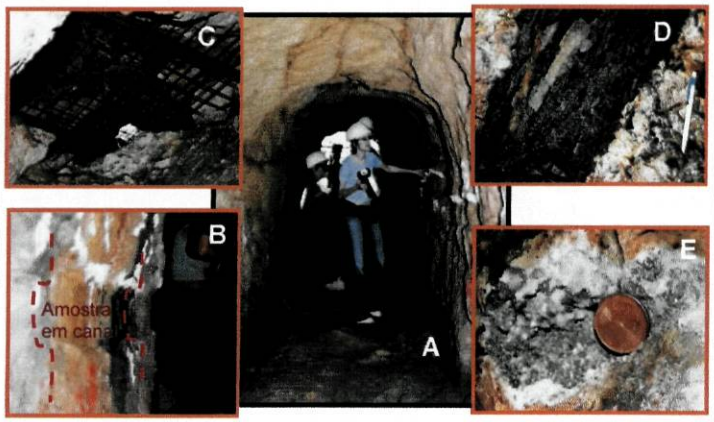
FOT.4 -Maqueta interactiva representativa dos tipos de falha (Normal ou Inversa) utilizada na viagem ao campo.



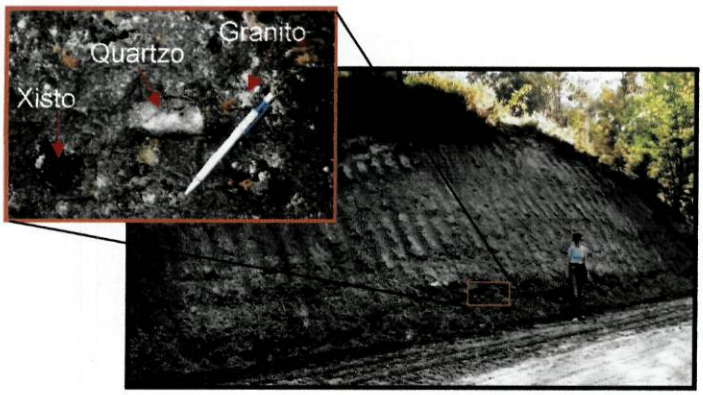
FOT.5 - Contacto entre o aplito e o granito (a linha branca e a ponta da caneta indicam o local de contacto entre as duas litologias).



FOT.6 – Granito caulinizado



FOT.7 – **A**) Galeria de prospecção visitada pelos alunos; **B**) Amostragem em canal; **C**) Galeria antiga vedada (vista do interior da galeria de prospecção); **D**) Contacto entre o xisto e o granito; **E**) Quartzo com mineralização de pirite.



FOT.8 - Escombreira, onde são visíveis vários fragmentos de litologias diferentes.



FOT.9 - Entre 2 afloramentos consecutivos existe uma depressão (corta) resultante da actividade mineira efectuada a céu aberto em tempos antigos.

2.4.3. Pós-viagem

A fase de pós-viagem teve a duração de 90 minutos e desenvolveu-se, tal como a pré-viagem, no auditório da escola, dois dias após a realização da visita ao campo. As dúvidas e perguntas que ficaram em aberto no campo, assim como outras que entretanto surgiram, foram alvo de análise e discussão nesta fase. A discussão foi orientada no sentido de sintetizar as várias tarefas desenvolvidas em cada uma das paragens, assim como tirar conclusões.

Para permitir uma melhor visualização e orientação dos vários afloramentos que foram alvo de estudo durante a visita, foi exibido/discutido o filme "*Aspectos Geológico/mineiros de Castromil - pós-viagem*" (ANEXO III), onde foram abordados vários dos aspectos focados no campo. Para

além de ajudar na transposição das noções mais simples para as mais abstractas, o filme facilitou e contribuiu, também, para a análise, discussão e reflexão de questões e aspectos geológicos mais complexos, para a correcção do guião e para as sínteses e conclusões mais gerais. Em situações onde os alunos manifestavam maior dificuldade na compreensão, recorreu-se também aos materiais já utilizados no campo no sentido de facilitar a clarificação dos aspectos de maior complexidade e abstracção.

Os problemas ambientais mais importantes detectados no local, assim como a sua ligação com as explorações mineiras aí existentes e as possíveis soluções para a sua redução/resolução foram também aqui analisados e discutidos. Foi, ainda, abordado o problema colocado na pré-viagem: "*A importância da protecção/preservação do património geológico e mineiro*". Relembre-se que na pré-viagem os alunos apenas referiram como factor de interesse o histórico ("*para conhecer o passado*") tendo, antes de iniciar a análise e discussão da viagem a Castromil propriamente dita, referido, para além do Histórico, factores de ordem cultural, turística, científica e didáctica ("*para ensinar*"). Após a discussão e reflexão sobre a actividade desenvolvida foi, ainda, acrescentado o factor económico.

Nesta fase procurou-se que os alunos realizassem actividades que lhes permitissem caminhar no sentido de atingir níveis de maior abstracção na aprendizagem. Tratou-se de uma fase essencialmente de síntese, que incluiu os conceitos, procedimentos e fenómenos mais complexos e, por isso, exigiu maior capacidade de abstracção. Durante a pós-viagem foram (re)utilizadas as ideias prévias dos alunos, confrontando-as com os novos conhecimentos, no sentido de (re)construir as aprendizagens e (re)formular atitudes e procedimentos geológicos, ambientais e sociais.

A fase de pós-viagem terminou com o preenchimento de uma escala (Escala de Avaliação de *Actividades Outdoor* em Ciências Naturais - Escala AOCN) por parte de cada aluno, cujas respostas foram posteriormente tratadas e analisadas pelo professor/investigador, servindo de base à avaliação da actividade promovida neste trabalho. Os processos de auto-avaliação são muito importantes e podem fazer-se entregando a cada aluno a correcção de todo o trabalho realizado, permitindo que este possa analisar e valorizar o seu desempenho (Bueno, 1994). Segundo Suárez (1994), a avaliação deve abranger uma dimensão formativa para que os alunos, principais responsáveis pela sua aprendizagem, possam avaliar os possíveis progressos realizados ou não.

O preenchimento desta Escala (devidamente adaptada à actividade), assim como a correcção do guião constituíram, igualmente, meios de auto-avaliação, permitindo aos alunos reflectir sobre o seu empenho, trabalho e atitudes desenvolvidas na actividade.

3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Método é um conjunto de operações realizadas para alcançar um ou mais objectivos, um corpo de princípios que presidem a toda a investigação organizada, um conjunto de normas que permitem seleccionar e coordenar as técnicas. Os métodos constituem, assim, de um modo mais ou menos abstracto ou concreto, preciso ou vago, um plano de trabalho em função de uma determinada finalidade (Grawitz, 1993 *in* Rocha, 2003).

Para proceder à avaliação da *actividade outdoor* efectuada neste trabalho, e assim poder aferir sobre as potencialidades didácticas do local estudado, optou-se por uma abordagem quantitativa, apoiada na escala de avaliação AOCN (Escala de Avaliação de *Actividades Outdoor* em Ciências Naturais), elaborada por Salvador (2002).

3.1. Caracterização da Escala AOCN

A Escala AOCN (Escala de Avaliação de *Actividades Outdoor* em Ciências Naturais), foi construída e validada junto de uma amostra de conveniência (n = 76) constituída por alunos de um clube de Ciências do 3º ciclo do ensino básico. Na sua versão definitiva, a Escala é constituída por 36 itens no formato tipo *likert* com 5 possibilidades de resposta: 1 – Discordo totalmente; 2 – Discordo; 3 – Indeciso; 4 – Concordo; 5 – Concordo totalmente, repartidos por 4 dimensões, com valores de fidelidade e validade aceitáveis. A consistência interna para as diferentes dimensões ou subescalas, obtida por Salvador (2002), foi: *relação professor/aluno* (*alpha* de Cronbach = 0,67), *construção do conhecimento* (*alpha* de Cronbach = 0,77), *desenvolvimento de atitudes e valores* (*alpha* de Cronbach = 0,70) e *alfabetização científica* (*alpha* de Cronbach = 0,70). Segundo alguns autores, os valores de *alpha* de Cronbach iguais ou superiores a 0,70 são citados como sendo valores necessários e satisfatórios para aferir a consistência interna da subescala (Almeida & Freire, 1997). Saliente-se, contudo, que em determinadas circunstancias, valores de 0,60 podem ser considerados como aceitáveis (quando a subescala apresenta um número reduzido de itens e/ou a amostra em estudo é pequena) (Almeida & Freire, 2001).
Na validação de conteúdo e na definição dos itens representativos das 4 dimensões, Salvador (2002) apoiou-se em bibliografia da especialidade e, ainda, na intervenção de dois especialistas da área da Didáctica das Ciências. Esta Escala foi posteriormente adaptada e utilizada por Teixeira (2004), num outro trabalho de investigação, tendo aferido a sua consistência interna junto de 26 alunos do 10º ano de escolaridade e obtido valores de fidelidade e validade aceitáveis, de acordo com o referido anteriormente.

3.2. Adaptação e Aplicação da Escala AOCN no Trabalho Desenvolvido

No que respeita ao estudo aqui apresentado optou-se por não considerar os itens da Escala AOCN relativos à dimensão *relação professor/aluno*, pois não foi uma área desenvolvida na actividade promovida. Assim, a Escala AOCN foi adaptada quer aos objectivos propostos, quer às características da amostra, sendo a versão utilizada no presente estudo constituída por 28 itens (ANEXO II), distribuídos pelas subescalas:

- *Construção do conhecimento* – 10 itens
- *Desenvolvimento de atitudes e valores* – 10 itens
- *Alfabetização científica* – 8 itens

Estes 28 itens apresentam, tal como em Salvador (2002), o formato tipo *likert*, com 5 possibilidades de resposta: 1 – Discordo totalmente; 2 – Discordo; 3 – Indeciso; 4 – Concordo; 5 – Concordo totalmente. Tal como na autora supracitada, os itens foram distribuídos aleatoriamente, tendo sido formulados quer no sentido positivo quer no sentido negativo, de modo a desencorajar que os alunos se posicionassem sempre no mesmo valor do *rating*. De realçar que os itens intencionalmente formulados pela negativa foram inversamente pontuados no momento da análise dos resultados.

A aplicação da escala junto dos alunos ocorreu dois dias após a actividade no campo por uma questão de conveniência horária. Os alunos foram instruídos a responderem da forma mais sincera possível, clarificando-se que não havia boas nem más respostas. Foi sugerido um preenchimento com a duração aproximada de 30 minutos.

3.3. Amostra Utilizada

A amostra de conveniência do presente estudo era constituída por 39 alunos de duas turmas do 9º ano de escolaridade do 3º ciclo do ensino básico da Escola E.B. 2-3 Dr. Carlos Pinto Ferreira – Vila do Conde (Ano Lectivo de 2004/2005). A amplitude de idades variou entre os 14 anos (46,2 %) e os 18 anos, sendo maioritariamente do sexo feminino (64,1 %).

3.4. Interpretação da Escala AOCN e Resultados Obtidos

Procedeu-se à determinação da consistência interna das subescalas, com o objectivo de verificar se os valores de *alpha* de Cronbach eram iguais ou superiores a 0,70 (relembre-se que este valor é referido, por alguns autores, como sendo valor necessário e satisfatório para aferir a consistência interna da subescala).

O quadro 4.III evidencia a distribuição dos itens pelas diferentes subescalas e o *alphas* de Cronbach obtidos.

QUADRO 4.III – Distribuição dos itens pelas subescalas em estudo e *alphas* de Cronbach obtidos. Para o cálculo do *alpha* de Cronbach, recorreu-se aos procedimentos "Scale-reliability" do SPSS (Versão 12,0 para o Windows).

SUBESCALA	ITENS	Nº ITENS	ALPHA
Construçãodoconhecimento	Q_1, Q_3, Q_6, Q_{10}, Q_{13}, Q_{17}, Q_{20}, Q_{22}, Q_{25}, Q_{27}	10	0,78
Desenvolvimento de atitudes e valores	Q_4, Q_8, Q_{12}, Q_{14}, Q_{16}, Q_{18}, Q_{19}, Q_{21}, Q_{23}, Q_{26}	10	0,72
Alfabetização Científica	Q_2, Q_5, Q_7, Q_9, Q_{11}, Q_{15}, Q_{24}, Q_{28}	8	0,77

Perante os resultados obtidos nas três subescalas (*alphas* de Cronbach superiores a 0,70), verifica-se que a consistência interna da escala é satisfatória.

Analisada a validade e fiabilidade da Escala AOCN, procedeu-se à avaliação do impacte da actividade desenvolvida nos alunos, calculando-se o resultado bruto obtido por cada aluno em cada subescala. Por outras palavras, para cada aluno teremos três resultados, um para cada uma das subescalas (Quadro 4.IV). Sabendo-se que o valor de cada item pode variar entre 1 e 5 (conforme a resposta dada pelo aluno a esse item), o valor bruto para cada aluno foi calculado somando a pontuação obtida em todos itens relativos a cada subescala (por exemplo, na dimensão construção do conhecimento o valor bruto será o resultado da soma dos itens dessa dimensão).

Neste cálculo é importante ter em atenção a inversão da pontuação nos itens formulados pela negativa, pelo que foi necessário inverter a pontuação dos alunos nos itens Q_{15}, Q_{18}, Q_{20}, Q_{25} e Q_{27} (ANEXO II), ou seja, o valor 1 passou a 5 e vice-versa, o valor 2 passou a 4 e vice-versa nos cinco itens formulados pela negativa. A título de exemplo, referem-se aqui os itens: (Q_{25}) *O trabalho desenvolvido em grupo, não contribuiu para eu compreender melhor a actividade* e (Q_{27}) *A actividade foi desinteressante no levantamento de novas questões sobre o património geológico e mineiro.*

No quadro 4.IV estão representados os resultados brutos obtidos por cada aluno nas três dimensões estudadas.

QUADRO 4.IV – Resultados brutos obtidos por cada aluno nas três dimensões estudadas (a cada inquérito corresponde um aluno).

	RESULTADOS BRUTOS OBTIDOS EM CADA SUBESCALA		
Subescala / Inquérito	Construção do conhecimento	Desenvolvimento de atitudes e valores	Alfabetização Científica
1	44	43	36
2	48	46	36
3	43	38	30
4	45	40	32
5	50	46	38
6	40	39	34
7	47	44	37
8	45	41	32
9	49	48	37
10	48	43	37
11	47	48	38
12	50	46	39
13	45	47	35
14	44	34	31
15	47	45	36
16	47	43	35
17	49	46	36
18	50	45	36
19	39	34	29
20	48	47	37
21	49	43	38
22	43	41	33
23	39	38	33
24	48	44	37
25	44	42	33
26	46	41	34
27	42	40	33
28	44	41	27
29	42	40	32
30	49	45	36
31	43	37	33
32	45	42	34
33	50	50	40
34	49	47	40
35	41	42	31
36	41	40	35
37	44	44	35
38	46	41	33
39	43	42	30

O significado do resultado bruto obtido por cada aluno em cada subescala da Escala AOCN poderá ser analisado averiguando as *classes de pontuação máxima* onde a pontuação de cada subescala é distribuída por faixas numéricas que definem 5 classes (Salvador, 2002): *Muito fraca*, *Fraca*, *Satisfatória*, *Boa* e *Muito Boa* (Quadro 4.V).

QUADRO 4.V – Classes de pontuação máxima das subescalas que integram a Escala AOCN aplicada no presente estudo (retirado de Salvador, 2002).

SUBESCALAS / CLASSES	CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO	DESENVOLVIMENTO DE ATITUDES E VALORES	ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA
Muito Fraca	10-18	10-18	8-14
Fraca	19-26	19-26	15-21
Satisfatória	27-34	27-34	22-27
Boa	35-42	35-42	28-34
Muito Boa	43-50	43-50	35-40

O resultado bruto obtido por cada aluno, em cada subescala, pertence a uma das faixas numéricas definidas no quadro 4.V. Por exemplo, um aluno para o qual o resultado bruto obtido na subescala *alfabetização científica* tenha sido de 27 significa que a actividade desenvolvida teve, nesse aluno, um impacte *satisfatório* nesta subescala.

3.5. Análise dos Resultados Obtidos na Actividade Desenvolvida

A partir dos resultados brutos obtidos para todos os alunos nas três subescalas elaborou-se a quadro 4.VI que representa uma análise sucinta dos resultados para cada subescala da Escala AOCN, mais especificamente a média, o mínimo e o máximo. Realça-se o facto dos valores mais elevados de média se situarem nas duas subescalas com maior número de itens.

O "n" representa o número de inquéritos respondidos, pelo que, sendo a nossa amostra de 39 alunos, verifica-se uma ausência de "não respondentes".

QUADRO 4.VI – Estatística descritiva dos resultados obtidos nas três subescalas estudadas (n = número de inquéritos respondidos).

SUBESCALAS	n	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA
Construção do conhecimento	39	39	50	45,5
Desenvolvimento de atitudes e valores	39	34	50	42,6
Alfabetização científica	39	27	40	34,6

Tendo em conta o quadro 4.V (classes de pontuação máxima definidas para cada subescala), verifica-se que a média obtida na subescala *construção do conhecimento* se situa no Muito Bom, enquanto que a média nas outras subescalas se situam entre o Bom e o Muito Bom.

O tratamento dos resultados brutos obtidos para todos os alunos nas três subescalas da Escala AOCN, tendo em conta as cinco classes de pontuação máxima definidas no quadro 4.V, permitiu, ainda, obter os valores apresentados no quadro 4.VII.

QUADRO 4.VII – Percentagem dos resultados obtidos pelos alunos nas três subescalas da Escala AOCN relativamente à actividade de campo desenvolvida, tendo em conta as *classes de pontuação máxima* definidas no quadro 4.V.

ACTIVIDADE DESENVOLVIDA / SUBESCALAS	VISITA ÀS MINAS DE OURO DE CASTROMIL (Percentagem obtida nas várias classes)
Construção do conhecimento	Muito Fraco - 0% Fraco - 0% Satisfatório - 0% Boa - 17,9% Muito Boa - 82,1%
Desenvolvimento de atitudes e valores	Muito Fraco - 0% Fraco - 0% Satisfatório - 5,1% Boa - 43,6% Muito Boa - 51,3%
Alfabetização científica	Muito Fraco - 0% Fraco - 0% Satisfatório - 2,6% Boa - 43,6% Muito Boa - 53,8%

Da interpretação e análise do quadro 4.VII, regista-se um impacte bastante positivo nas diferentes subescalas em estudo. A maior frequência ocorre na classe *Muito Boa* nas três dimensões em estudo, sendo de destacar o valor obtido na subescala relativa à construção do conhecimento com 82,1% dos resultados brutos.

3.6. Dificuldades e Atitudes dos Alunos Perante a Actividade

A análise e reflexão sobre o modo como os alunos encararam a actividade desenvolvida, em especial durante a fase de visita, foram efectuadas pelo professor/investigador e pelos três professores acompanhantes. Como principais dificuldades manifestadas pelos alunos pode-se

realçar, na paragem P_1, o pouco à vontade na orientação da carta geológica (que foi sendo dissipado nas paragens seguintes) e na formulação de uma explicação para a orientação subvertical apresentada pelos estratos dos xistos grafitosos. O calendário geológico e os pósteres elaborados para esta paragem mostraram-se importantes para a superação das dificuldades manifestadas, assim como na reconstrução da história geológica deste afloramento. Nas paragens seguintes salientam-se as dificuldades sentidas na determinação do contacto aplito/granito, na datação da falha relativamente ao filão, nas várias representações esquemáticas e na elaboração de hipóteses relacionadas com a importância da preservação de determinados afloramentos/recursos geológicos e de alguns impactos ambientais provocados pelas explorações mineiras. A colocação de novas questões pelo professor acompanhante, no sentido de orientar os alunos na reconstrução dos seus raciocínios ajudando-os a chegar à resposta, bem como os materiais elaborados para o apoio às explicações, mostraram-se pertinentes e importantes para a superação das dúvidas e dificuldades detectadas.

Apesar das dificuldades referidas, os docentes participantes nesta actividade foram unânimes em referir o grande envolvimento, interesse e empenho manifestados pelos alunos (Quadro 4.VIII). Estes trocaram livremente opiniões entre si (tanto dentro do seu grupo de trabalho como fora dele), tentaram resolver na íntegra as várias actividades do guião (procurando as respostas para todas as questões) e manifestaram especial entusiasmo na visita à galeria de prospecção, colocando várias questões relacionadas principalmente com o ouro. Foi, também, unânime a opinião relativa à última paragem, onde se notou uma menor concentração e envolvimento por parte de vários alunos. Este facto poderá dever-se ao cansaço resultante das actividades até aí desenvolvidas e ao calor que se fez sentir durante o dia, assim como ao facto desta paragem surgir após a visita à galeria de prospecção, onde se verificou um maior entusiasmo por parte dos alunos.

Em suma, e de um modo geral, as dificuldades evidenciadas pelos alunos prenderam-se, essencialmente, com a concretização das tarefas com um carácter eminentemente geológico que exigiam destrezas e competências inerentes ao campo e/ou de maior abstracção.

Através de diálogos informais com os alunos foi, ainda, possível constatar a sua admiração por alguns dos materiais apresentados no campo (em especial pelo calendário geológico, maqueta e modelo elaborado com as massas), a vontade de repetir este tipo de actividades, assim como registar alguns comentários que demonstraram o impacto positivo da actividade (por exemplo, "*Adorei esta visita porque aprendi várias coisas e diverti-me imenso*"; "*Adorei a visita de estudo*"; "*A mina foi altamente, só foi pena não termos visto ouro*"; "*Se repetisse a visita não mudava nada, os stores tiveram muita imaginação*").

QUADRO 4.VIII – Registo de alguns momentos da visita ao campo.

FOTOGRAFIAS	LEGENDAS
	Análise da carta geológica em grande grupo, junto ao primeiro afloramento.
	Manuseamento da bússola (medição da direcção da falha) em pequeno grupo, junto da linha do comboio.
	**A**) Discussão e análise em grande grupo sobre alguns dos aspectos observáveis no afloramento (junto da linha do comboio); **B**) Preenchimento do guião.
	Observação e análise num dos afloramentos do percurso efectuado (contacto entre o aplito e o granito).

3.7. Conclusão

Os valores dos *alphas* de Cronbach obtidos (superiores a 0,70 nas três dimensões estudadas), através da aplicação da Escala AOCN na actividade desenvolvida neste trabalho, permite concluir a fiabilidade da Escala e o seu uso adequado como instrumento na avaliação do impacte deste tipo de actividade.

Pode, ainda, concluir-se quanto à planificação e realização da actividade promovida (*actividade outdoor*), assim como, das potencialidades geológico-didácticas da área escolhida para a sua realização.

A pontuação dos alunos posiciona-se na sua esmagadora maioria nas classes *Boa* e *Muito Boa*, o que indicia que a actividade desenvolvida auxilia o aluno na construção do conhecimento científico, fomenta o desenvolvimento de atitudes e valores, assim como a alfabetização científica.

Tanto o método como o local utilizados na realização deste estudo mostram-se adequados para a realização da actividade de campo promovida, traduzindo-se de forma bastante positiva nas três dimensões em análise. De destacar o valor obtido na dimensão relativa à construção do conhecimento (82,1% dos alunos situam-se na classe de *Muito Boa*), o que parece indicar que o local apresenta potencialidades geológico-didácticas bastante adequadas para auxiliar os alunos na aprendizagem dos conteúdos abordados.

Conclui-se, assim, da importância científica e didáctica da actividade implementada neste estudo junto de alunos do 3º ciclo, no âmbito do ensino não formal. As respostas à Escala possibilitaram, ainda, averiguar a importância da actividade na promoção da alfabetização científica, uma vez que os objectivos sociais, afectivos e científico-tecnológicos adquiridos pelos alunos, permitiram a construção de conhecimento com significativa aplicação social.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES GERAIS, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

V. CONCLUSÕES GERAIS, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Neste capítulo serão realçadas as conclusões obtidas no estudo desenvolvido, assim como, algumas das suas limitações. Serão, igualmente, apresentadas algumas sugestões para futuros trabalhos, bem como uma breve referência a um projecto (em fase inicial do seu desenvolvimento) no local estudado.

1. CONCLUSÕES

No presente trabalho procurou-se efectuar, não só, uma caracterização da área onde se insere a antiga exploração mineira de Castromil, mas também, contribuir para a divulgação, valorização e rentabilização de um lugar, rico em aspectos geológicos e mineiros de interesse e clareza relevantes, que se encontra numa fase de abandono e degradação.
Através da avaliação do impacte de uma actividade prática de campo, na área da Geologia, junto de alunos do 9º ano do ensino básico, pretendeu-se realçar e divulgar os aspectos geológicos e mineiros existentes nas minas de ouro de Castromil, promovendo-se assim, um local com diversas potencialidades. Deste modo, pensamos ter contribuído, não só, para fomentar o interesse dos cidadãos pela Geologia, mas também, para a preservação e rentabilização de um local que, fazendo parte do Património Geológico e Mineiro Português, deverá ser usufruído, em segurança, por todos os cidadãos e uma mais valia para as gerações futuras.

A ameaça de destruição e consequente perda do património que aqui se encontra, resultante do seu total abandono, está a tornar-se uma realidade, pelo que é importante e urgente implementar acções no sentido da sua valorização e rentabilização. A união de recursos e esforços, visando uma continuação de estudos e trabalhos sobre os valores que este local possui, assim como, a sua cuidada divulgação junto de instituições de ensino e investigação científica, organizações ambientais, turísticas e de outras estruturas culturais e sociais (de lazer, desportivas,...) são importantes, se não mesmo essenciais.

Foi, igualmente, intenção deste estudo sensibilizar para a preservação e optimização de espaços detentores, não só de interesse geológico e mineiro, mas também de relevância noutras áreas da ciência. Acreditamos que a sugestão dada para o aproveitamento das minas abandonadas de Castromil possa servir de exemplo para outros locais em condições semelhantes.

Tendo em conta os resultados obtidos pelos alunos, na Escala AOCN, é possível constatar que a pontuação destes se situa nas classes Boa e Muito Boa, nas três dimensões estudadas. Perante

tal facto pensamos poder concluir que os objectivos propostos foram, de um modo geral, cumpridos e que a actividade aqui promovida exibe um importante valor científico/didáctico, junto de alunos do Ensino Básico, no âmbito do ensino não formal.

Neste contexto, poderá dizer-se que contribuímos, de alguma forma, para a valorização e divulgação das condições adequadas que o local apresenta para o desenvolvimento de actividades práticas de campo na área da Geologia (a nível científico, didáctico, da segurança, acessibilidade e mobilidade), assim como, de aspectos geológicos e mineiros de interesse relevante aí existentes.

Em conjunto, os afloramentos que foram alvo de paragens neste trabalho parecem encerrar grandes potencialidades didácticas que convém aproveitar para o ensino prático da Geologia. Cremos, contudo, que outros afloramentos aí existentes possuam potencialidades semelhantes (tanto na área da geologia como noutras áreas da ciência) e possam ser, igualmente, integrados neste itinerário e/ou fazer parte de outros percursos.

O contacto directo com alguns instrumentos de trabalho e aspectos geológicos reais no seu ambiente natural, contribuem para a compreensão da Geologia, facilitando a sua aprendizagem. No entanto, o sucesso da actividade promovida passa, em grande parte, pelo desenvolvimento de um trabalho na "sala de aula" (nomeadamente nas fases de pré e pós-viagem) que deve ser, igualmente, efectuado por pessoas científica e didacticamente preparadas.

Talvez muitos professores possam pensar que este tipo de actividade, desenvolvida num ambiente de ensino formal, seja uma estratégia relativamente lenta, isto é, o tempo lectivo utilizado na sua preparação e realização torna-se excessivo relativamente aos conceitos/conteúdos que são estudados. É possível que sim, mas aqui estamos de acordo com Suárez (1994), quando refere: "É necessário estudar muitos conceitos? Sobretudo no caso do ensino obrigatório, onde se tem que aprender os conceitos estruturantes e relevantes das distintas áreas disciplinares e favorecer essa aprendizagem, a construção, além de outros conteúdos procedimentais e atitudinais no sentido de desenvolver capacidades que permitam aprender por si mesmo...".

O método utilizado neste estudo aponta para a positividade do desenvolvimento das actividades práticas de Campo, no âmbito da Geologia, como uma forma enriquecedora do processo de ensino/aprendizagem em ambiente não formal. Confirma-se neste estudo a relevância da actividade desenvolvida como um meio promotor da alfabetização científica, da construção do conhecimento científico e do desenvolvimento de atitudes e valores, capaz de auxiliar o professor a preparar o aluno cidadão para uma intervenção mais activa e consciente nos problemas sociais com os quais se poderá confrontar no futuro.

2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Tal como foi referido anteriormente, os procedimentos efectuados em relação à Escala AOCN, adaptada ao estudo desenvolvido, não permitem generalizações uma vez que a amostra de conveniência é reduzida, assim como, o número de itens do referido instrumento. O tipo de amostra utilizada (alunos do 9º ano de escolaridade do ensino básico) não permite, também, retirar grandes conclusões quanto ao impacte da actividade promovida junto de outros níveis de ensino e/ou dos cidadãos em geral.

É ainda de realçar as condições meteorológicas que, quando adversas, podem criar sérias limitações ao desenvolvimento de actividades de campo semelhantes à promovida neste trabalho, constituindo um verdadeiro entrave ao seu sucesso. A realização das tarefas, a utilização dos materiais, a mobilidade, motivação, empenho e a segurança dos intervenientes podem ser fortemente condicionados pelas condições climatéricas.

3. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Actualmente, o local é utilizado em diversas actividades relacionadas especialmente com a Geologia, como a "Geologia no Verão" (destinada a cidadãos de várias idades), visitas de estudo (tanto com alunos do ensino básico como do secundário) e de suporte à disciplina de Cartografia Geológica, leccionada no 2º ano da licenciatura de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Público em geral e alunos de diferentes níveis de ensino em particular, podem, não só, adquirir conhecimentos geológicos e mineiros elementares (facilitados por um contacto directo com o real), mas também, aceder a aspectos geológicos e mineiros que são, por si, difíceis de compreender. A zona correspondente às antigas minas de ouro de Castromil é também alvo de um projecto subsidiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, que prevê a organização de visitas ao local de estudo com divulgação no site *www.fc.up.pt/pessoas/allima/Castromil*, que vai ser actualizado com regularidade.

A presente dissertação representa apenas uma mais valia para a valorização do local e um exemplo do tipo de trabalhos que aí se poderão desenvolver. Estudos semelhantes, recorrendo a outro tipo de amostras (público em geral e alunos de diferentes níveis de ensino) e/ou efectuados noutras áreas da Ciência (como está previsto no projecto anteriormente referido), seriam desde logo um reforço para esta investigação.

No decorrer deste estudo constatou-se a existência de outros aspectos geológico/mineiros de interesse que poderiam ser, igualmente, motivo para planificações de outros percursos pedestres que não foram definidos neste trabalho (principalmente por limitações de tempo e organização

estrutural da actividade promovida), assim como, de aspectos interessantes ao nível da fauna, flora e do ambiente.

Pensamos que, a par de uma valorização e preservação dos aspectos geológicos e mineiros do local (com interesse cientifico, didáctico e económico), seria importante verificar-se o mesmo em relação aos aspectos ambientais. O desenvolvimento de trabalhos como a inventariação e divulgação da fauna e da flora, a identificação dos principais tipos de problemas ambientais e de degradação da paisagem, a inventariação das inúmeras galerias existentes no local (muitas delas tapadas e/ou de difícil acesso), a organização e divulgação de novos percursos pedestres, assim como, a elaboração de materiais de suporte a esses percursos, tornaria este estudo mais ambicioso pois incluiria, de uma forma mais abrangente, os aspectos ambientais, biológicos, históricos e até culturais que envolvem esta área mineira.

Seriam criadas condições mais adequadas, não só para o desenvolvimento de trabalhos de campo na área da Geologia, como também, para a implementação da Educação Ambiental, da Interdisciplinaridade (Geologia, Biologia, História, Geografia, Físico-química e Educação Visual são exemplos de disciplinas do ensino básico e secundário que poderiam, aqui, envolver-se em projectos comuns), de áreas curriculares não disciplinares como a Formação Cívica e Área de Projecto e, ainda, da Alfabetização Científica da população em geral. Outras actividades como Turismo, Passeios de Lazer, Desporto e Formação de Professores em Geologia/Biologia (neste caso como suporte às componentes científica e didáctica relacionadas com as actividades de campo) contribuiriam, igualmente, para a valorização e rentabilização do local.

Todas estas actividades não inviabilizam, ainda, a possibilidade de uma futura exploração de ouro neste local, pelo que a sua potencialidade económica a nível mineiro seria mantida, uma vez que estão provadas reservas significativas nesta área.

É importante estudar, preservar e divulgar as diversas potencialidades do nosso Património para que possa ser desfrutado por todos os cidadãos e, dessa forma, contribuir para o desenvolvimento do país, com cidadãos melhor informados e aptos a decidir e a agir de modo mais consciente em relação aos diversos problemas com que se confrontam.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

• AGUAYO, M. & PRIETO, R., (1994). *Esta Presente la Geología en la Educación Ambiental?* - Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, VIII Simpósio sobre Enseñanza de la Geología. Vol.Extra.

• ALARCÃO, J., (1988). *O Domínio Romano em Portugal.* Publicações Europa-América, Lda.

• ALARCÃO, J.; JORGE, V.; RIBEIRO, J.; JORGE, S.; SILVA, A.; ENCARNAÇÃO, J., (1998). *Portugal - Das Origens à Romanização.* Vol. I. Nova História de Portugal. Editorial Presença.

• ALEGRET, L.; MELÉNDEZ, A.; TRALLERO, V., (2001). *Didáctica del Tiempo en Geología: Apuntes en Internet.* Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.9, Nº3.

• ALEIXANDRE, M., (1994). *Educación Ambiental en las Ciencias de la Tierra* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº 2 e 3

• ALHO, C., (1991). *A redescoberta dos Museus. Ciência Hoje.* Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso das Ciências, Vol. 13, Nº73.

• ALLAN, J., (1965). *A Mineração em Portugal na Antiguidade.* Boletim de Minas. Vol.2, Nº3. Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos, Lisboa.

• ALMEIDA, A.; MATEUS, A.; VERÍSSIMO, A.; SERRA, J.; ALVES, J.; DOURADO, L.; PEDROSA, M.; MAIA, M.; FREITAS, M.; RIBEIRO, R., (2001). *(Re)Pensar o Ensino das Ciências.* Ministério da Educação, Lisboa.

• ALMEIDA, L. & FREIRE, T., (1997). *Metodologia de Investigação em Psicologia e Educação.* Coimbra: APPOPT - Associação de Psicólogos Portugueses.

• ALMEIDA, L. & FREIRE, T., (2001). *Escalas de Avaliação: Construção e Validação. In* Leandro S. Almeida & Eugénia M. Fernandes, *Métodos e Técnicas de Avaliação.* Universidade do Minho, Braga.

• ARAÚJO, M., (2001). *Alfabetização Científica e Actividade Outdoor em Geologia: Uma experiência inovadora.* Tese de Mestrado, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• BASTIDA, J.; LAGO, M.; POCOVI, A.; ARRANZ, E.; PLANA, F.; SANZ, A.; SERRANO, J., (1994). *Cristalinidad de Caolinitas y Génesis de Caolines en la Formación Arroyo Ruidero.* Cuadernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe, 19. Publicacións do Seminario de Estudos Galegos - Área de Xeoloxía e Minería, Universidade da Coruña.

• BORGES, F., (1994). *Catálogo Descritivo do Museu de Mineralogia Prof. Montenegro de Andrade, II – Descrição dos Minerais.* Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• BRUSI, D.; PALLI, L.; MAS, J., (1994). *El Espacio y el Tiempo en Geología.* - Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, VIII Simpósio sobre Enseñanza de la Geología. Vol.Extra.

• BUENO, M., (1994). *La Elaboración de Materiales Curriculares para la Enseñanza de la Geología* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº 2 e 3.

• *CABALLER, M.; GIMÉNEZ, I.; MADRID, A., (1995). Secuencias Didácticas para Favorecer el Aprendizaje de Conceptos: Una propuesta Metodológica Ejemplificada.* Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.3, Nº1.

• CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M., (2000). *Perspectivas de Ensino.* In: Formação de professores de Ciências – Centro de estudos de Educação em Ciências, Porto.

• CANAVARRO, J., (1999). *Ciências e Sociedade.* Quarteto Editora, Coimbra.

• *Carta Militar de Portugal* à Escala 1:25 0000 (1999). Folha 123 (Valongo). Serviço Geográfico do Exército, Lisboa.

• CARVALHO, J. & FERREIRA, O., (1954). *Algumas Lavras Auríferas Romanas. Estudos, Notas e Trabalhos.* Vol. IX, Fasc. 1-4. Serviço de Fomento Mineiro. Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos.

• CARVALHO, A., (1979). *Breves Referências sobre Jazigos Auríferos Portugueses.* Boletim de Minas. Vol.16, Nº3/4. Direcção-Geral de Geologia e Minas, Lisboa.

• CARVALHO, V., (1997). *Aspectos Gerais da Geopolítica dos Recursos Minerais.* Geonovas – Revista da Associação de Geólogos, Nº12.

• CARVALHO, A., (1998). Geomonumentos – *Uma Reflexão sobre sua Classificação e Enquadramento num Projecto Alargado de Defesa e Valorização do Património Natural.* Atas do V Congresso Nacional de Geologia. Vol. 84, Fascículo 2. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• CATALÁN, A.; BESTARD, I.; BOBADILLA, I.; PONSELL, C., (1998). *Ciencias de la Tierra y del Médio Ambiente: Valoración y Propuestas.* Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.6, Nº1.

• COMPIANI, M. & CARNEIRO, C., (1993). *Os Papéis Didácticos das Excursões Geológicas.* Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.1, Nº2.

• CONNARY MINERALS, (1997). *Estudo de impacte ambiental – Mina de Ouro de Castromil.* Documento 3 - Resumo não Técnico.

• CONNARY MINERALS, (1999). *Estudo de Impacte Ambiental.* Elaborado no Âmbito do Projecto Mineiro de Castromil.

• COSTA, L., (1994). *Indústria Extractiva, Desenvolvimento Sustentável e Ordenamento do Território em Portugal.* Boletim de Minas. Vol.32, Nº2. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• COSTA, L., (1999). *Desenvolvimento Sustentável na Indústria Extractiva: Conceito e Prática do Instituto Geológico e Mineiro.* Boletim de Minas. Vol.36, Nº3. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• COSTA, L., (2000). *Indústria Mineira e Ambiente: Integração ou Conflito?* Boletim de Minas. Vol.37, Nº1. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• COSTA, L. & LEITE, M., (2000). *A Recuperação Ambiental de Áreas Mineiras Degradadas nas Políticas de Integração da Indústria e Ambiente do Ministério da Economia.* Boletim de Minas. Vol.37, Nº3. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• COSTA, L., (2001). *O Sector Mineiro Metálico Nacional nos Anos 90 e Perspectivas de Evolução Futura.* Boletim de Minas. Vol.38, Nº1. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

• COSTA, L., (2002). *Recursos Minerais de Portugal: da Indústria Extractiva à Economia dos Georecursos.* Boletim de Minas. Vol.39, Nº3/4. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

• COUTO, H., (1993). *As Mineralizações de Sb-Au da Região Dúrico-Beirã.* Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• COUTO, H. & DIAS, A., (1998). *Parque Paleozóico – Exemplo de Património Geológico.* Comunicações - Actas do V Congresso Nacional de Geologia (Resumos alargados). Tomo 84, Fascículo 2. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

• CUSTÓDIO, J., (1993). *As Minas Abandonadas do Ponto de Vista da Arqueologia Mineira e Industrial.* Boletim de Minas. Vol.30, Nº2. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

• DEB (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico. Competências Essenciais*, Departamento de Educação Básica.

• DERCOURT, J. & PAQUET, J., (1986). *Geologia – Objectos e Métodos.* Livraria Almedina, Coimbra.

• DIB, C., (1997). *Como Promover a Necessária Transição da Educação Formal para Educação Não Formal em Sala de Aula: uma Efectiva Estratégia no Ensino de Ciência.* Proceedings of the International Conference on Science Education. Seul, Coreia.

• DIEGO, C., (1995). *O Papel Cultural do Cientista nas Sociedades Pós-Industriais.* Comunicação ao Colóquio Ciências e Democracia, Lisboa.

• DOYLE, P., (1996). *Understanding Fossils – An Introduction to Invertebrate Paleontology.* John Wiley & Sons, Lda. England.

• DUD'A, R. & REJL, L., (1994). *A Grande Enciclopédia dos Minerais.* Editorial Inquérito.

• ESPINET, B., (1999). *Los Problemas Ambientales (PA) y la Educación Ambiental: Una Reflexión.* Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.7, Nº1.

• *EXPOSIÇÕES E RECLAMAÇÕES DA POPULAÇÃO DE CASTROMIL ao estudo de impacte ambiental – exploração do depósito de ouro e prata /Covas de Castromil*, (1998).

• FERRAZ, S., (2004). *O Parque Paleozóico de Valongo como Recurso Educativo.* Tese de Mestrado, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• FERREIRA, N.; IGLESIAS, M.; NORONHA, F.; PEREIRA, E.; RIBEIRO, A.; RIBEIRO, M., (1987). *Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu Enquadramento Geodinâmico.* Libro Homenage a L.C. Gracia de Figuerola. Editora Rueda, Madrid.

• FERREIRA, J., (2001). *A Geologia na Escola Portuguesa.* Boletim Nº19. Associação Portuguesa de Geólogos,

• GALVÃO, C.; NEVES, A.; FREIRE, M.; LOPES, S.; SANTOS, C.; VILELA, C.; OLIVEIRA, T.; PEREIRA, M., (2001). *Ciências Físicas e Naturais.* Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico. Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.

• GALVÃO, C.; NEVES, A.; FREIRE, M.; LOPES, S.; SANTOS, C.; VILELA, C.; OLIVEIRA, T.; PEREIRA, M., (2002). *Ciências Físicas e Naturais.* Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico. Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.

• GAMA, C. & ARRAIS, C., (1996). *Recuperação Ambiental e Paisagística da Escombreira da Serrinha Anexa à Mina de Carvão de Germunde.* Boletim de Minas. Vol.33, Nº1. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• GARCIA-GALÁN, A., (1994). *Reflexiones sobre la Enseñanza de la Astronomía eN la Enseñanza Secundaria Obligatoria* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº2 e 3.

• GARCIA DE LA TORRE, E., (1994). *Metodología y Secuenciación de las actividades Didácticas de Geología de Campo* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº2 e 3.

• GASPAR, O., (1998). *História da Mineração dos Depósitos de Sulfuretos Maciços Vulcanogénicos da Faixa Piritosa Portuguesa.* Boletim de Minas. Vol.35, Nº4. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

• GIJÓN, A., (1994). *Interpretación del Paisaje* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº 2 e 3.

• GOINHAS, J., (1985). *A Prospecção Mineira em Portugal - Áreas Potenciais de Aplicação dos Projectos.* Direcção-Geral de Geologia e Minas. Boletim e Minas. Vol.22, Nº1.

• GOMES, C., (1987). *Sistemática, Caracterização e Interesse dos Defeitos Estruturais da Caulinite. Geociências* - Revista da Universidade de Aveiro. Vol.2, Fascículo 1-2.

• GOMES, C., (1989). *Considerações sobre Minerais e Rochas Industriais e sobre Matérias-Primas Cerâmicas.* Geociências - Revista da Universidade de Aveiro. Vol.4, Fascículo 2.

• GOMES, C., (2002). *Argilas: Aplicações na Indústria*. Aveiro.

• GOMES, C., (2003). *Minerais Industriais: Situação Actual em Portugal das Argilas Comerciais*. A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos – Recursos Geológicos e Formação. Vol.II. Universidade de Coimbra.

• GUARCH, J. & LÓPEZ, A., (1995). *Utilización de Mapas Geológicos: Actividades en 4º Curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria*. Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.3, Nº1.

• GUEDES, A. & NORONHA, F., (2002). *Estudo de Paleofluidos em Rochas Metamórficas Hercínicas*. Tomo 89. Instituto Geológico e Mineiro.

• HAMADACHE, A., (1991). *L'éducation nom formelle: Concept et Illustration*. Perspectives. Vol. XXI, Nº1.

• HAMBLIN, W. & CHRISTIANSEN, E., (1995). *Earth's Dynamic Systems, Seventh Edition*. Prentice-Hall, New Jersey.

• HURD, P., (1998). *Scientific Literacy: New Mind for a Changing World. Science Education*, 82.

• INVERNO, C., (2002). *Primary Gold Deposits in Portugal – "Mesothermal" or Epithermal?* Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro. Tomo 89. Lisboa.

• LIMA, A.; BARROS, A.; MENDONÇA, A.; FÉLIX, N., (2005a). *As minas de ouro de Castromil (Paredes, Norte de Portugal)*. III Simpósio sobre Mineração e Metalurgia Históricas no Sudoeste Europeu.

• LIMA, A.; RODRIGUES, B.; DIAS, A.; VASCONCELOS, C.; BARROS, A.; MENDONÇA, A.; FÉLIX, N., (2005b). *Developing a Geological and Mining Thematic Park Project in the Castromil Gold Mines (Northern Portugal)*. IV International Symposium ProGEO Abstracts Volume.

• LUCAS, D., (1991). *Matérias-primas Naturais para a Cerâmica e o Vidro*. Geonovas - Revista da Associação Portuguesa de Geólogos. Nº Especial 2.

• LUÍS, A. & SOUSA, J., (2000). *Utilização de Informação Auxiliar (qualitativa e quantitativa) na estimação de várias variáveis regionalizadas. Aplicação ao jazigo aurífero de Castromil*. Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro.

• LUZÓN, A.; SIRVENT, J.; SORIA, M., (1998). *El Aprovechamiento de los Recursos Naturales en la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra y de Medio Ambiente. Una Introducción a los Estudios de Impacto Ambiental*. Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.6, Nº3.

• MAGNO, C., (2001). *O Sistema de Gestão Territorial e os Recursos Geológicos em Portugal*. Boletim de Minas. Vol.38, Nº3. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

• MATEO, M., (2004). *La Minería Antigua de RioTinto (Huelva)*. De Re Metallica- Boletín de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, 3.

• MARQUES, L., (1996). *Construcción del Conocimiento Científico. Algunos Ejemplos de Geociências.* Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.24, Nº1.

• MARQUES, L.; FUTURO, A.; LEITE, A. & PRAIA, J., (1996). *A aula de Campo no Ensino da Geologia: Contributos para uma clarificação e prática do seu papel didáctico.* IX Simpósio sobre la Enseñanza de la Geologia. Volume extra.

• MARTINEZ, E. & ANDRÉS, J., (1998). *Pon un Fósil en Tu Vida y Sácale Partido! (Propuesta de Recurso para el Aprovechamiento Didáctico de los Fósiles).* Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.6, Nº2.

• MARTINEZ, J.; CASTRO, L.; BONÁN, L.; CHAPERON, C.; KRINER, A., (1999). *Expominar: Un nuevo Recurso Didáctico para la Enseñanza de la Geología en la Argentina* - Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 7, Nº 2.

• MARTINS, H., (1998). *Geoquímica e Petrogénese de Granitóides Biotíticos Tarditectónicos e Pós-tectónicos. Implicações Metalogénicas.* Tese de Doutoramento, Secção de Geologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

• MARTINS, I., (1999). *Literacia Científica: dos Mitos às Propostas.* Conferência Plenária no VII Encontro Nacional de Educação em Ciências. Escola Superior de educação, Faro.

• MARTINS, L., (1999). *A Prospecção de Minérios Metálicos em Portugal nos Anos 90.* Boletim de Minas. Vol.36, Nº4. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

• MEDEIROS, A.; PEREIRA, E.; MOREIRA, A., (1980). *Notícia Explicativa da Folha 9-D (Penafiel) da Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000.* Direcção-Geral de Geologia e Minas, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

• MELENDEZ, B. (1982). *Paleontologia. Parte General e Invertebrados.* Tomo1. Tercera Edicion. Paraninfo, Madrid.

• MENDONÇA, A. & CARDOSO, A., (1998a). *Contribuição da Vegetação para a Estabilidade de Taludes. Parte I – Enquadramento Geral.* Geotecnia - Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Nº82, Março.

• MENDONÇA, A. & CARDOSO, A., (1998b). *Contribuição da Vegetação para a Estabilidade de Taludes. Parte II - Enquadramento Geral.* Geotecnia - Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Nº83, Julho.

• MILLER, J. & PARDO, R., (2000). *Civic Scientific Literacy and Attitud to Science and Technology. In* M. Dierkes e Claudia Von Grote, *Between Understanding and Trust. The public, Science and Technology.* Harwood Academic Publishers, Amesterdam.

• MOREIRA, J., (1997). *Matérias-Primas Minerais Não Metálicas: Situação Actual e Perspectivas.* Boletim de Minas. Vol.34, Nº4. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• MOREIRA, J., (2001). *O Trabalho de Campo em Geologia com Alunos do 11º ano – Uma Perspectiva Inovadora: Da construção de Materiais à Aprendizagem dos Alunos.* Tese de Mestrado, Vol.1. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• MOREIRA, J.; PRAIA, J.; BORGES, F., (2002). *O Trabalho de Campo em Geologia: Construção de Materiais para Alunos do Ensino Secundário – Um Estudo na Área de Valongo.* Geonovas - Revista da Associação Portuguesa de Geólogos, Nº 16, Porto.

• NAQVI, K., (2004). *Gold - Challenging Fundamentalism.* Special Tópic – Mining. Vol.22.

• NOGUEIRA, P.& NORONHA, F., (1998). *Mineralizações Auríferas da Região de Vila Verde. Um Modelo Metalogénico.* Comunicações - Actas do V Congresso Nacional de Geologia (Resumos alargados). Tomo 84, Fascículo 2. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa

• NOGUEIRA, P., (2000). *Recursos Minerais.* Geonovas – Revista da Associação Portuguesa de Geólogos, Nº14, Porto.

• NORONHA, F., (1979). *Inclusões Fluidas, sua Contribuição para a Dedução das Condições Físico-Químicas da formação de Minerais e Rochas.* Separata do Tomo LXIV das Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal. Direcção-Geral de Geologia e Minas.

• NORONHA, F., (1990). *Dedução de Condições Físico-Químicas de Formação de Jazigos Hidrotermais através do Estudo de Inclusões Fluidas. O Exemplo de alguns Jazigos Portugueses.* Separata do Boletín Academia Galega de Ciências Vol. IX. Mineralogia e Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• NORONHA, F. & RAMOS, J., (1993). *Mineralizações Auríferas Primárias no Norte de Portugal. Algumas Reflexões.* Cuaderno Lab. Xeolóxico de Laxe, Vol.18.Coruña.

• NOVAK, J., (2000). *Aprender, Criar e Utilizar o Conhecimento.* Plátano, Lisboa.

• NUNES, A., (1983). *A Geologia Económica e a Indústria Mineira através dos Tempos.* Geonovas - Revista da Associação Portuguesa de Geólogos. Vol.1, Nº5.

• OLIVEIRA, J. & ÁVILA, P., (1995). *Avaliação do Impacto Químico Ambiental Provocado por uma Exploração Mineira. Um Caso de Estudo na Mina de Jales.* Estudos, Notas e Trabalhos, Tomo 37. Instituto Geológico e Mineiro, Porto.

• OLIVEIRA, J., (1997). *Algumas Reflexões com Enfoque na Problemática dos Riscos Ambientais Associados à Actividade Mineira.* Estudos, Notas e Trabalhos, Tomo 39. Instituto Geológico e Mineiro, Porto.

• OLIVEIRA, J.; LEITE, M.; MACHADO, M.; PEDROSA, M., (2000). *Auréolas de Dispersão Química Causadas pela Actividade Mineira. Estratégias e uma Metodologia Técnico-Científica com Vista à sua Avaliação e Hierarquização.* Boletim de Minas. Vol.37, Nº3. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• OLIVEIRA, J.; FARINHA, J.; MATOS, J.; ÁVILA, P.; ROSA, C.; MACHADO, M.; DANIELA, F.; MARTINS, L.; LEITE, M., (2002). *Diagnóstico Ambiental das Principais Áreas Mineiras Degradadas do País*. Boletim de Minas. Vol.39, Nº2. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• ORION, N., (1993). *A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum*. School Science and Mathematics, 93.

• PEDRINACI, E. & BERGILLOS, P., (1994). *O Concepto* de Tiempo Geológico: Orientaciones para su Tratamiento en la Educación Secundaria. Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº1.

• PEREIRA, E.; RIBEIRO, A.; MEIRELES, C., (1993). *Cisalhamentos Hercínicos e Controlo das Mineralizações de Sn-W, Au e U na Zona Centro-Ibérica, em Portugal*. Cuaderno Lab. Xeolóxico de Laxe. Vol.18, Coruña.

• PESSOA, A., (1991). *Como Organizar uma Visita de Estudo*. Escola Superior da Educação, Setúbal.

• PINTO, M.; CASQUET, C.; IBARROLA, E.; CORRETGÉ, L.; FERREIRA, M., (1987). *Síntese Geocronológica dos Granitoides do Maciço Hisperico*. Libro Homenage a L.C. Gracia de Figuerola. Editora Rueda. Madrid.

• PINTO, L., (2001). *Caracterização Ambiental da Zona Envolvente à Mineralização de Castromil – Paredes*. Tese de Mestrado, Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

• PLUMMER, C. & MCGEARY, D., (1993). *Physical Geology, Sixth Edition*. Wm. C. Brown Publishers.

• PORTUGAL MINERAL, (1993). *Os Caulinos Portugueses*, Nº 25. Associação Portuguesa da Indústria Mineral, Lisboa.

• PORTUGAL MINERAL, (1993). *Os Caulinos Portugueses*, Nº 28. Associação Portuguesa da Indústria Mineral, Lisboa.

• PORTUGAL MINERAL, (1996). *Indústria Mineral ao Serviço da Comunidade – O Ouro é "O Material"*, Nº 46. Associação Portuguesa da Indústria Mineral, Lisboa.

• PORTUGAL MINERAL, (1998). *Industria Mineral ao Serviço da Comunidade: O Caulino – um Recurso Mineral com Múltiplas Aplicações no Nosso Dia-a-dia*, nº 52. Associação Portuguesa da Indústria Mineral, Lisboa.

• PÓVOAS, L.; LOPES, C.; MOREIRA, F.; CARVALHO, A., (1995). *Divulgação em Geologia e Cidadania*. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Memória, Nº 14.

• PRAIA, J. & MARQUES, L., (1997). *Para uma Metodologia do Trabalho de Campo: contributos da Didáctica da Geologia*. GEOlogos, Nº1, Porto.

• PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T., (2003). *Understanding Earth*, Fourth Edition. W. H. Freeman and Company, New York.

• RAMOS, R.; PRAIA, J.; MARQUES, L.; PEREIRA, L., (2001). *Ideas Alternativas sobre el Ciclo Litológico en Alumnos Portugueses de Enseñanza Secundaria*. Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.9, Nº3.

• REIS, A.; MARTINS, L.; VIEGAS, L.; FONSECA, E., (1993/94). *Importância dum Ensaio de Orientação na Prospecção Geoquímica do Ouro, utilizando os Solos como Meio Amostral*. Vol.8, Fasc. 1-2. Geociências - Revista da Universidade de Aveiro

• RIBEIRO, M., (1993). *Granitos do Ocidente Ibérico: Contribuição para a sua Interpretação Geodinâmica*. Cuaderno Lab. Xeolóxico de Laxe. Vol.18. Coruña.

• ROCHA, P., (2003). *O trabalho de Campo no Processo de Alfabetização Científica dos Cidadãos*. Tese de Mestrado, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• RODRIGUES, R., (2005). *Minería Romana*. Artículos de Opinion, Revista Cimbra.

• ROMARZ, C., (1962). *Graptólitos do Silúrico Português*. Revista da Faculdade de Ciências da Faculdade de Lisboa, 2ª Série, C-Ciências Naturais. Vol.X - Fasc.2º.

• SALVADOR, P., (2002). Avaliação do impacte de actividade outdoor – *Contributo dos Clubes de Ciências para a Alfabetização Científica*. Tese de Mestrado, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• SALVADOR, P. & VASCONCELOS, C., (2003). *Actividades outdoor: Avaliação do seu impacte junto de alunos de um Clube de Ciências*. Geonovas – Revista da Associação Portuguesa de Geólogos, Nº 17, Porto.

• SANTOS, M., (1999). *Desafios Pedagógicos para o Séc. XXI – Suas Raízes em Forças de Mudança de Natureza Científica, Tecnológica e Social*. Livros Horizonte, Lisboa.

• SARAIVA, A. & PINTO, J., (1999). *A Geologia, a Geotecnia e o Ambiente*. Geonovas - Revista de Associação Portuguesa de Geólogos, Nº13, Porto.

• SENABRE, M., (1994). *Resolución de Problemas y Aprendizage de la Geología* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº 2 e 3.

• SOUSA, M. & NORONHA, F., (1998). *A Classificação – Quadro Internacional das Nações Unidas para Reservas/Recursos* (Versão 1997). Boletim de Minas. Vol.35, Nº3. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

• SUÁREZ, R., (1994). *De los Trabajos Prácticos Tradicionales a la Actividad Investigativa* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº 2 e 3.

• TEIXEIRA, I., (2004). O *Jazigo Aplitopegmatítico de Vieiros – Amarante: Optimização de uma Mina Abandonada*. Tese de Mestrado, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

• TORO, V., (1997). *Asociaciones de Graptolitos del Arenig de la Localidad Tipo de la Formación la Alumbrera, Sistema de Famatina, Argentina.* Revista Española de Paleontología. Vol.12, Nº1. Sociedad Española de Paleontología.

• VALLANCE, J.; CATHELINEAU, M.; BOIRON, M.; SHEPHERD, T.; NADEN, J., (2001). *Rol of Aplitic Magmatism and C-rich Rocks in the Castromil Gold Deposit (North Portugal).* XVI European Current Research on Fluid Inclusions, Porto.

• VALLANCE, J.; CATHELINEAU, M.; BOIRON, M.; FOURCADE, S.; SHEPHERD, T.; NADEN, J., (2003). *Fluid-Rock Interactions and the Role of Late Hercinian Aplite Intrusion in the Genesis of the Castromil Gold Deposit, Northen Portugal.* Chemical Geology. Elsevier.

• VAQUERO, J.; GALLARDO, F.; ÁLVAREZ, G., (1994). *Evaluación del Rendimiento de un Trabajo de Campo* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº 2 e 3.

• VEIGA, A. M. & FERREIRA, M. Q., (2001). *Contribuição do património geológico no ordenamento do território – a região da Batalha in* Livro de Resumos - Congresso Internacional sobre Património geológico e Mineiro. Instituto Politécnico, Beja.

• VELHO, J. & GOMES, C., (1989). *Matérias-Primas Minerais Alternativas do Caulino para Carga e Cobertura do Papel.* Geociências - Revista da Universidade de Aveiro. Vol.4, Fascículo 2.

• VELHO, J. & GOMES, C., (1990). *Caulino: Considerações sobre Produções, Consumos, Mercados e Respectivas Tendências.* Boletim de Minas. Vol.27, Nº2. Direcção-Geral de Geologia e Minas, Lisboa.

• VELHO, J. & GOMES, C., (1997). *Mercado do Caulino: Da Estabilidade ao Redimensionamento.* Boletim de Minas. Vol.35, Nº1. Instituto Geológico Mineiro, Lisboa.

• VELHO, J.; GOMES, C.; ROMARIZ, C., (1998). *Minerais Industriais – Geologia, Propriedades, Tratamentos, Aplicações, Especificações, Produções e Mercados.*

• VIEIRA, P., (2000). *Contaminações "Chumbam" Novas Explorações.* Jornal Expresso. Instituto Geológico e Mineiro.

• VILAS, F., (1992). *História de Galicia - A Romanización de Galicia.* Edicións A Nosa Terra.

• VIGIL, L., (1994) *A Vueltas con el Espacio* – Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.2, Nº 2 e 3.

• WAHL, J., (1998). *Aspectos Tecnológicos da Indústria Mineira e Metalúrgica Romana de Três Minas e Campo de Jales.* Actas do Seminário Arqueologia e Museologia Mineiras. Instituto Geológico e Mineiro – Museu Geológico.

• YUSTE, F., (1995). Sanfélix, *Alfabetizacion Científico-Tecnológica: Uma Aproximacion a Partir de Conocimientos Declarativos.* Tesis de Licenciatura, Universitat de Valência – Faculdade de Psicologia.

Referências URL

URL1 - www.fc.up.pt/pessoas/allima/Castromil

URL2 - http://www.scientific-art.com/portfolio%20palaeontology%20pages/graptoli.htm

URL3 -http://www.mcz.harvard.edu/Departments/InvertPaleo/Trenton/Intro/PaleoPage/Terminology&Morphology/Terminology&Morphology.htm

URL4 - http://www.paleozoicovalongo.com/

URL5 - http://www.isgs.uiuc.edu/fossils/graptolites.htm

URL6 - http://lusiglob.edinfor.logicacmg.com/principal.html

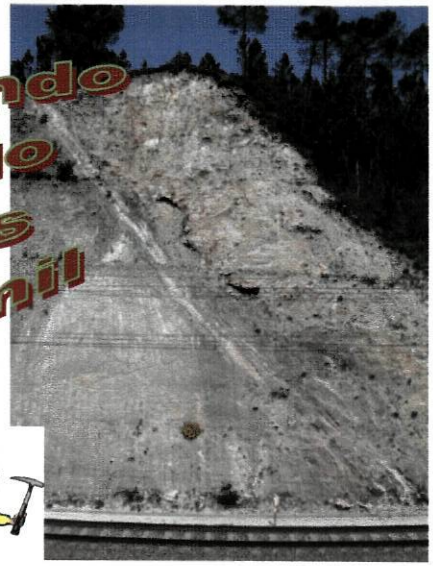
URL7 - http://desktop.google.com/download/earth/index.html

ANEXOS

ANEXO I

Guia Didáctico

Descobrindo o passado nas Rochas de Castromil





ESCOLA:_____

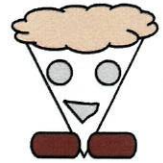
NOME:_____

Nº:_____ TURMA:_____

DATA: ____-____-_____



Eu sou o **Castro**



E Eu sou o **Mil**

E vamos contigo nesta visita,
esperemos que gostes da nossa companhia!!!

PARA ESTA VISITA DEVES TER EM ATENÇÃO ALGUNS CUIDADOS IMPORTANTES:



- ☑ Não deves afastar-te do grupo onde te encontras.
- ☑ Deves respeitar as indicações do teu professor e/ou do teu guia.
- ☑ Deves manusear o material que te é fornecido com cuidado.
- ☑ Não deites lixo para o chão.
- ☑ Não destruas ou estragues os locais que visitares.

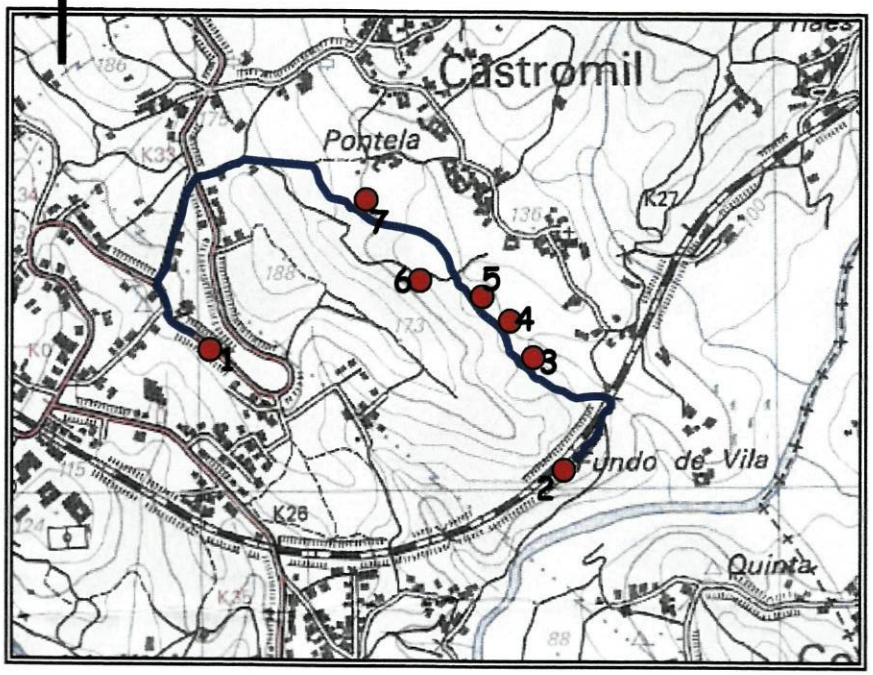
APRENDE

E

DIVERTE-TE ! ! !



Aqui está o trajecto que vamos fazer ao longo da visita!! E as paragens também!!



Adaptado da folha 123 da Carta Militar de Portugal à escala 1/25000 (a imagem não se encontra à escala).

Trajecto a efectuar ao longo da visita.

Paragens que constam do guião.

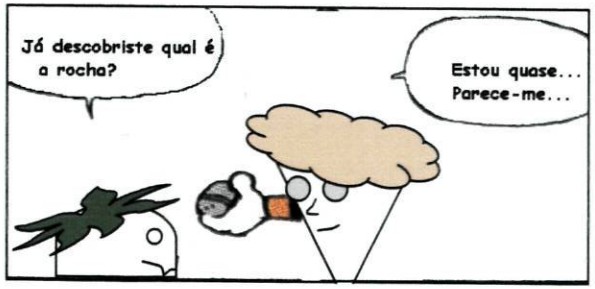
PARAGEM 1

↳ Observa cuidadosamente a rocha do afloramento e assinala com uma cruz as características por ela apresentada:

CARACTERÍSTICAS	
Cor clara	
Cor escura	
Macia	
Rugosa	
Suja as mãos	
Estrutura laminar	
Estrutura granulosa	
Aspecto homogéneo	
Aspecto heterogéneo	

• Identifica a rocha que acabaste de caracterizar. _____

_____



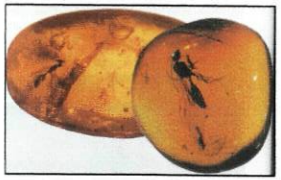
• No seio destas rochas existem FÓSSEIS!!! Confirma a sua presença e com a ajuda das imagens que se seguem **sublinha** o nome dos seres vivos que lhes deram origem:



Trilobites[1] - *Animais marinhos com carapaça, geralmente com tamanhos entre os 3 e 10 cm de comprimento. Viveram durante a Era Paleozóica.*



Amonites[2] - *Animais marinhos com concha calcária enrolada em espiral. Estes seres vivos viveram durante a Era Mesozóica.*



Insectos[3] - *Foram dos primeiros animais terrestres a surgir no planeta. A colonização dos continentes pelos animais ocorreu durante o Paleozóico.*



Graptólitos - *Organismos marinhos de pequenas dimensões que viviam em colónias flutuantes. O género visível na figura viveu apenas durante o Silúrico.*



Dinossauros[4] - *Animais carnívoros ou herbívoros de dimensões variáveis que dominaram os continentes durante a Era Mesozóica.*

[1] http://ademir.commercy.free.fr/fossiles/familles/foto/trilobites.jpg
[2] http://www.luberri.org/fotos/amonites.jpg
[3] Henriques & Rebelo, 2004
[4] http://lachlan.bluehaze.com.au/usa2003/apr2003/29apr2003b/mvc-016f.jpg

- Podemos afirmar que as rochas deste afloramento se formaram:



☐ Num rio ☐ Num glaciar

☐ Num lago ☐ Num mar

☐ Num deserto ☐ Não sabemos

Consulta o calendário geológico (na última página do guião) e indica a idade aproximada das rochas deste afloramento. _____

_____

- Consideras importante a protecção e preservação de afloramentos como este? _____

Porquê? _____

_____

_____

_____

_____

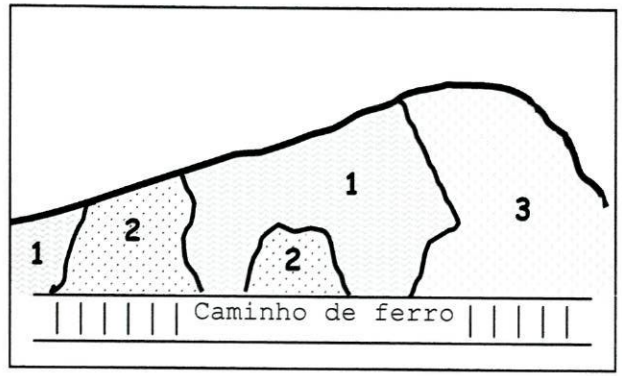




PARAGEM 2

↳ O esquema seguinte representa o afloramento que observas no talude oposto àquele onde te encontras, e os números as rochas que aí afloram.





- Com a ajuda das amostras de mão, retiradas do local, identifica a rocha correspondente a cada um dos números indicados no esquema:

Nos locais assinalados pelo nº1 aflora_____

Nos locais assinalados pelo nº2 aflora_____

No local assinalado pelo nº3 aflora_____

- Desenha, **no esquema**, a falha visível no afloramento.



♦ A falha que acabaste de desenhar também ocorre no local onde te encontras. Coloca-te em cima dela e com a ajuda da bússola e do teu professor tenta calcular a sua direcção aproximada. _____

♦ No afloramento são, ainda, visíveis RAVINAMENTOS, estruturas relacionadas com a inclinação do terreno e com o clima.
O(s) factor(es) responsável(eis) pelo seu aparecimento é (são):

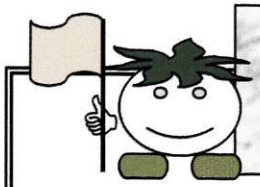
☐ A água do rio ☐ A água do mar ☐ O gelo

☐ A gravidade ☐ Os seres vivos ☐ O vento

☐ A meteorização ☐ A água de escorrência

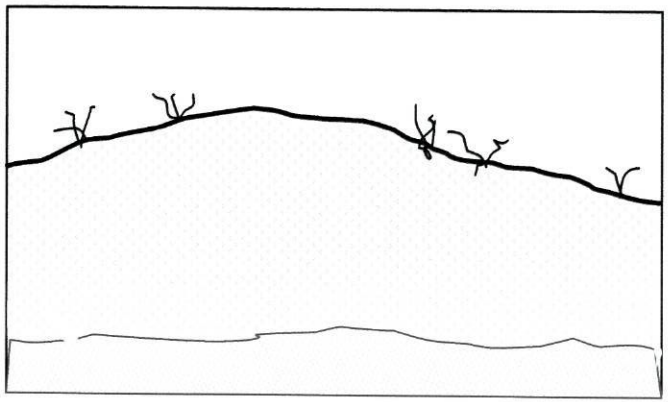
♦ A solução encontrada pelo homem para evitar possíveis acidentes, provocados pelos ravinamentos neste local, foi a construção de um muro.
Evitará esta solução o aparecimento de novos ravinamentos no afloramento? _____

♦ Refere um procedimento frequentemente utilizado para evitar o desgaste de terrenos inclinados e pouco consistentes. _____
_____



PARAGEM 3

↳ Neste afloramento são visíveis 2 tipos de estruturas geológicas - *Falha e Filão*. Desenha-as no espaço que se segue e faz a respectiva legenda.

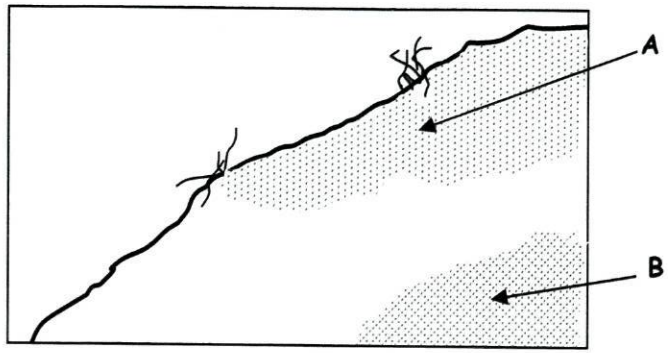


♦ Relativamente à falha, tenta descobrir:

- O tipo de falha (normal ou inversa) _____
- O tipo de forças que lhe terão dado origem (compressivas →← ou distensivas ← →) _____
- O valor aproximado do seu rejeito _____
- A sua idade relativamente ao filão (mais antiga ou mais recente) _____

PARAGEM 4

↳ Nesta paragem, vais poder observar de perto o contacto entre 2 rochas magmáticas, o *aplito* e o *granito*.
O esquema que se segue representa apenas uma parte dessas rochas no afloramento.



• Indica qual das rochas corresponde à letra A e à letra B:

A _____

B _____

• Procura o contacto entre as 2 rochas no afloramento e identifica a linha que melhor representa esse contacto. Desenha-a no esquema.

1.

2.

3.

4.

PARAGEM 5

↳ Neste afloramento vais poder observar um granito bastante alterado. Indica com um X o tipo de alteração que predomina na rocha deste afloramento.

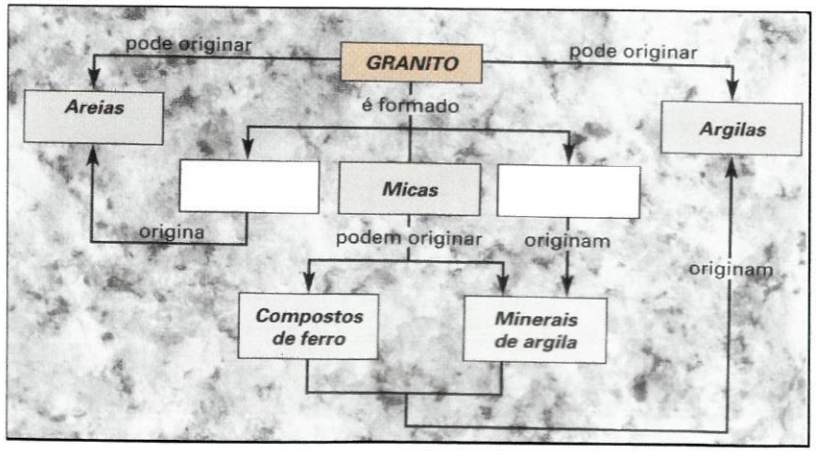
☐ Meteorização física ☐ Erosão

☐ Meteorização química ☐ Diagénese

• Observa os constituintes da rocha no afloramento e indica:

- Qual dos minerais se encontra mais alterado _____
- Qual o mineral mais resistente à alteração _____

• Tenta agora completar o quadro que se segue de modo a estabeleceres uma relação correcta entre os conceitos.



- A alteração do granito levou ao aparecimento do caulino, que é uma argila com grande utilidade em várias indústrias como a do papel, tintas, cerâmica, etc.

Podemos, então, considerar o caulino como um recurso:

(Indica a(s) opção(ões) correcta(s))

☐ Renovável ☐ Geológico ☐ Hídrico

☐ Não renovável ☐ Energético ☐ Biológico

- Sabendo que actualmente este afloramento não tem interesse económico, consideras importante a sua preservação? _____

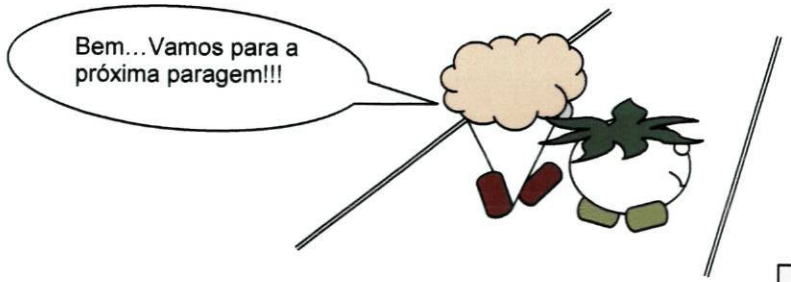
Porquê? _____

_____

_____

_____

_____





PARAGEM 6

Nesta paragem vais poder visitar uma galeria de prospecção de ouro e observar alguns poços/galerias romanas. Equipa-te a rigor e PREPARA-TE !!



Após a visita vê se és capaz de:

- Referir qual a finalidade da amostra recolhida no interior da mina.

_____

_____

- Indicar o nome de um mineral ao qual o ouro aparece associado neste local. _____

- Explicar porque razão se chama, por vezes, à pirite "*O ouro dos tolos*". _____

_____

- Indicar o nome das 2 rochas que observaste no interior da galeria.
  - Rocha mais escura _____
  - Rocha mais clara _____

- Indicar qual das rochas se terá formado em primeiro lugar. _____

_____

Os romanos já andaram por aqui...



- Refere 2 indícios da sua passagem por Castromil.
  - ☝ _____
  - ✌ _____

- Há quantos anos, aproximadamente, terão eles explorado este local? _____

- Que mineral exploraram? _____

Uma prospecção efectuada na região permitiu verificar que em alguns locais o teor em ouro é de 41 gramas por tonelada.

- O que significa a expressão "*o teor em ouro é de 41 gramas por tonelada*" (41g/t)?

_____

_____

_____

_____

- O último estudo efectuado na região, mostrou que a exploração do ouro em Castromil poderia ser rentável, no entanto, tal exploração não avançou!!!

- Indica uma razão pela qual a exploração não terá avançado. _____

_____

_____

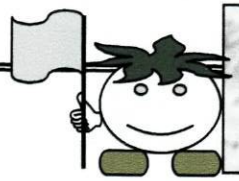
- Das situações que se seguem, indica qual seria a melhor opção para rentabilizar esta área:

☐ Protegê-la, transformando-a num parque geomineiro, onde as pessoas pudessem observar tudo o que aqui se encontra.

☐ Aproveitá-la para a construção de casas modernas, cativando as pessoas para viver na região.

☐ Deixá-la como está.





PARAGEM 7

↳ Neste local vais poder observar uma ESCOMBREIRA, estrutura resultante da acumulação de vários fragmentos rochosos.
Tenta identificar 2 tipos de rochas aí existentes.

☝ _____

✌ _____

♦ Qual será a origem deste material rochoso? _____

_____

_____

♦ Actualmente existem várias escombreiras em Portugal, algumas delas de grandes dimensões. A formação destas estruturas traz normalmente efeitos negativos para o ambiente.
Indica 2 desses efeitos:

☝ _____

✌ _____





A PAISAGEM...

↳ Na paisagem são visíveis vários desmontes semelhantes aos que observas na figura. Actualmente pensa-se que estas estruturas resultaram de explorações romanas a céu aberto.



♦ Indica o nome que lhes é atribuído. _____

♦ Refere duas consequências para o ambiente provocadas pelas explorações mineiras a céu aberto.

☝ _____

✌ _____

♦ Observa agora a vegetação que te rodeia e vê se és capaz de identificar 3 árvores diferentes existentes no local.

☝ _____

✌ _____

👌 _____

♦ Coloca um X em SIM, caso observes algumas destas agressões ao ambiente, e em NÃO, no caso contrário.

AGRESSÕES AMBIENTAIS	SIM	NÃO
Esgotos a correr nos campos		
Vidro		
Metais		
Fumos incomodativos		
Odores incomodativos		
Ruídos incomodativos		
Grafittis		
Lixeiras		
Caixotes do lixo a deitar por fora		

♦ Outras situações: _____

_____

_____

Notas pessoais... ✍

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

E afinal, tudo isto até foi Bestial!!!



Calendário Geológico

EONS	ERAS	PERÍODOS	MILHÕES DE ANOS	PRINCIPAIS ACONTECIMENTOS
FANEROZÓICO	CENOZÓICA	Quaternário	1,75	. Aparecimento dos primeiros hominídeos . Formação de depósitos arenosos, terraços fluviais e aluviões
		Neogénico	23,5	
		Paleogénico	65	
	MESOZÓICA	Cretácico	135	. Aparecimento das plantas com flor
		Jurássico	203	. Domínio dos dinossauros
		Triásico	250	. Aparecimento dos primeiros mamíferos
	PALEOZÓICA	Pérmico	295	
		Carbonífero	355	. Formação dos granitos da região . Orogenia hercínica
		Devónico	410	. Domínio das trilobites
		Silúrico	435	. Xistos grafitosos . Graptólitos . Região de Castromil foi novamente coberta por mares
		Ordovícico	500	Recuo dos mares Deposição de sedimentos que deram origem ao Complexo Xisto-Grauváquico
		Câmbrico	540	. Região de Castromil coberta por mar
PROTEROZÓICO				
ARCAICO			4600	. Formação da Terra

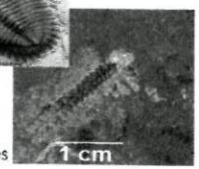


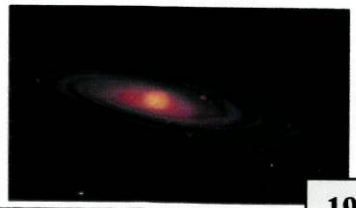












Retirado de: www.fc.up.pt/pessoas/allima/Castromil

ANEXO II

O preenchimento do questionário que a seguir se apresenta é fundamental para o estudo que se está a fazer sobre o local que visitaste.
A tua colaboração é importante, pelo que te é pedido que o faças com atenção. Grato pela tua participação.

O anonimato é assegurado.

Escala de Avaliação de Actividades *Outdoor* em Ciências Naturais - Escala AOCN –

(Salvador, 2002)

ESCALA AOCN

- Lê atentamente todas as questões.
- Cada pergunta pode ser respondida numa escala de 5 pontos como a seguir se indica:

Exemplo:

	1 Discordo totalmente	2 Discordo	3 Indeciso	4 Concordo	5 Concordo totalmente
- A actividade não melhorou o meu relacionamento com os colegas	☐	☐	☐	☐	☐

(1) Significa que discordas totalmente da afirmação e que o teu relacionamento com os colegas melhorou muito.
(2) Significa que discordas da afirmação e que o teu relacionamento com os colegas melhorou.
(3) Significa que estás indeciso relativamente à afirmação e não te recordas se o teu relacionamento com os colegas melhorou.
(4) Significa que concordas com a afirmação e que não melhorou quase nada o teu relacionamento com os colegas.
(5) Significa que concordas totalmente com a afirmação e que não melhorou nada o teu relacionamento com os colegas.

- Assinala com uma cruz a opção que achares mais conveniente.
- Se te enganares, risca completamente a tua primeira resposta e coloca uma cruz na nova opção.
- Tens 30 minutos para responder ao questionário, o que dará tempo para pensares e não responderes ao "acaso".
- Solicita ajuda ao professor quando não entenderes a questão.
- Os dados recolhidos serão tratados anonimamente.

✍ Qual a tua idade? _____ anos

✍ Qual o teu sexo? (assinala a resposta com uma cruz)

Feminino ☐ Masculino ☐

PROBLEMA: Importância da protecção/preservação do património geológico e mineiro.

	1 Discordo totalmente	2 Discordo	3 Indeciso	4 Concordo	5 Concordo totalmente
1 - Penso que a realização da actividade permite encontrar respostas para o problema proposto.	☐	☐	☐	☐	☐
2 - Compreendi a necessidade de protecção/preservação do património geológico-mineiro.	☐	☐	☐	☐	☐
3 – A actividade permitiu que me apercebesse das consequências no ambiente, de uma mina abandonada.	☐	☐	☐	☐	☐
4 - O meu interesse pelo património geológico e mineiro aumentou com a actividade.	☐	☐	☐	☐	☐
5 - O que aprendi com a actividade desenvolvida ajudar-me-á em actividades futuras relacionadas com a protecção do ambiente.	☐	☐	☐	☐	☐
6 - A actividade contribuiu para ficar a perceber melhor conceitos relacionados com o património geológico e mineiro.	☐	☐	☐	☐	☐
7 – Fui capaz de estabelecer relações entre as conclusões obtidas na actividade e as aulas de Ciências.	☐	☐	☐	☐	☐
8 – A actividade contribuiu para que participasse mais ordenadamente nas discussões de grupo.	☐	☐	☐	☐	☐
9 – Penso que o acesso a diferentes fontes de informação (imagens ilustrativas, filmes, maquetas,...) permitiram desenvolver a minha capacidade de pesquisa.	☐	☐	☐	☐	☐
10 – A actividade permitiu-me estabelecer uma maior relação entre conceitos (como por exemplo: rocha, fósseis, falha, minerais,...) desenvolvidos nas aulas de Ciências.	☐	☐	☐	☐	☐
11 – A actividade efectuada na resolução do problema em estudo ajudar-me-á, futuramente, a resolver outros problemas.	☐	☐	☐	☐	☐

	1 Discordo totalmente	2 Discordo	3 Indeciso	4 Concordo	5 Concordo totalmente
12 – A minha atitude crítica face à preservação do património geológico-mineiro aumentou com a participação na actividade.	☐	☐	☐	☐	☐
13 – Penso que o acesso a diferentes fontes de informação (imagens ilustrativas, filmes, maquetas,...) permitiram-me obter um maior conhecimento sobre o tema em estudo.	☐	☐	☐	☐	☐
14 – Contribuí com a minha opinião para a resolução do problema em estudo.	☐	☐	☐	☐	☐
15 – Penso que o que aprendi com actividade não me irá auxiliar a tomar decisões mais informadas e a agir responsavelmente no meu dia-a-dia.	☐	☐	☐	☐	☐
16 – A actividade desenvolvida permite que, futuramente, participe mais conscientemente na tomada de decisões face à protecção do meio ambiente.	☐	☐	☐	☐	☐
17 – As tarefas propostas na actividade ajudaram-me a compreender os conceitos abordados.	☐	☐	☐	☐	☐
18 – A actividade não melhorou o meu relacionamento com os colegas.	☐	☐	☐	☐	☐
19 – A actividade permitiu aumentar a minha preocupação com problemas relacionados com a protecção/preservação do património geológico e mineiro.	☐	☐	☐	☐	☐
20 – Com a realização da actividade não fiquei a saber mais sobre o tema em estudo.	☐	☐	☐	☐	☐
21 – Tomei consciência que todos somos responsáveis pela protecção/preservação do património geológico-mineiro.	☐	☐	☐	☐	☐

	1 Discordo totalmente	2 Discordo	3 Indeciso	4 Concordo	5 Concordo totalmente
22 – A actividade contribuiu para eu conhecer melhor o mundo que me rodeia.	☐	☐	☐	☐	☐
23 – Empenhei-me em realizar o melhor possível as tarefas propostas.	☐	☐	☐	☐	☐
24 – Com a realização da actividade fiquei a compreender melhor a natureza.	☐	☐	☐	☐	☐
25 – O trabalho desenvolvido em grupo, não contribuiu para eu compreender melhor a actividade.	☐	☐	☐	☐	☐
26 – Ajudei, sempre que necessário, os colegas do grupo na realização das tarefas.	☐	☐	☐	☐	☐
27 – A actividade foi desinteressante no levantamento de novas questões sobre o património geológico e mineiro.	☐	☐	☐	☐	☐
28 – Tomei consciência da necessidade de uma educação cívica.	☐	☐	☐	☐	☐

Após teres terminado, verifica se respondeste a todas as questões.
As respostas que deste são extremamente importantes para o trabalho que está a ser desenvolvido assim como para a protecção e preservação de outras áreas Geológico-mineiras.

OBRIGADO PELA TUA COLABORAÇÃO

ANEXO III

Aspectos Geológicomineiros de Castromil



"A coragem moderna não passa por actos guerreiros ou atitudes de herói. A nova forma de bravura consiste em gestos muito simples."

"Nunca é demais lembrar que muito daquilo que somos depende da atitude que temos."

De Laurinda Alves

José A. Barros - 2005

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO PORTO
BIBLIOTECA