

FACULDADE DE CIÊNCIAS - UNIVERSIDADE DO PORTO

Departamento de Geologia

**Complexo Metamórfico da Foz do Douro:
Contributos Científico - Didácticos**

José Carlos Borges Vieira da Silva

Porto, 2001

O Presidente do Juri

J - de N - G

10/07/2001

FACULDADE DE CIÊNCIAS – UNIVERSIDADE DO PORTO

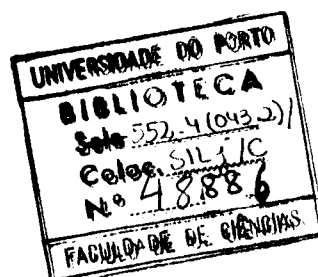
Departamento de Geologia

**Complexo Metamórfico da Foz do Douro:
Contributos Científico – Didácticos**

José Carlos Borges Vieira da Silva

**Dissertação submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para obtenção
do grau de Mestre em Geologia Para o Ensino**

Porto, 2001



D.R. 24/07/2002

*Aos meus pais que comigo atravessaram todas as angústias
e horas menos tranquilas.*

NINGUÉM SABE O SUFICIENTE PARA SER INTOLERANTE

K. Popper

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar o meu agradecimento a todos quantos de variadas formas suavizaram esta viagem que me encaminhou até ao trabalho que a seguir apresento. Na impossibilidade de enunciar aqui todos os professores, amigos e colegas que, desde a fase de concepção da ideia inicial até à sua fase final, me apoiaram incondicionalmente, gostaria de particularizar algumas das pessoas, cuja forma como se excederam na ajuda que me foram prestando, não poderia deixar de destacar.

À minha orientadora de dissertação Dra. Deolinda Flores do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto pelos conselhos, sugestões e apoio bibliográfico que me disponibilizou ao longo de um ano e meio. Desde já os meus agradecimentos quanto à leitura atenta e crítica que prestou a este trabalho.

À Dra. Manuela Marques do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto pelos seus preciosos esclarecimentos no campo e sugestões que me prestou ao nível da organização desta dissertação.

Ao Dr. Benedito Rodrigues do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto pelos seus esclarecimentos ao nível da identificação de algumas litologias no campo e por tudo o que me ensinou ao nível do magmatismo e metamorfismo.

Ao Dr. João Praia do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto pelo apoio logístico e bibliográfico prestado.

À biblioteca do Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto pelo apoio bibliográfico prestado e pela sua grande disponibilidade na obtenção de determinados documentos.

À Junta de Freguesia da Foz do Douro, nomeadamente através da sua assistente social, pela sua grande disponibilidade na obtenção de apoio bibliográfico relacionado com a freguesia.

Ao amigo Jorge Espinha Marques por me ter acompanhado em algumas deslocações ao campo, com o intuito de obtermos fotografias de pormenor das litologias.

Ao amigo José António Araújo, estudante de Engenharia Informática do Instituto Superior de Engenharia do Porto, pelo grande apoio concedido na realização do CD-ROM e do *site* da *Web*. Tantas foram as noites, muitas vezes com algum prejuízo da sua vida pessoal, que disponibilizou em nome de uma longa amizade.

À amiga Cristina Rodrigues por todo apoio bibliográfico e por uma palavra de incentivo e carinho nas horas mais difíceis.

À amiga Dra. Cristina Braga da Cruz pela sua pronta colaboração na disponibilização de material sobre o Porto Antigo.

À Claudia Sanhudo do Jornal "O Progresso da Foz" pelo apoio bibliográfico e pela disponibilidade na selecção de informação sobre a Foz do Douro.

À Dra. Ernestina, Presidente do Conselho Executivo da Escola EB 2,3 de Lustosa; ao Dr. Martins Presidente do Conselho Executivo da Escola EB 2,3 de Lagares e à Dra. Luísa Presidente do Conselho Executivo da Escola EB 2,3 de Idães pela flexibilidade de horários concedidos. Sem este auxílio seria muito mais difícil concretizar esta dissertação.

À D^{na}. Manuela, funcionária do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pela prestável colaboração na revisão das referências bibliográficas. O meu muito obrigado.

À D^{na}. Lurdes, funcionária do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pelas horas despendidas na biblioteca de Geologia e pela sua prestabilidade.

À minha namorada, Carla Seixas, por me ter acompanhado e apoiado nos momentos mais difíceis. O meu muito obrigado pela sua preciosa colaboração na tradução do resumo desta dissertação para Inglês e na revisão bibliográfica.

Aos meus pais e irmã que sempre me apoiaram e incentivaram nos momentos mais angustiantes.

Aos meus amigos Márcia Regina, Marco Novais, Angelo Fonseca, Sara Rilo, Marta Pires, Sandra Quintas, Vasco Gavinhos, Paulo Campinho, Mónica Fernandes e Rosa Maria, esta última em especial pelas horas de paciência que foram despendidas para que eu e o seu companheiro (José Araújo) trabalhássemos na concretização do CD-ROM. A todos os outros o meu muito obrigado por tudo.

Às amigas de Mestrado Helena Correia e Helena Cleto pelas horas de boa disposição e companheirismo que sempre demonstraram.

A todos os outros que sempre me acompanharam, directa ou indirectamente, o meu muito obrigado.

RESUMO

A ocidente da cidade do Porto, na orla litoral entre o Molhe de Felgueiras (Foz do Douro) e o Forte de S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo), exhibe-se uma magnífica faixa metamórfica representada por rochas metassedimentares espacialmente associadas a diferentes tipos de ortognaisses que, no seu conjunto, constituem o Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD).

Do ponto de vista geológico esta região integra-se numa extensa faixa metamórfica, de direcção geral NNW-SSE, que se prolonga desde os arredores do Porto até Tomar e designada por Zona de Cisalhamento Porto-Tomar. Esta faixa, de idade proterozóica média-superior, é caracterizada por possuir terrenos metamórficos muito deformados marcando o contacto entre a Zona de Ossa Morena e a Zona Centro Ibérica. A região do Porto situa-se, deste modo, no limite destas duas zonas, uma vez que a referida faixa de cisalhamento passa pela zona da Foz do Douro.

No CMFD foram definidas duas unidades tectonoestratigráficas distintas: a Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD) e a Unidade de Lordelo do Ouro (ULO). Na UGFD, com base em critérios petrográficos e estruturais, distinguiram-se quatro tipos principais de ortognaisses: i) gnaisses leucocratas; ii) gnaisses leucocratas de tendência ocelada; iii) gnaisses leucocratas ocelados; iv) gnaisses biotíticos. A ULO que contacta a leste, por acidente tectónico, com o granito do Porto (γ'_3) e a oeste, também tectonicamente, com a UGFD, constitui uma estreita faixa de rochas metassedimentares dobradas, sendo nítida a discordância entre as foliações presentes nos ortognaisses e nos metassedimentos, estes últimos exibindo uma foliação anterior aos primeiros. Associados aos ortognaisses da UGFD e aos metassedimentos da ULO ocorrem anfibolitos de origem magmática com afinidade toleítica.

Este trabalho teve como objectivo integrar a informação geológica e geomorfológica do CMFD, na produção de materiais didácticos para professores do ensino básico e secundário e na divulgação do valor patrimonial que o CMFD representa. Para tal, efectuou-se, numa primeira fase, uma revisão bibliográfica que serviu de base, já numa fase seguinte, ao desenvolvimento do trabalho de campo.

O trabalho de campo desenrolou-se essencialmente em cinco momentos distintos: i) estudo pormenorizado da área de trabalho com base na cartografia existente; ii) selecção de paragens com vista à realização de um roteiro geológico para professores; iii) selecção de aspectos geológicos com particular interesse didáctico; iv) inventariação dos principais problemas ambientais e dos atentados contra o património geológico no CMFD; v) levantamento do património histórico-cultural da zona envolvente ao CMFD.

Após a organização dos dados recolhidos e de efectuada uma reportagem fotográfica, foram elaborados os seguintes materiais didácticos e de divulgação: i) livro-guia com roteiro para professores; ii) CD-ROM; iii) *site* na *Internet*.

O livro-guia com roteiro para professores permitirá realizar uma planificação, organização e consecução cuidada de uma viagem de campo ao CMFD. Estruturado num conjunto de seis paragens, possui elementos suficientes que permitirão efectuar o enquadramento geológico e geodinâmico do CMFD, conjuntamente com informações que os auxiliarão a desenvolver diferentes actividades de campo com os seus alunos.

A construção do CD-ROM partiu da necessidade actual de criação de ferramentas multimédia em português adaptadas à população escolar. Face à actual escassez destes recursos e às potencialidades que encerram no processo de ensino-aprendizagem, desenvolveu-se uma viagem de campo virtual pelos afloramentos do CMFD e pelos ambientes histórico-culturais circundantes, assim como uma avaliação aos principais problemas ambientais e contra o património geológico da área. A navegação por este *software* procurou ser simples, intuitiva e de fácil utilização, inclusivamente por indivíduos com poucos conhecimentos informáticos.

O *site* na *Internet* permitirá divulgar amplamente o património geológico do CMFD a um grande número de indivíduos. Com uma estruturação em tudo semelhante ao CD-ROM, este *site* pretende preencher uma lacuna no que toca à difusão do conhecimento geológico em Portugal, estimulando, simultaneamente, o gosto pela geologia e pelas viagens de campo, assim como pelos ambientes histórico-culturais da Foz do Douro.

Considera-se que o CMFD possui elementos e aspectos suficientes para o desenvolvimento de uma aprendizagem efectiva em Geologia. Sabendo-se da existência de um número significativo de escolas e instituições de ensino nas imediações da zona da Foz do Douro e da dispersão da informação geológica relativa a esse Complexo, pensa-se que estas ferramentas didácticas poderão auxiliar os professores e alunos a desenvolverem uma viagem de campo com qualidade, enquanto que, simultaneamente, se consciencializam para a preservação deste antigo património geológico e ambientes circundantes.

ABSTRACT

To the west of the city of Porto, on the shoreline between the Felgueiras pier (Foz do Douro) and the Fort of S. Francisco Xavier (commonly known as Castelo do Queijo), there is a magnificent metamorphic belt made up of metasedimentary rocks which spatially can be related to different types of orthogneisses, which constitute what is known as The Metamorphic Complex of the Foz do Douro (MCFD).

This region is part of an extensive metamorphic belt, which lies NNW to SSE, going from the outskirts of Porto until Tomar, being designated as the Porto-Tomar shear zone. This belt dating from the medium-upper Proterozoic age, is known for possessing highly deformed metamorphic terrain and marks the contact between the Ossa-Morena Zone (OMZ), and the Central Iberian Zone (CIZ), being Porto situated on the boundary of these two zones, given that the shear belt crosses the Foz do Douro Zone.

In the MCFD two distinct tectonostratigraphic units were defined: the Foz do Douro Gneiss Unit (FDGU) and the Lordelo do Ouro Unit (LOU). Within the first unit, having made use of petrographic and structural criteria it was possible to distinguish four main types of orthogneisses: i) leucocratic gneisses, ii) crude augen-gneiss, i.e., leucocratic gneisses showing a tendency for an augen texture, iii) leucocratic augen-gneisses and iv) biotitic gneisses. The LOU contacts in the east, due to tectonic forces with the so-called "Oporto granite" (γ_3) and in the west also due to tectonic forces with the FDGU, constituting a narrow belt of folded metasedimentary rocks, being there an explicit difference in the foliation exhibited by these metasedimentary rocks and orthogneisses, being the former of an earlier foliation than the latter. Associated with the orthogneisses of the FDGU and the metasediments of the LOU, amphibolites of a magmatic origin and of a tholeiitic affinity are to be found.

The objective of this thesis is to integrate geologic and geomorphologic information on the MCFD in the production of didactic material for teachers of elementary and secondary schools, and to divulge the patrimonial value which this complex represents. Bearing this in mind, initially a bibliographic review was undertaken, serving as a basis for the field work which was subsequently carried out.

The field work incorporated five distinct moments: i) a detailed study of the area based on existing cartography, ii) selecting stops for a geologic itinerary for teachers, iii) selecting geologic aspects of didactic importance, iv) listing the main environmental problems and the destruction of the geological patrimony of the MCFD, v) surveying the historical and cultural patrimony of the area surrounding the MCFD.

Having organised the collected data and carried out a photographic documentary, the following didactic material was elaborated: i) guide-book with an itinerary for teachers; ii) CD-ROM; iii) site on the internet.

The guide-book with an itinerary for teachers will provide for the planning, organising and the carrying-out of a field trip to the MCFD. Having six stops, it possesses enough elements to enable a geological and geodynamic placing of the MCFD, along with information which will help teachers develop different field activities with their students.

The idea of producing a CD-ROM has essentially to do with the need to create multimedia tools in Portuguese which are adapted to school goers. Due to the lack of such resources and due to their potentiality in the teaching field, a virtual field trip was developed from the MCFD's outcrops and the surrounding historical and cultural environments, the main environmental problems and the destruction of the geological patrimony of the area were also assessed. The use of this software is meant to be simple, easy and intuitive, even for those who do not possess many computer skills.

The internet site will widely promote the geological patrimony of the MCFD to a great number of people. With a similar structure to that of a CD-ROM, this site will do away with the lacunae regarding the diffusion of knowledge on geology in Portugal, while simultaneously stimulating, an interest in geology and field trips, as well as the historical and cultural environments of the Foz do Douro.

The MCFD possess enough elements to develop an efficacious learning of geology and having knowledge of a great number of schools and academic institutions in the Foz do Douro Zone, and given the information concerning this Complex, this didactic material will aid both teachers and students in preparing and undertaking a field trip, while making them aware of the need to preserve this geological patrimony and surrounding environments.

Índice

1. Introdução.....	2
1.1 – Delimitação do Problema.....	2
1.2 – Objectivos e Métodos.....	5
1.2.1 – Objectivos.....	6
1.2.2 – Metodologia e Estrutura de Trabalho.....	7
2. Enquadramento Geográfico e Geológico.....	10
2.1 – Localização Geográfica e Geológica.....	10
2.2 – Enquadramento Geológico e Geodinâmico.....	12
2.2.1 – O Maciço Ibérico.....	12
2.2.2 – Zonalidade do Maciço Ibérico.....	13
2.2.3 – Aspectos Gerais da Evolução Geodinâmica da Cadeia Ibérica.....	16
2.2.4 – Fracturação tardi-Varisca.....	22
3. O Complexo Metamórfico da Foz do Douro.....	25
3.1 – Os Autores Clássicos e a Geologia Local	25
3.2 – A Actual Visão Geológica e Geodinâmica.....	36
3.2.1 – Geologia do Complexo Metamórfico da Foz do Douro.....	39
3.2.2 – Granitóides.....	41
3.2.3 – Estudos Geocronológicos do Complexo Metamórfico da Foz do Douro.....	43
3.2.4 – Fases de Deformação do Complexo Metamórfico da Foz do Douro.....	45
4. Potencialidades do Complexo Metamórfico da Foz do Douro.....	47
4.1 – Potencialidades Didácticas.....	47
4.2 – Construção de Materiais Didácticos.....	52
4.2.1 – O Livro-Guia.....	52
4.2.2 – CD-ROM e Site na Internet.....	58
4.3 – Os Afloramentos e os Seus Elementos Caracterizadores.....	66
Paragem Um: Castelo do Queijo.....	66
Paragem Dois: Jardins da Avenida Montevideu.....	76
Paragem Três: Praia do Homem do Leme.....	87
Paragem Quatro: Praia de Gondarém	96
Paragem Cinco: Praia da Sr. ^a da Luz.....	106
Paragem Seis: Praia dos Ingleses.....	112
4.4 – Problemas Ambientais.....	118
4.4.1 – O Litoral: Alguns Conceitos.....	119
4.4.2 – Características da Faixa Litoral.....	120
4.4.3 – Causas da Evolução do Litoral.....	120

4.4.4 – <i>Outros Problemas</i>	126
4.4.5 – <i>Futuro da Faixa Litoral da Cidade do Porto</i>	127
4.5 – Complexo Metamórfico da Foz do Douro: Exemplo de Património Geológico a Preservar.....	130
4.6 – O Homem e a Paisagem.....	134
4.6.1 – <i>Elementos Históricos</i>	134
4.6.2 – <i>Património Histórico-Cultural</i>	139
4.6.3 – <i>O Geoturismo</i>	143
5. Considerações Finais	147
Referências	152
Anexo I – Livro-Guia com Roteiro Para Professores no Complexo Metamórfico da Foz do Douro	163
Anexo II – CD-ROM	218
Anexo III – Quadro Institucional e Legal Para a Zona Costeira	220

Índice de Figuras

Fig. 1 - Enquadramento da zona em estudo (Monteiro A., 1997)	10
Fig. 2 – Mapa geológico regional da faixa metamórfica Porto-Espinho-Albergaria-a-velha (Chaminé, 2000) ...	11
Fig. 3 – Unidades morfoestruturais da Península Ibérica (Ribeiro A. et al., 1979, modificado por Galopim de Carvalho, 1984)	12
Fig. 4 – Esquema de zonation das rochas pré-mesozóicas da Península Ibérica, onde se inclui as zonas propostas por Lotze em 1945 (segundo Dallmeyer & Martínez-Garcia (1990) in Chaminé, 2000)	13
Fig. 5 – Síntese das zonas geotectónicas da Península Ibérica consideradas na actualidade (compilação dos trabalhos de Julivert et al., 1974; A. Ribeiro, 1979b; Farias et al., 1987; Quesada 1992; R. Dias & A. Ribeiro 1995a; A. Ribeiro et al., 1996): in Chaminé (2000)	14
Fig. 6 – Cronologia das fases de deformação varisca da ZCI (Chaminé, 2000)	17
Fig. 7 – Evolução do TAI e sua relação com o bloco de Ossa-Morena durante o proterozóico superior (Chaminé, 2000)	19
Fig. 8 – Modelo da evolução geodinâmica do NW da Cadeia Ibérica no varisco, com obducção antitéctica de um ofiolito sobre a margem continental continental (Chaminé, 2000)	21
Fig. 9 – Mapa com os principais sistemas de fracturas tardi-Variscas do Maciço Ibérico e diagramas dos grandes alinhamentos estruturais do NW de Portugal (Chaminé, 2000)	23
Fig. 10 – Esboço geológico da faixa entre o Porto e Esposende e perfil geológico esquemático entre a Foz do Douro (Porto) e Baltar (Sharpe, 1849)	25
Fig. 11 – Correspondências estabelecidas entre as classificações do Pré-câmbrico propostas em Espanha e Portugal (Delgado, 1905)	27
Fig. 12 – Esboço da tectónica hercínica de Portugal (Fleury, 1922)	28
Fig. 13 – Excerto da primeira carta geológica de Portugal elaborada por Daniel Sharpe (1850), in Costa (1941)	29
Fig. 14 – Esboço geológico da cidade do Porto (Costa, 1945)	31
Fig. 15 – Extracto da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, folha 9C (Porto) (Costa e Teixeira, 1957a)	32

Fig. 16 – Mapa geológico simplificado da área Aveiro-Viseu-Pontevedra-Orense (Andrade et al., 1979c)	35
Fig. 17 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	37
Fig. 18 – Mapa geológico-estrutural do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Chaminé, 2000; Chaminé et al., <i>in prep.</i>)	38
Fig. 19 – Logotipo Figura 16 – Logotipo do Macromedia® Director® - Shockwave ® Studio (Macromedia, 1997)	62
Fig. 20 – Aspecto do menu iniciar do CD-ROM.....	64
Fig. 21 – Mapa geológico da zona do Castelo do Queijo (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	66
Fig. 22 – Esboço geológico da zona do Castelo do Queijo (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	67
Fig. 23 – Granito do Castelo do Queijo	66
Fig. 24 – Encrave microgranular (paragem um)	68
Fig. 25 – Gnaiss leucocrata ocelado (paragem um)	69
Fig. 26 – Esboço geológico da zona do Castelo do Queijo (modificado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994)	71
Fig. 27 – Tratamento geoestatístico das atitudes das 751 diaclases medidas no granito do Castelo do Queijo	73
Fig. 28 – Ausência quase total de praia (zona do Castelo do Queijo)	74
Fig. 29 – Aspectos da paisagem granítica dos afloramentos do Castelo do Queijo	75
Fig. 30 – Mapa geológico da paragem dois (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	76
Fig. 31 – Microgranito (paragem dois)	77

Fig. 32 – Aplito-pegmatito a cortar a foliação dos gnaisses leucocratas ocelados e um filão de quartzo (paragem dois)	79
Fig. 33 – Contactos geológicos (paragem dois)	81
Fig. 34 – Filões (paragem dois)	82
Fig. 35 – Falha um (paragem dois)	83
Fig. 36 – Falha dois (paragem dois)	83
Fig. 37 – Falha 3 (paragem dois)	84
Fig. 38 – Tratamento geoestatístico das atitudes das 300 diaclases medidas no gnaisse leucocrata ocelado	85
Fig. 39 - Total ausência de praia (paragem dois)	85
Fig. 40 – Marmitas litorais (paragem dois)	86
Fig. 41 – Erosão marinha (paragem dois)	86
Fig. 42 – Mapa geológico da paragem três (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	87
Fig. 43 – Contacto entre o pegmatito e o gnaisse biotítico (paragem três)	89
Fig. 44 – Contactos geológicos (paragem três)	92
Fig. 45 – Falha provável (paragem três)	90
Fig. 46 – Filão de gnaisse leucocrata encaixado entre o gnaisse biotítico (paragem três)	93
Fig. 47 – Gnaisse leucocrata dobrado (paragem três)	93
Fig. 48 – Dobra (paragem três)	94
Fig. 49 – Porto de Carreiros (Molhe) (Jorge et al., 2000)	95
Fig. 50 – Areal protegido pelo gnaisse biotítico (paragem três)	95
Fig. 51 – Desnível de 1,5 a 2 m (paragem três)	95

Fig. 52 – Mapa geológico da zona da praia de Gondarém (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	96
Fig. 53 – Esboço geológico da paragem quatro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	97
Fig. 54 – Esboço geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro: Contactos geológicos (adaptado de Borges et al., 1985, 1987 e Marques M. et al., 2000)	101
Fig. 55 – Esboço geológico da paragem quatro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	99
Fig. 56 – Sistemas de dobras (paragem quatro)	103
Fig. 57 – Dobra/falha um (paragem quatro)	104
Fig. 58 – Dobra/falha dois (paragem quatro)	104
Fig. 59 – Arco de abrasão marinha (paragem quatro)	105
Fig. 60 – Ausência quase total de praia (paragem quatro)	105
Fig. 61 – Mapa geológico da zona entre a praia da Sr. ^a da Luz e da praia dos Ingleses (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	106
Fig. 62 – Esboço geológico da paragem cinco (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	107
Fig. 63 – Litologias (paragem cinco)	109
Fig. 64 – Filonete de quartzo a cortar a foliação do gnaiss biotítico (paragem cinco)	110
Fig. 65 – Arco de abrasão marinha (paragem cinco)	111
Fig. 66 – Esboço geológico da zona entre a praia dos Ingleses e a praia do Ourigo (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	112
Fig. 67 – Esboço geológico da paragem seis (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	113

Fig. 68 – Gnaiss leucocrata de tendência ocelada (paragem seis)	114
Fig. 69 – Gnaiss leucocrata deformado Vs construções humanas (paragem seis)	114
Fig. 70 – Contacto entre os metassedimentos (ULO) e o gnaiss leucocrata de tendência ocelada (paragem seis)	115
Fig. 71 – Esboço geológico da paragem seis (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)	116
Fig. 72 – Caverna (paragem seis)	116
Fig. 73 – Praia do Ourigo	117
Fig. 74 – Morfologia das praias com a indicação das zonas de dinâmica das águas (Carvalho, 1985)	119
Fig. 75 – Bares e esplanadas construídos nas praias do CMFD	123
Fig. 76 – O Porto de Leixões, exemplo de estrutura transversal	125
Fig. 77 – Porto de Carreiros (vulgo Molhe) (Jorge et al., 2000)	125
Fig. 78 – Problemas ambientais presentes nas praias da faixa litoral da cidade do Porto	127
Fig. 79 – Planta geográfica da cidade do Porto (Maia, 1988)	135
Fig. 80 – Moda dos banhos (finais do século XIX)	137
Fig. 81 – Elétrico na Avenida de Carreiros (Av. Brasil) em frente à praia de Gondarém (Branco, 1995)	138
Fig. 82 – A Foz de outros tempos	139
Fig. 83 – Castelo do Queijo	139
Fig. 84 – Brasão da freguesia de Nevogilde (Fernandes N., 1997)	140
Fig. 85 – Porto de Carreiros	141
Fig. 86 – Igreja de Nevogilde	141
Fig. 87 – Castelo de São João da Foz do Douro (Softideia, 1997)	141

Fig. 88 – Locais com interesse histórico-cultural (Foz do Douro) 142

Fig. 89 – Farol da Cantareira (Softideia, 1997) 142

Índice de Quadros

Quadro 1 – Resumo dos três períodos maiores para a evolução pós-Varisca (Chaminé, 2000)	22
Quadro 2 – Dados petrográficos das litologias da faixa litoral da cidade do Porto (Assunção, 1962)	33
Quadro 3 – Conjuntos litológicos do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Teixeira, 1970)	34
Quadro 4 – Classificação geodinâmica dos granitóides do W Ibérico (Ferreira et al. N., 1987; Chaminé, 2000)	41
Quadro 5 – Principais datações isotópicas do Complexo Metamórfico da Foz do Douro	43
Quadro 6 – Fases de deformação consideradas no CMFD (Chaminé, 2000)	45
Quadro 7 – Localização dos contactos geológicos (paragem um)	70
Quadro 8 – Características dos quatro filões (paragem um)	70
Quadro 9 – Litologias (paragem dois)	76
Quadro 10 – Localização dos contactos Geológicos (paragem dois)	79
Quadro 11 – Síntese das características dos contactos geológicos (paragem dois)	80
Quadro 12 – Síntese das principais características dos filões (paragem dois)	82
Quadro 13 – Características das falhas e dos filões rejeitados (paragem dois)	83
Quadro 14 – Litologias (paragem três)	87
Quadro 15 – Localização dos contactos geológicos (paragem três)	89
Quadro 16 – Síntese das características dos contactos geológicos (paragem três)	91
Quadro 17 – Características do filão um (paragem três)	93
Quadro 18 – Caracterização da dobra (paragem três)	94
Quadro 19 – Litologias (paragem quatro)	96

Quadro 20 – Localização dos contactos geológicos (paragem quatro)	99
Quadro 21 – Síntese das características dos contactos geológicos (paragem quatro)	100
Quadro 22 – Síntese das principais características das quatro dobras (paragem quatro)	102
Quadro 23 – Litologias (paragem cinco)	106
Quadro 24 - Síntese das Principais Litologias (paragem cinco)	108
Quadro 25 – Contactos geológicos (paragem cinco)	110
Quadro 26 – Litologias (paragem seis)	112
Quadro 27 – Contactos geológicos e suas características (paragem seis)	115
Quadro 28 – Descrição dos sectores que constituem a faixa litoral (Carvalho, 1985; Freire de Andrade, 1997)	120
Quadro 29 – Avaliação dos problemas ambientais nas praias do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD)	126
Quadro 30 – Descrição das variáveis a considerar na preservação do CMFD como património geológico	131

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 - Delimitação do Problema

Os minerais, as rochas e os fósseis, assim como as múltiplas estruturas geológicas e as paisagens naturais, são verdadeiros e únicos testemunhos do passado do nosso planeta, que documentam os eventos ocorridos ao longo da imensidão do tempo geológico. Autênticos livros de história natural, é inestimável o valor que representam para a humanidade e para o enriquecimento da cultura de um povo, de uma nação e do mundo.

A Terra é um planeta em constante mutação. Embora muitas dessas modificações não sejam perceptíveis, elas moldam continuamente a sua superfície e os elementos que a compõem, ao longo de milhares ou de milhões de anos. Os fenómenos geológicos quando instantâneos, são admirados pela sua beleza e espectacularidade, mas igualmente temidos pelo grau de destruição que podem provocar. Ao cidadão comum, são estes últimos elementos que possuem a verdadeira capacidade para relembrar a imparável actividade da nossa "minúscula casa" planetária.

Devido a esta aparente imutabilidade, um dos principais objectos de estudo da Geologia, como as rochas, são raramente entendidas, conjuntamente com os solos, como o verdadeiro substrato que suporta a vida. Verdadeiras fontes de informação codificada, estes elementos contêm em si o espaço e o tempo. São imortais, pois as suas transformações sucessivas provam que a natureza é criativa na preservação das suas obras.

Os geólogos, na sua actividade, são os grandes descodificadores da informação presente nas litologias e nas estruturas existentes num afloramento. Contribuem ainda para o nível de vida que actualmente usufruimos. Sem os geólogos não disporíamos de fontes energéticas como o petróleo, o carvão e o gás natural...nem de barragens ou grandes obras de Engenharia...nem de matérias-primas essenciais, metálicas e outras...nem poderíamos avaliar e aproveitar convenientemente os recursos hídricos ou conseguir um adequado e desejado ordenamento do território (Antunes, 1991).

Porém, a área de actuação da Geologia é bastante mais abrangente e estende-se até aos domínios do ambiente, apresentando-se como uma disciplina de ponta que poderá ajudar o Homem na resolução dos desequilíbrios ambientais, resultantes da sua intervenção directa ou indirecta nos geossistemas. A contaminação dos solos e dos recursos hídricos, o aquecimento global, a subida do nível mar, os limites dos recursos minerais e energéticos, entre outros, são muitos dos actuais problemas com que a sociedade se debate.

Muitos dos problemas ambientais que actualmente subsistem, partem de uma vincada ignorância dos processos geológicos. Uma educação para as Geociências é um requisito fundamental, que poderá consciencializar os futuros cidadãos para a fragilidade do sistema Terra-Vida. Esse desconhecimento encontra-se igualmente na base de muitos dos atentados contra o património natural. Os georecursos naturais (Elízaga Muñoz, 1988) permitem estudar e interpretar a evolução da história geológica da Terra (Valcarce & Cortés, 1996) e constituem em si um carácter de monumentalidade, que, irremediavelmente perdido, nunca mais poderá ser recuperado.

Torna-se assim urgente alertar e sensibilizar os nossos políticos e cidadãos comuns, para estes importantes recursos culturais preservados em numerosas povoações do nosso país. Quando bem geridos, estes recursos poderão ser o ponto de partida para uma educação geológica e ambiental, que permitirá aos alunos, professores, autarcas, naturalistas e turistas obterem informações preciosas para enriquecerem a sua bagagem cultural e os auxiliarem nas futuras tomadas de posição.

Um desses recursos naturais encontra-se magnificamente exposto na faixa litoral da cidade do Porto. Trata-se do Complexo Metamórfico da Foz do Douro, um exemplo de património geológico a preservar. Com este trabalho, pretende-se contribuir com dados que permitam aos professores, alunos e cidadãos comuns usufruírem, na sua plenitude, de todas as potencialidades que esta zona oferece, nomeadamente através de viagens de estudo ao local, quer com carácter formal quer com carácter informal.

As viagens de campo são um dos momentos fundamentais e imprescindíveis para uma aprendizagem em Geologia. Nesse sentido, não devem ser perspectivadas como uma obrigação simplesmente sugerida pelos currículos escolares. Devem sim, ser entendidas como uma fase que permite extrapolar para fora da sala de aula e do laboratório os elementos aí adquiridos. Encarada numa visão construtivista, estas viagens permitem uma educação efectiva em Geologia.

Pretende-se, assim, contribuir com informações geológicas de extrema utilidade, que permitam aos professores organizarem e gerirem as suas viagens de campo. Para o efeito, foram criadas ferramentas didácticas que ajudarão a diminuir muitas das dificuldades sentidas pelos professores, nomeadamente aquelas relacionadas com os conhecimentos da área da Geologia (Praia & Marques, 1997). Assim, e depois de ultrapassadas, estarão criadas todas as condições para uma viagem de campo que se quer com qualidade.

Com o advento da *Internet* nos anos 90, a sociedade da informação difundiu-se por todo o mundo. Rapidamente transformou-se numa fonte de informação quase ilimitada, disponível para qualquer indivíduo que possua os elementos necessários para o seu acesso: um computador e *software*. Quando bem gerida, essa informação poderá ser um importante recurso de ensino-aprendizagem e um instrumento de divulgação do património geológico de uma região. Trata-se, portanto, de um meio barato e cómodo de aceder aos conhecimentos, conhecimentos estes que poderão sensibilizar os cidadãos para a importância da geologia e da riqueza natural que o nosso país dispõem. Nesse sentido, neste trabalho foi desenvolvido um CD-ROM que poderá ser facilmente convertido em linguagem HTML e difundido, posteriormente, difundido na *Internet*.

Os afloramentos do Complexo Metamórfico da Foz do Douro, constituídos por variadas litologias, contactos, estruturas geológicas e aspectos geomorfológicos, ficarão, agora com estas ferramentas, mais facilmente acessíveis tanto aqueles que os pretendem estudar como os que os pretendem somente visitar.

1.2 - Objectivos e Métodos

A zona litoral da cidade do Porto possui conjuntos litológicos de uma enorme riqueza didáctica e patrimonial. Porém, existem poucos estudos específicos sobre a geologia da zona, facto que se traduz numa informação compartimentada, incompleta e pedagogicamente desadequada.

Foi no decurso das disciplinas de Métodos Cartográficos e de Geologia de Portugal, da Licenciatura de Geologia - Ramo Educacional na Universidade do Porto, e no curso de "Mestrado em Geologia Para o Ensino" da mesma Universidade, que nasceu o embrião para esta dissertação. Após o primeiro contacto com as litologias do Complexo Metamórfico da Foz do Douro, surgiu a necessidade de se proceder a um estudo científico-didáctico, que contribuisse com conhecimentos que auxiliassem os professores na realização de viagens de campo com os seus alunos.

Foram quatro as razões principais que conduziram à da selecção da área em estudo:

1. As litologias, os diferentes contactos que preconizam, as variadas estruturas geológicas e os diversos aspectos geomorfológicos do Complexo Metamórfico da Foz do Douro constituem no seu conjunto, afloramentos de cidade, frequentemente utilizados pelas instituições de ensino do concelho e distrito do Porto, para visitas de estudo no âmbito da Geologia e da Geografia;
2. A informação sobre a área de trabalho encontra-se muito dispersa, não sendo facilmente acessível fora dos meios universitários. Este facto, traduz-se na escassa existência de materiais de apoio, que permitam aos professores do ensino básico e secundário efectuarem viagens de campo com qualidade;
3. É um local com óptimos acessos e que permite, devido ao bom nível de segurança e exposição dos afloramentos, efectuar boas observações às litologias, aos contactos e estruturas geológicas assim como aos diferentes aspectos geomorfológicos;
4. Alertar para o importante valor patrimonial que o Complexo Metamórfico da Foz do Douro representa e para os graves problemas ambientais das praias envolventes.

1.2.1 - Objectivos

O objectivo central desta dissertação consiste na integração da informação geológica e geomorfológica, da área de trabalho, na produção de materiais didácticos para professores do ensino básico e secundário e na divulgação do valor patrimonial que o Complexo Metamórfico da Foz do Douro representa. Para o efeito procurou-se:

- Analisar o contributo dos diferentes geólogos portugueses e estrangeiros para a construção do conhecimento da área;
- Descrever e enquadrar os principais aspectos geológicos do Complexo Metamórfico da Foz do Douro à luz do actual estado dos conhecimentos;
- Elaborar um livro-guia que auxilie os professores do ensino básico e secundário na preparação e concretização das suas viagens de campo;
- Construir uma ferramenta multimédia, em suporte CD-ROM, que permita um acesso interactivo ao património geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro;
- Elaborar materiais relacionados com as Tecnologias da Informação e Comunicação, como um *Site* da Internet, procurando-se alertar para a fragilidade do património natural do local e para os principais problemas ambientais com que este se debate;
- Evidenciar as potencialidades do local em termos de elementos histórico-culturais e a sua possível integração num projecto de geoturismo.

1.2.2 - Metodologia e estrutura de trabalho

Para a concretização desta dissertação, foram desenvolvidos métodos de trabalho que permitissem atingir os objectivos inicialmente propostos.

Nesse sentido, e numa primeira fase, efectuou-se uma pesquisa bibliográfica com o objectivo de reunir informação de carácter científico, didáctico e administrativo, que servisse de base a um trabalho de campo a desenvolver numa fase seguinte.

O trabalho de campo desenrolou-se essencialmente em quatro momentos distintos:

- Estudo pormenorizado da área de trabalho com base na cartografia existente;
- Selecção de paragens com vista à realização de um roteiro geológico, que permitisse aos professores desenvolverem aulas de campo com os seus alunos. Esta selecção assentou, principalmente, em referências bibliográficas e no nível de exposição dos elementos geológicos presentes nos afloramentos;
- Selecção de aspectos geológicos com particular interesse didáctico. Nesta fase, procurou-se atender aos conteúdos programáticos do ensino básico e secundário, de forma a que não existisse um desfasamento entre os elementos recolhidos e os conteúdos abordados;
- Inventariação dos principais problemas ambientais e dos atentados contra o património geológico da área de trabalho. Foi, ainda, realizado um levantamento do património histórico-cultural da zona envolvente ao Complexo Metamórfico da Foz do Douro.

Após a organização dos dados recolhidos e de efectuada uma reportagem fotográfica, foram elaborados os seguintes materiais didácticos e de divulgação: (i) livro-guia com roteiro para professores; (ii) CD-ROM e; (iii) *site* na *Internet*. Para a elaboração destas últimas duas ferramentas didácticas, foi utilizado o *software* informático Director® - Shockwave® Studio da Macromedia® e, ainda, o Adobe Photoshop (tratamento de imagem); Paintbrush (tratamento de imagem) e; Microsoft® Word (tratamento de texto).

Além deste capítulo introdutório, esta dissertação encontra-se estruturada de acordo com os seguintes capítulos:

- Capítulo 2 - apresenta o enquadramento geográfico e geológico onde se integra o Complexo Metamórfico da Foz do Douro;
- Capítulo 3 - evidencia a contribuição dos diferentes autores clássicos e contemporâneos para a definição da actual visão sobre a geologia Complexo Metamórfico da Foz do Douro;
- Capítulo 4 - apresenta e discute as principais potencialidades do Complexo Metamórfico da Foz do Douro. Neste capítulo serão, igualmente, abordados os principais problemas ambientais e agressões ao património geológico. A integração do Homem na paisagem natural é também um aspecto debatido, particularizando-se a vertente do geoturismo.
- Capítulo 5 - tece considerações finais acerca do trabalho desenvolvido e da projecção do Complexo Metamórfico da Foz do Douro face aos objectivos propostos.
- Anexos 1, 2 e 3 - apresenta o livro-guia com roteiro para professores, o CD-ROM cujos conteúdos serão divulgados integralmente na *Internet* e o quadro institucional e legal para a zona costeira, respectivamente.

CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

2.1 - Localização Geográfica e Geológica

A área de trabalho localiza-se na zona ocidental da cidade do Porto, na estreita orla litoral entre a foz do rio Douro e o Forte S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo). Esta metrópole, que ocupa a margem direita do rio Douro, possui cerca de 4000 ha de área, encontrando-se compreendida entre os paralelos 41° 8' N e 41° 11' N e entre os meridianos 8° 33' W e 8° 41' W de Greenwich (Fig. 1) (Monteiro A., 1997).

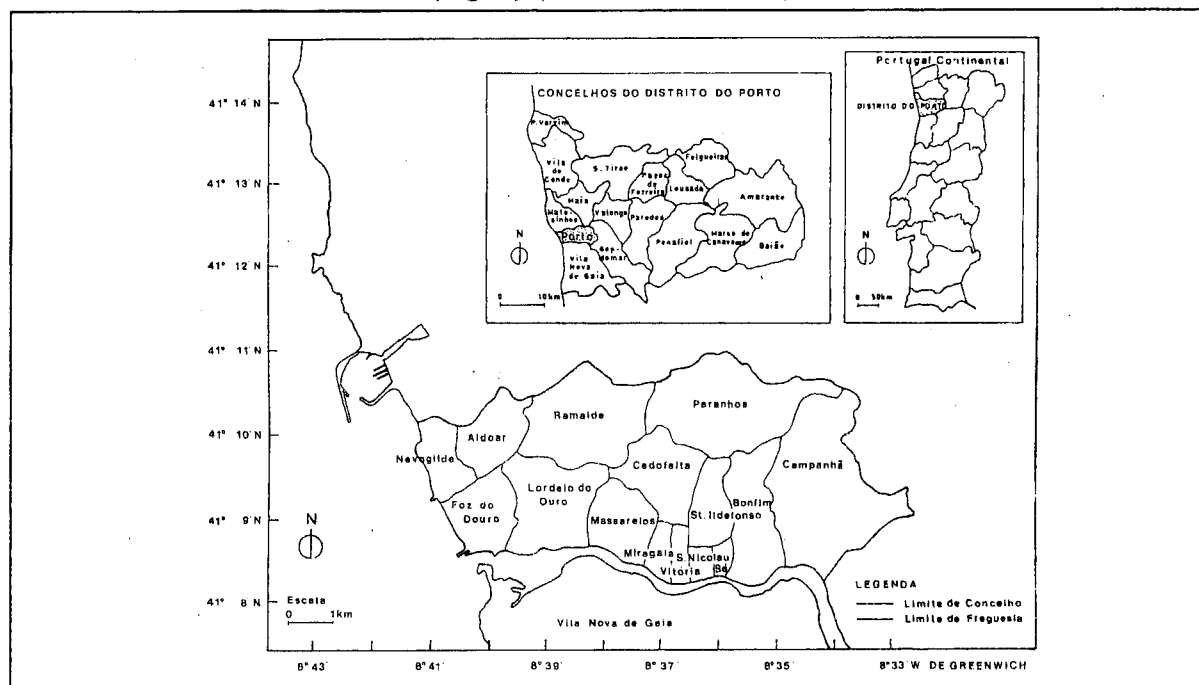
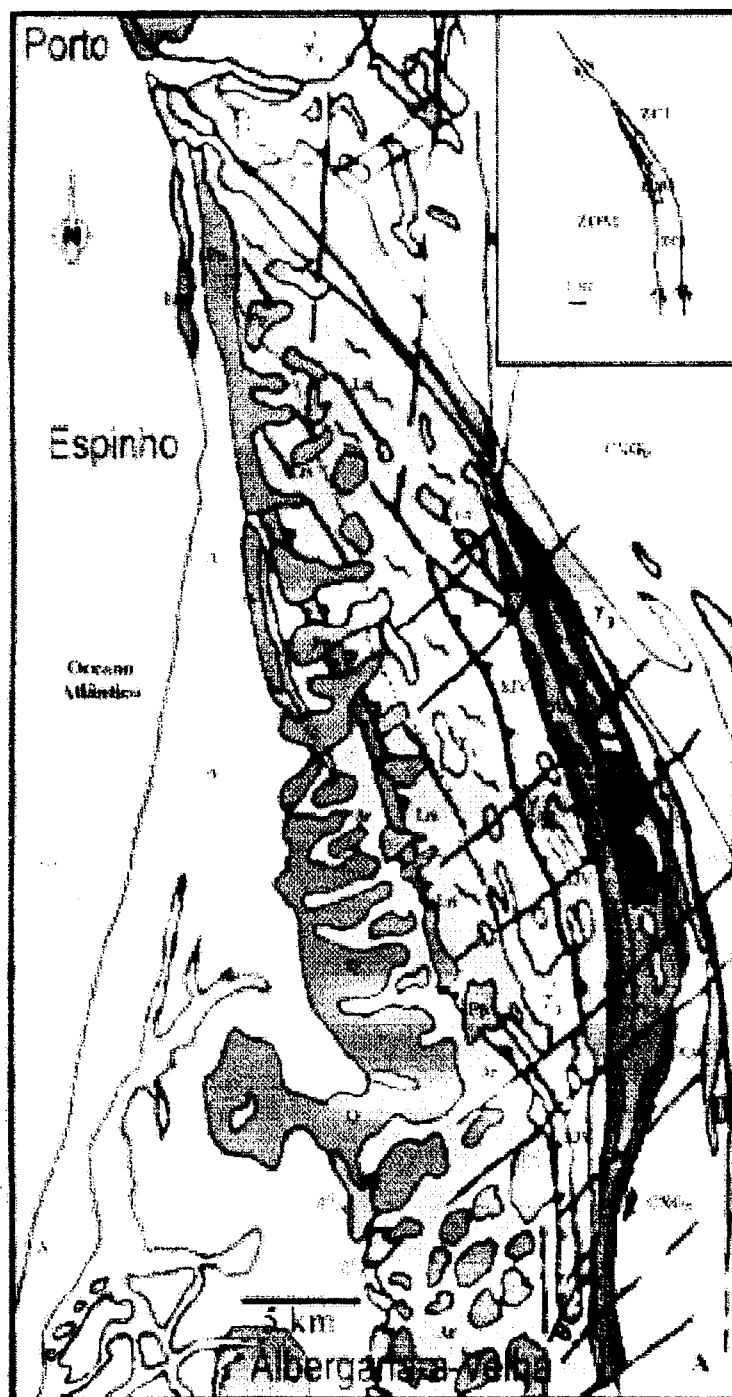


Figura 1 – Enquadramento da Zona em Estudo (Monteiro A., 1997)

Toda a região do Porto possui representação na Carta Militar de Portugal do Serviço Cartográfico do Exército (actual Instituto Geográfico do Exército - IgeoE) na folha 122, à escala 1/25 000.

Do ponto de vista geológico, o sector em estudo integra-se numa extensa faixa metamórfica, de idade Proterozóica Média-Superior, com a direcção NNW-SSE. Esta cintura, conhecida por faixa de cisalhamento Porto-Tomar, estende-se desde os arredores do Porto até Tomar e faz parte do Terreno Autóctone Ibérico, incluindo-se na Zona de Ossa Morena (ZOM) (Fig. 2). A oriente contacta com a Zona Centro-Ibérica (ZCI) da Cadeia Varisca Ibérica (Chaminé, 2000; Chaminé et al., *in prep.*). A região do Porto situa-se no limite da ZCI com a ZOM, uma vez que a suprarreferida faixa de cisalhamento passa pela zona da foz do Douro (litoral da cidade do Porto) (Chaminé, 2000; Noronha, 2000).



Cobertura Sedimentar

Holocénico: Aluviões; areias de duna e de praia (A)

Plio-plistocénico: Terraços fluviais e/ou marinhos (Q); terraços fluviais e lacustres (P_p)

Cretácico: C¹_A – Depósitos argilo-gresosos

Rochas Metassedimentares

Proterozóico médio-superior

Alóctone ZOM

Unidade de S. João-de-Ver (SJV)

Unidade de Pindelo (Pd)

Autóctone Relativo e Parautóctone ZOM

Unidade de Arada (Ar)

Unidade de Espinho /Esp)

Unidade de Lourosa (Lr):

Un. Lourosa superior (Lrs)

Un. Lourosa inferior (Lri)

“Complexo Metamórfico da Foz do Douro” (CMFD)

Ordovícico inferior-médio

Parautóctone ZCI

Unidade de Carvoeiro (O_{va})

Unidade do Quartzito “Armoricano” de Caldas de S. Jorge (O_{qa})

Câmbrico inferior (?) – Proterozóico superior

Autóctone ZCI

“Complexo Xisto-Grauváquico”:

Grupo das Beiras indiferenciado,

CXG_B

Grupo do Douro, CXG_D

Rochas Graníticas

γ''' – tardi a pós-variscos (pós-fase D₃ varisca)

γ_3 – sin-variscos (sin-fase D₃ varisca)

γ_{1-2} – precoces e/ou ante-variscos

Figura 2 – Mapa geológico regional da faixa metamórfica Porto-Espinho-Albergaria-a-Velha (Chaminé, 2000)

2.2 - Enquadramento Geológico e Geodinâmico

2.2.1- O Maciço Ibérico

Na Península Ibérica podem diferenciar-se as seguintes unidades morfoestruturais (Fig. 3) (Ribeiro A. et al., 1979; Galopim de Carvalho, 1984):

1. Bacias Sedimentares (Douro, Tejo, Baixo Tejo e Sado, Ebro, Guadalquivir);
2. Orlas (ocidental ou Bacia Lusitaniana e meridional ou Algarvia) e cadeias moderadamente deformadas (Ibérica e Catalã);
3. Cadeias Alpinas (Bética, Cantábrica e Pirinéus);
4. Soco Varisco e/ou ante-Varisco.

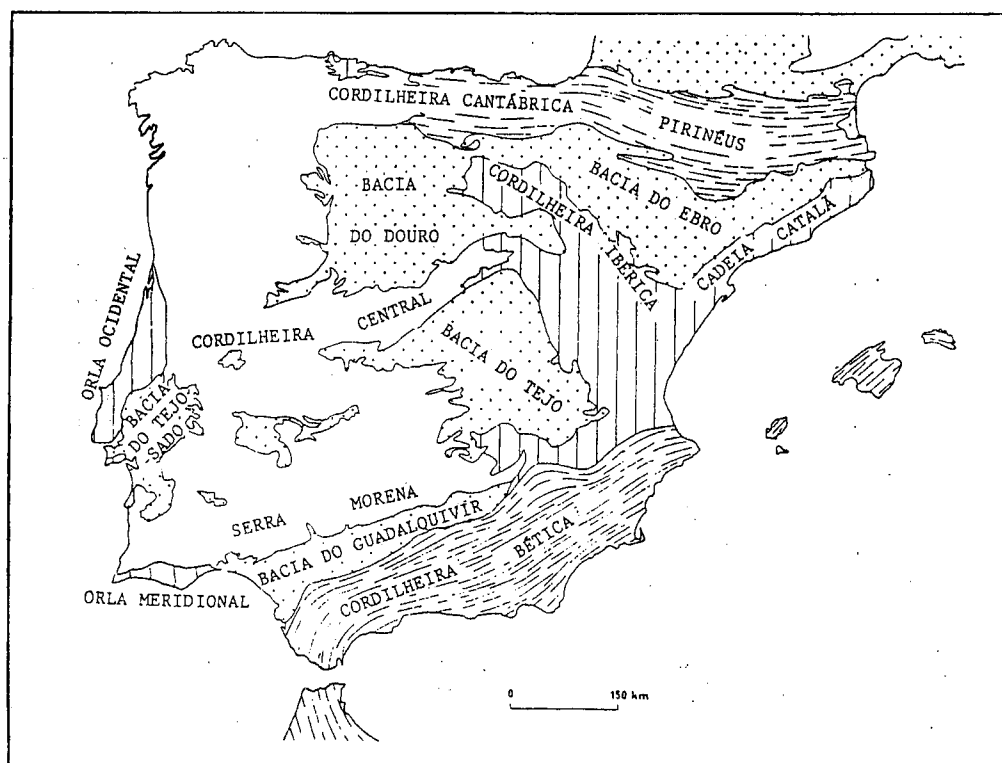


Figura 3 – Unidades Morfoestruturais da Península Ibérica (Ribeiro A. et al., 1979, modificado por Galopim de Carvalho, 1984)

Intitula-se por Maciço Ibérico (ou Hespérico) o grande afloramento de rochas de idade proterozóica e/ou paleozóica que formam parte da zona central e ocidental da Península Ibérica (Ribeiro A. et al., 1979).

2.2.2- Zonalidade do Maciço Ibérico

A observação de um mapa geológico da Europa revela uma tão grande variedade de formações que não é fácil apreender rapidamente os seus traços essenciais (Soares de Andrade, 1985).

Em 1945, Franz Lotze foi o primeiro a subdividir o Maciço Ibérico em seis diferentes zonas, tendo em conta critérios estratigráficos, magmáticos, estruturais e metamórficos, (Fig. 4) (Soares de Andrade, 1985; Soares, 1999):

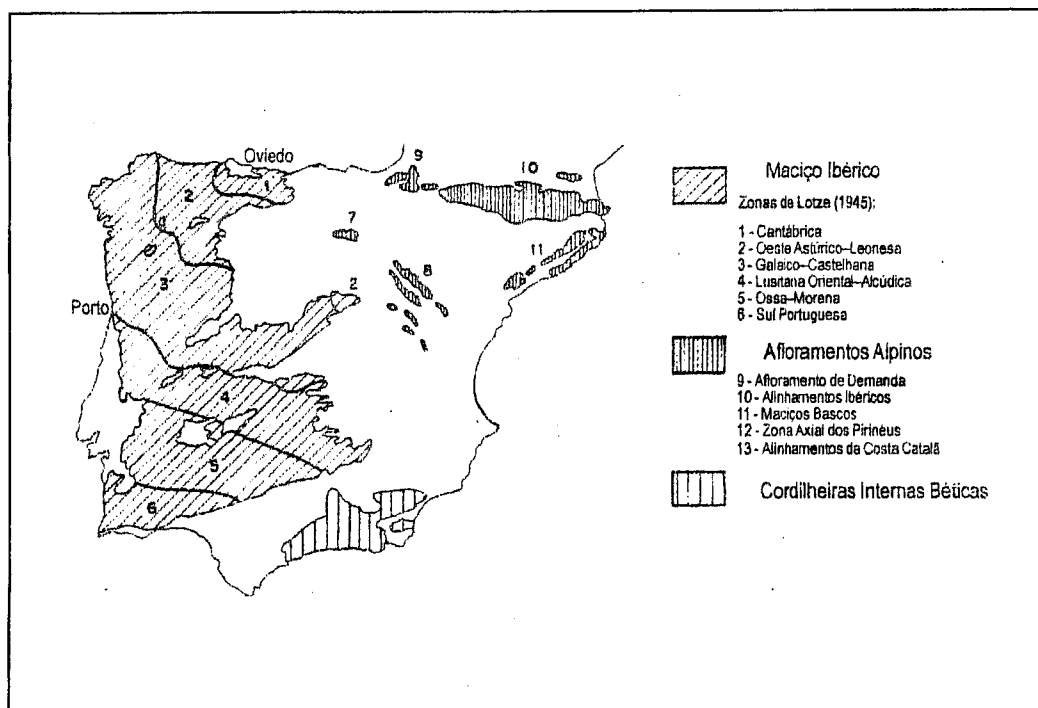


Figura 4 – Esquema de zonação das rochas pré-mesozóicas da Península Ibérica, onde se inclui as zonas propostas por Lotze em 1945 (segundo Dallmeyer & Martínez-García (1990) in Chaminé, 2000).

Genericamente, a divisão de Lotze (1945) foi aceite até aos dias de hoje. Vários autores, baseados nos mesmos critérios, propuseram algumas modificações à visão original (Caminé, 2000). Particularizam-se, entre outros, as propostas de Julivert et al. (1974)¹ e Dallmeyer & Martínez-García (1990). Estes últimos autores, numa das últimas revisões e sínteses dos terrenos ante-Mesozóicos do Maciço Ibérico, estabeleceram a seguinte zonação: Zona Cantábrica (ZC), Zona Astúrica-Occidental-Leonesa (ZAOL), Zona Galiza-Trás-os-Montes (ZGTM), Zona Centro-Ibérica (ZCI), Zona de Ossa-Morena (ZOM) e Zona Sul Portuguesa (ZSP) (Fig. 5).

¹ Os autores agruparam as zonas Galaico Castelhana e Lusitana Oriental-Alcúdice numa zona única – a Zona Centro Ibérica (ZCI).

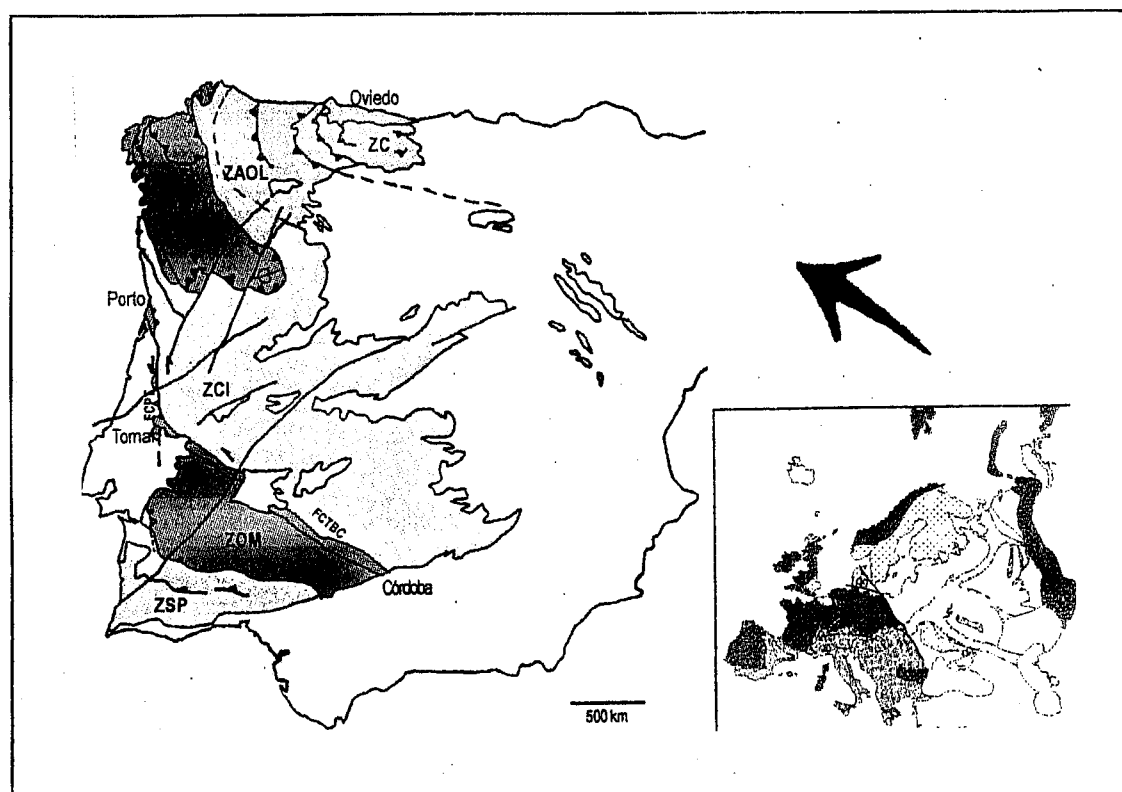


Figura 5 – Síntese das zonas geotectónicas da Península Ibérica consideradas na actualidade (compilação dos trabalhos de Julivert et al., 1974; A. Ribeiro, 1979b; Farias et al., 1987; Quesada 1992; R. Dias & A. Ribeiro 1995a; A. Ribeiro et al., 1996): in Chaminé (2000).

Zc- Zona Cantábrica; ZAOL – Zona Astúrica-Occidental Leonesa; ZGTM- Zona Galiza-Trás-os-Montes; ZCI- Zona Centro-Ibérica; ZOM- Zona de Ossa Morena; ZSP- Zona Sul Portuguesa; FCPT- Faixa de Cisalhamento Porto_Tomar; FCTBC- Faixa de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba.

As Zonas Cantábrica e Sul Portuguesa apresentam características típicas das zonas externas de um orógeno, enquanto que as restantes apresentam características de zonas internas. Deste modo, a Cadeia Varisca do Maciço Ibérico (CVMI) foi dividida em dois ramos (Julivert et al., 1974; Ribeiro A. et al., 1979): o setentrional (ZC, ZAOL, ZGTM e ZCI) e o meridional (ZOM e ZSP), limitados pelo cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba (Fig. 5).

Devido à complexidade geológico-estrutural da CVMI considera-se, actualmente, a sua divisão em terrenos tectonoestratigráficos separados por suturas ou por zonas de cisalhamento (Ribeiro A. et al., 1990).

Assim, os terrenos tectonoestratigráficos considerados na CVMI são os seguintes (Ribeiro A. et al., 1990; Chaminé, 2000):

- *Terreno Autóctone Ibérico (TAI)* - terreno autóctone de natureza continental, de idade proterozóica e paleozóica, servindo como elemento de referência e constituído por

elementos imbricados ou relativamente parautoctones. Este terreno é constituído pela imbricação das zonas da ZC, da ZOAL, da ZCI e parte da ZGTM;

- *Terreno de Ossa-Morena (TOM)* - terreno exótico agregado ao Terreno Autóctone Ibérico ancestral durante o proterozóico (ciclo cadomiano), que sofreu na orogenia varisca importante deslocamento para SE por uma reactivação em desligamento esquerdo da sutura cadomiana, originando a zona de cisalhamento Tomar-Badajóz-Córdova;
- *Terrenos Ofiolíticos (do NW e de Beja-Acebuches indiferenciado)* - conjunto de vários terrenos exóticos de origem oceânica relativamente ao TAI. Surgem no NW como mantos de carreamento de rochas de natureza ofiolítica dispendo-se sobre unidades parautoctones e alóctones do TAI e do Terreno de Ossa-Morena; e no Sul encontram-se representados pelo Ofiolito de Beja-Acebuches, que ocorre no limite meridional do TOM, evidenciando uma sequência estratigráfica semelhante à litosfera oceânica;
- *Terreno Polimetamórfico do NW* - terreno continental exótico constituído por vários mantos de carreamento alóctones que se sobrepõem estruturalmente ao terreno ofiolítico do NW;
- *Terreno do Pulo do Lobo (TPL)* - terreno originado num ambiente do tipo prisma de acreção situado na margem meridional da Ossa-Morena. Provavelmente foi formado como consequência da subducção desenvolvida como topo para Norte da bacia oceânica que anteriormente bordejava esta margem passiva;
- *Terreno Sul-Português (TSP)* - terreno exótico continental acrecionado no decurso da orogenia varisca ao conjunto formado pelo TAI e pelo TOM. A sua evolução durante o Carbonífero caracteriza-se por uma passagem de margem passiva a bacia de ante-país como consequência da colisão do TAI e unidades acrecionadas ao mesmo.

Por sua vez, as principais zonas de sutura e de cisalhamento são as seguintes (Chaminé, 2000):

1. Zona de enraizamento dos complexos alóctones do NW Peninsular da ZGTM;
2. Faixa blastomilonítica de Tomar-Badajóz-Córdova;
3. Faixa blastomilonítica Porto-Tomar;
4. Contacto entre a ZSP e a ZOM.

2.2.3- Aspectos gerais da evolução geodinâmica da Cadeia Ibérica

A Orogenia Varisca

O ciclo orogénico mais recente e fortemente impresso no Terreno Ibérico denomina-se de orogenia Varisca ou Hercínica. Em sentido lato, esta orogenia é definida como um conjunto de processos de natureza dinâmica mediante os quais se realizou a amalgamação dos diversos terrenos tectonoestratigráficos (Terreno Autóctone Ibérico; Terreno de Ossa Morena; Terrenos Ofiolíticos; Terreno Polimetamórfico do NW; Terreno do Pulo do Lobo; Terreno Sul-Português), como resultado de um longo e complexo processo de convergência, que incluiu as etapas iniciais de subducção de crosta oceânica (e talvez obducção), culminando com a colisão dos diversos blocos continentais (Quesada, 1992).

Esta orogenia desempenhou um papel fundamental na geologia do NW Peninsular. Porém, não é unânime a opinião acerca do número e idade das fases tectónicas que actuaram sobre as formações ante-mesozóicas durante a mesma (Noronha, 1994, 2000, Noronha & Leterrier, 1995). É comum, no entanto, considerar a presença de três fases de deformação varisca (F1, F2 e F3) responsáveis pela estruturação da cadeia e consequentemente por foliações existentes nas rochas deformadas (Ribeiro A., 1974; Noronha et al., 1979). A presença simultânea das três fases e a sua importância relativa depende da posição no orógeno da área em estudo. Na região do Porto, devido ao seu posicionamento geotectónico, só são cartografáveis estruturas relacionadas com as fases F1 e F3 (Noronha, 1994; Noronha & Leterrier, 1995). Na figura 6 apresenta-se um quadro-síntese onde está patente uma cronologia das fases de deformação da orogenia varisca para ZCI.

Segue-se uma apresentação sumária da evolução geodinâmica do Maciço Ibérico durante a orogenia Varisca, principalmente no Terreno Autóctone Ibérico e de uma das suas zonas constituintes – a Zona de Ossa Morena (ZOM) (Chaminé, 2000).

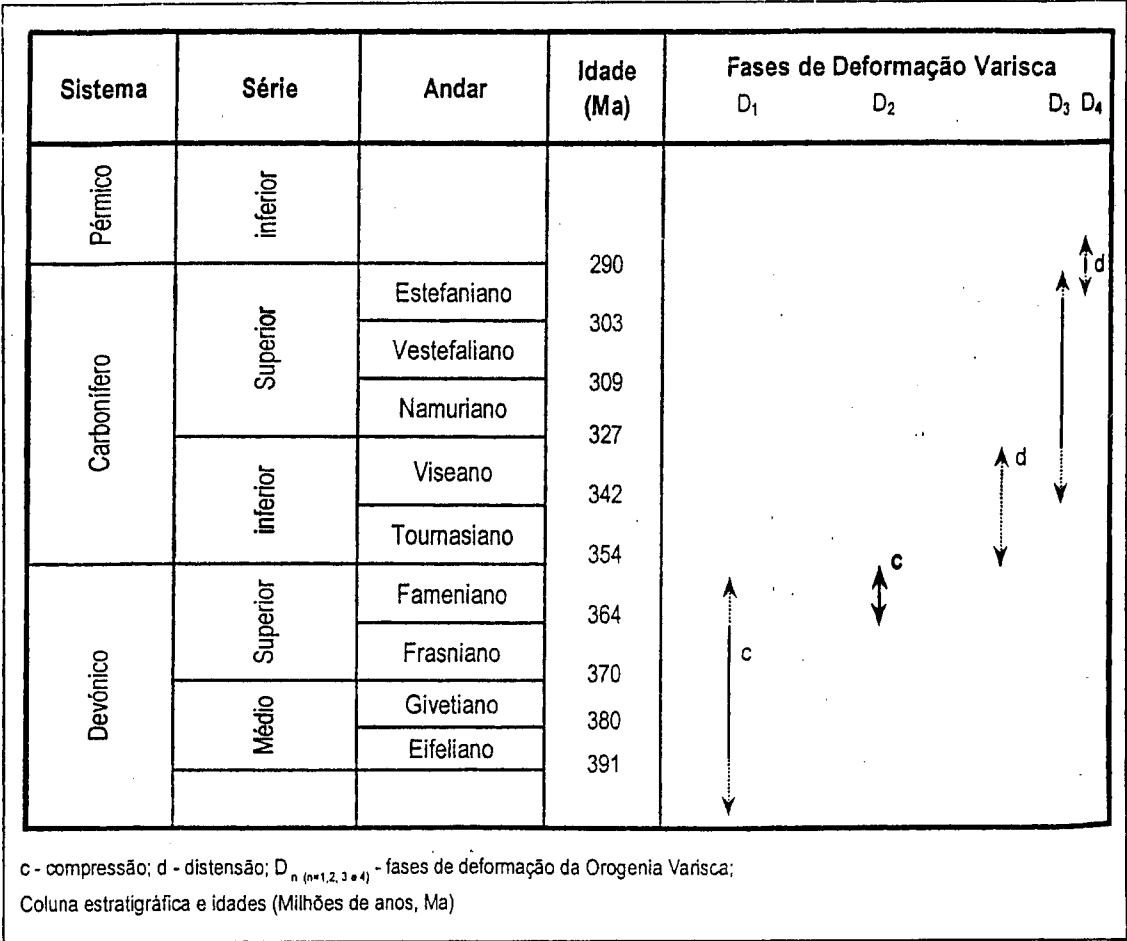


Figura 6 – Cronologia das fases de deformação varisca para a ZCI (Chaminé, 2000)

Evolução ante-Varisca

1. Terreno Autóctone Ibérico

O Terreno Autóctone Ibérico (TAI) é um bloco de natureza continental, cujo substrato profundo encontra-se representado por diversas unidades de gnaisses que afloram na Cordilheira Central Espanhola (ZCI) (Chaminé, 2000). Estudos geocronológicos e geoquímicos isotópicos permitiram inferir a existência de uma crosta continental profunda, com cerca de 2 a 2,7 Ga (arcaico superior a proterozóico inferior), como área fonte de contaminação na formação de granitóides e metassedimentos de idades proterozóicas superiores e paleozóicas (Chaminé, 2000).

A evolução paleozóica ante-Varisca deste bloco foi sobretudo a de uma plataforma sujeita a diversos episódios de natureza extensiva, onde o registo mais antigo corresponde a uma transgressão relativamente localizada pertencente ao Câmbrio Inferior (Quesada, 1992). A existência de uma importante fase extensional (“rifting”), que se desenvolveu com a

formação de uma depressão ao longo do eixo da ZCI que parece migrar para NE, com o tempo terá induzido à deposição do Complexo Xisto-Grauváquico² contemporâneo do ambiente de plataforma a NE (ZC e ZAOL) e a SW (ZOM) (Chaminé, 2000).

Quesada (1992) e Dias & Ribeiro (1995) referem que a compartimentação iniciada, como resposta à fase extensional suprarreferida, manteve-se, apesar de algumas variações, sendo a responsável pela zonation que actualmente existe no Bloco Autóctone Ibérico e na ZOM. Nas zonas marginais do bloco de Ossa Morena, a fase de extensão foi acompanhada de intrusão e extrusão de magmatismo bimodal, tendo mesmo chegado a formar-se uma bacia oceânica. A fase final de extensão encontra-se marcada pela “discordância Sarda”, que terá resultado de um basculamento acompanhado localmente por hiatos de natureza sedimentar³.

Depois de uma sedimentação terrigena em ambiente de plataforma no Ordovícico, acompanhada, posteriormente, por uma deposição de sedimentos glácio-marinhos no Ordovícico Superior (Chaminé, 2000), ocorreu uma nova fase extensiva durante o Silúrico, cuja máxima expressão nas zonas marginais (onde se inclui a ZOM) foi acompanhada de vulcanismo bimodal associada a uma evolução geoquímica a variar dos termos alcalinos a toleíticos (Chaminé, 2000).

2. Zona de Ossa Morena

A Zona de Ossa Morena (ZOM) encontra-se bem patente na faixa de cisalhamento de Tomar-Badajóz-Córdoba. Trata-se de um contacto que apresenta características de sutura do Proterozóico Superior, visto que esta zona se acrecionou ao Terreno Autóctone Ibérico (TAI) durante a orogenia Cadomiana. Desta forma, embora com diferentes fácies, a estratigrafia paleozóica da ZOM reflecte a mesma sucessão de eventos registados no restante TAI (Ribeiro A. et al, 1979). A predominância de fósseis pelágicos e o carácter mais pelítico das séries sedimentares indicam, para esta zona, uma localização mais externa, de margem continental, e logo mais distante das fontes continentais de materiais terrígenos. Daí, é possível inferir que a ZOM, durante o Paleozóico, fosse uma área externa do TAI (Chaminé, 2000).

² Sequência sedimentar do tipo turbidítico.

³ Interpretados como uma discordância de ruptura ligada à separação do Bloco Ibérico do Gondwana.

O substrato pré-varisco da ZOM possui características particulares em todo o MI, visto nele se encontrarem representados diversos estádios da evolução de uma margem continental activa, provavelmente do tipo Andino. Devido à orogenia Cadomiana, essa margem activa terá colidido com o TAI, desenvolvendo este características de bacia ante-país com deposição do “Complexo Xisto-Grauváquico” (Fig. 7) (Chaminé, 2000).

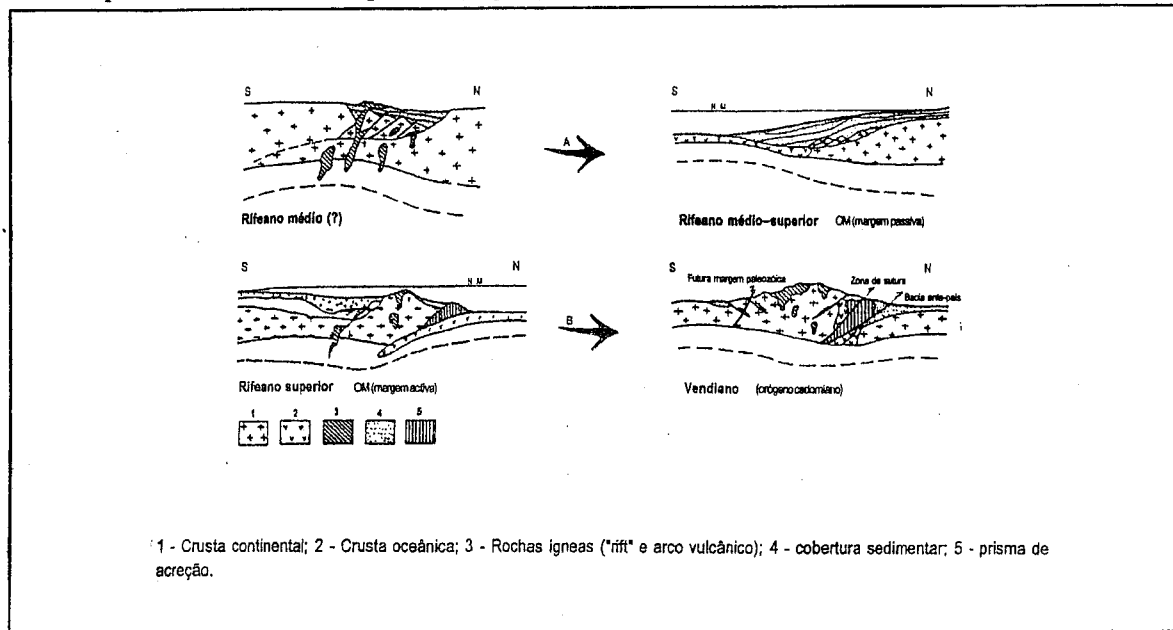


Figura 7 - Evolução do TAI e sua relação com o bloco de Ossa-Morena durante o proterozóico superior (Chaminé, 2000)

Durante os eventos paleozóicos de “rifting”, a sutura cadomiana teria sido reactivada por mecanismos extensionais conduzindo, assim, ao desenvolvimento de um “rift” intracontinental. Devido a esse processo, o bloco agregado de Ossa-Morena transforma-se numa zona externa e adelgada, constituindo, posteriormente, a margem continental do TAI (Ribeiro A. et al., 1990; Quesada, 1992).

Evolução Varisca

Segundo Chaminé (2000), o início da colisão intracontinental varisca encontra-se relacionado com o aparecimento de um promontório no bloco meridional do Gondwana, de que o Bloco Autóctone Ibérico fazia parte. Este início teria sido acompanhado pela obducção, há *ca.* 380 Ma de uma lâmina ofiolítica sobre a qual se teria implantado um fragmento da margem continental activa. Esse autor, ao citar Pérez-Estaún et al., (1988 e 1991), considera que a progressão da colisão nas áreas frontais desse promontório conduziu ao movimento de mantos até posições mais internas. O avanço das zonas internas do orógeno sobre a margem passiva Ibérica conduziu à transformação desta numa bacia ante-país.

Nas áreas marginais do promontório, antes do consumo completo da bacia oceânica que as separava do bloco continental setentrional, o processo dinâmico activo que ocorreu durante a fase de indentação foi, principalmente, uma tectónica de escape lateral dirigida por mecanismos transcorrentes, que foram do tipo direito na margem NW e do tipo esquerdo na margem SW (Chaminé, 2000).

A evolução geodinâmica do bordo NW do TAI (Fig. 8), no decurso da orogenia varisca, encontra-se resumida nos pontos que se seguem (Chaminé, 2000):

- Início da colisão inter-continental após subducção e obducção do domínio oceânico do NW no Devónico Médio a Superior (Fig. 8 – A e B);
- Implantação dos mantos de carreamento que constituem os Terrenos Exóticos do NW e o bloco de afinidades Ossa-Morena (Fig. 8 – C). Esta implantação ocorreu inicialmente para sul, nos mantos superiores, e seguidamente para este e sudeste, nos mantos inferiores. Após a implantação destes mantos de carreamento (Carbonífero inferior), ocorreu uma reactivação das estruturas tectónicas que conduziram a uma passagem de um regime compressivo para um regime de desligamento esquerdo com desenvolvimento de zonas de cisalhamento conjugadas. A implantação de um grande volume de granitóides sin e pós-orogénicos há *ca.* 300 Ma encontra-se relacionada com este episódio. Com base em elementos estruturais o autor supracitado refere que existiu uma vergência para Este da subducção e da obducção do material ofiolítico (Fig. 8 – D), pressupondo igualmente para este sector uma geometria em "flake".

Relativamente à evolução geodinâmica varisca do sector meridional do TAI e do bloco de Ossa Morena, nota-se que a mesma resultou de um processo de convergência entre vários terrenos que, em virtude de não se enquadrarem directamente com o sector em estudo, não serão aqui abordados.

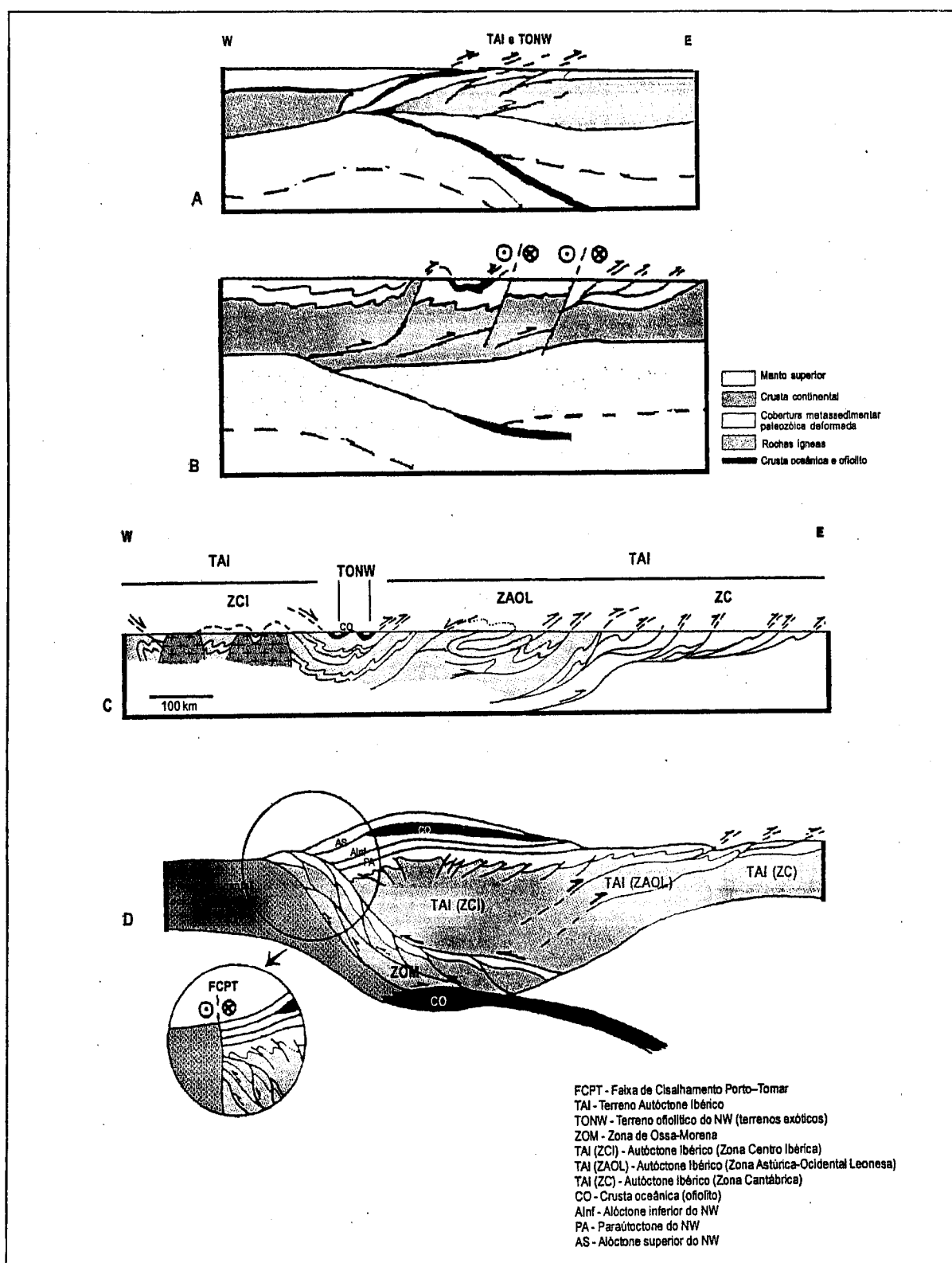


Figura 8 - Modelo da evolução geodinâmica do NW da Cadeia Ibérica no varisco, com obducção antitética de um ofiolito sobre a margem continental (Chaminé, 2000):

A - Início da colisão inter-continental após subducção e obducção do domínio oceânico do NW no devónico médio-superior (Chaminé, 2000);

B - Fim da colisão com reactivação das estruturas em deslização esquerdo no Carbonífero superior (Chaminé, 2000);

C - Perfil esquemático interpretativo da estrutura profunda do segmento NW do Maciço Ibérico resultante da orogenia varisca (Chaminé, 2000);

D - Modelo "flake" tectónico proposto para o sector NW do Autóctone Ibérico (Chaminé, 2000).

Evolução pós-Varisca

Segundo Chaminé (2000), a evolução da sub-placa Ibérica desenrolou-se a partir do Pérmico Superior e encontra-se subordinada à orogenia Alpina. Nesta evolução pós-Varisca consideram-se normalmente três importantes períodos (Quadro 1).

Quadro 1 – Resumo dos três períodos maiores para a evolução pós-Varisca (Chaminé, 2000)

PERÍODO	ACONTECIMENTOS
1	• Extensão pré-Alpina que ocorreu desde o Pérmico até ao Cretácico Médio a Superior (cerca de 80 Ma); • Mudança no movimento relativo da Ibéria, que gerou o desenvolvimento de três grandes domínio sedimentares acompanhados de vulcanismo: Bacias Lusitânica; Cantabro-Pirenáica e Bética.
2	• Compressão Alpina. Durou cerca de 15 Ma. • Colisão entre a África e Europa, que conduziu à edificação das cadeias Pirenáica, Bética e outras estruturas intra-placa.
3	• Período pós-Alpino. Durou desde o Miocénico Inferior até ao Holocénico. • Convergência das placas africana e euroasiática e período extensional de idade neogénica que produziu a abertura do Mediterrâneo ocidental por subducção intra-oceânica a sudoeste do banco de Gorringe.

2.2.4- Fracturação tardi-Varisca

No final da orogenia Varisca o Maciço Ibérico encontrava-se bastante fracturado. Com os eventos metamórficos e a implantação de granitóides sin-orogénicos na Cadeia Ibérica, o comportamento reológico dos materiais modifica-se de forma significativa, passando de dúctil a frágil (Ribeiro A., 1974; Ribeiro A. et al., 1979). Desta forma, os últimos impulsos tectónicos da deformação varisca caracterizam-se por uma densa rede de falhas no MI, conhecida em termos gerais por fracturação tardi-Varisca (Ribeiro A., 1974; Ribeiro et al., 1979) (Fig. 9). O período tardi-Varisco terá durado *ca.* de 40 Ma, i.e., de 290 Ma a 250 Ma (Chaminé, 2000).

Segundo Chaminé (2000), nos tempos tardi-variscos deu-se uma rotação no campo de tensões regional, cuja consequência foi a passagem de um regime de compressão máxima horizontal de direcção aproximada N-S a um regime de compressão mínima horizontal de direcção E-W. A partir destes eventos, foram identificados dois episódios de fracturação (Ribeiro A. et al., 1979): i) desligamentos frágeis conjugados um de direcção ENE-WSW, esquerdo, e outro de direcção NW-SE, direito. Simultaneamente com a ocorrência destes desligamentos, formaram-se grandes fracturas frágeis NNE-SSW e, um pouco menos desenvolvidas, as suas conjugadas de direcção NNW-SSE; ii) falhas inversas de direcção N-S, inclinadas de forma moderada para oeste, o que demonstra uma compressão máxima também na direcção E-W (*e.g.*, faixa de cisalhamento Porto-Tomar).

Nos estádios finais da orogenia Varisca provavelmente ocorreu uma generalizada elevação do MI com erosão e fracturação provocadas por grandes desligamentos e acompanhadas pelas últimas intrusões pós-tectónicas (Chaminé, 2000).

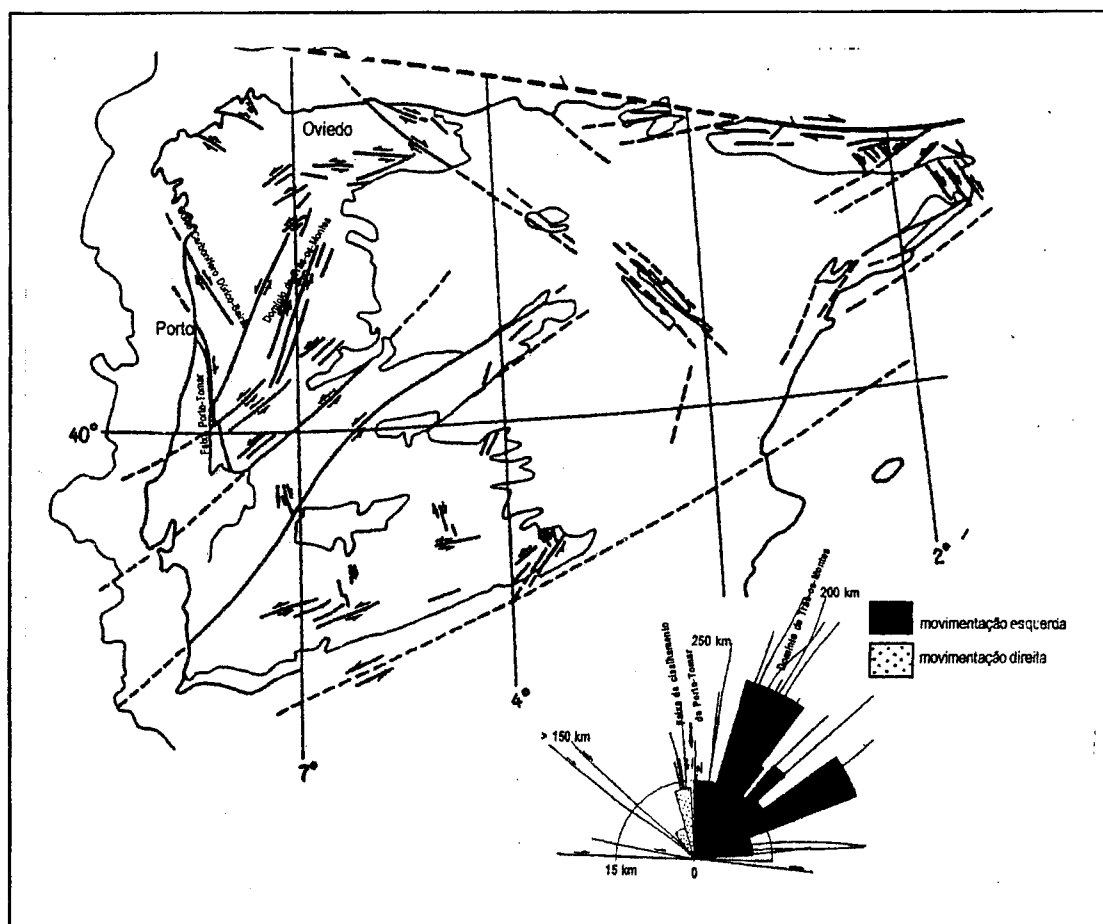


Figura 9 – Mapa com os principais sistemas de fracturas tardi-Variscas do MI e diagramas dos grandes alinhamentos estruturais do NW de Portugal (Chaminé, 2000).

CAPÍTULO 3

O COMPLEXO METAMÓRFICO DA FOZ DO DOURO

3. O COMPLEXO METAMÓRFICO DA FOZ DO DOURO

3.1. Os autores clássicos e a geologia local

O primeiro estudo geológico da região do Porto ocorreu em 1833, pela mão do barão de Eschwege. Embora o objectivo principal fosse a descrição do Carbonífero de S. Pedro da Cova, este autor dá indicações geológicas relativas a uma área mais extensa. Num perfil, que se estende desde a Foz do Douro até à Serra de Santa Justa, menciona as seguintes litologias: gnaiss, granito, gnaiss granítico, xistos argilosos “primitivos”, leitos de carvão, grauwacke e xistos argilosos de “transição”. Neste perfil, os estratos dispõem-se regularmente, com excepção dos quartzitos que coroam aquela serra (Costa, 1938).

Aproximadamente na mesma época, o inglês Daniel Sharpe apresentava à Sociedade Geológica de Londres o seu primeiro trabalho relativo ao nosso país. Nesse trabalho, que só mais tarde seria publicado (Sharpe, 1849), o autor tecia considerações acerca das litologias presentes “no subsolo” da cidade do Porto (Serpa Pinto, 1932; Costa, 1938).

Em 1849, Daniel Sharpe realiza uma descrição da geologia dos arredores do Porto, acompanhada de uma carta e cortes geológicos. Com estes dois últimos elementos, o autor identifica as principais litologias da zona da Foz do Douro - gnaisses e micaxistos - estes últimos intruídos, no Porto, por um granito (Fig. 10).

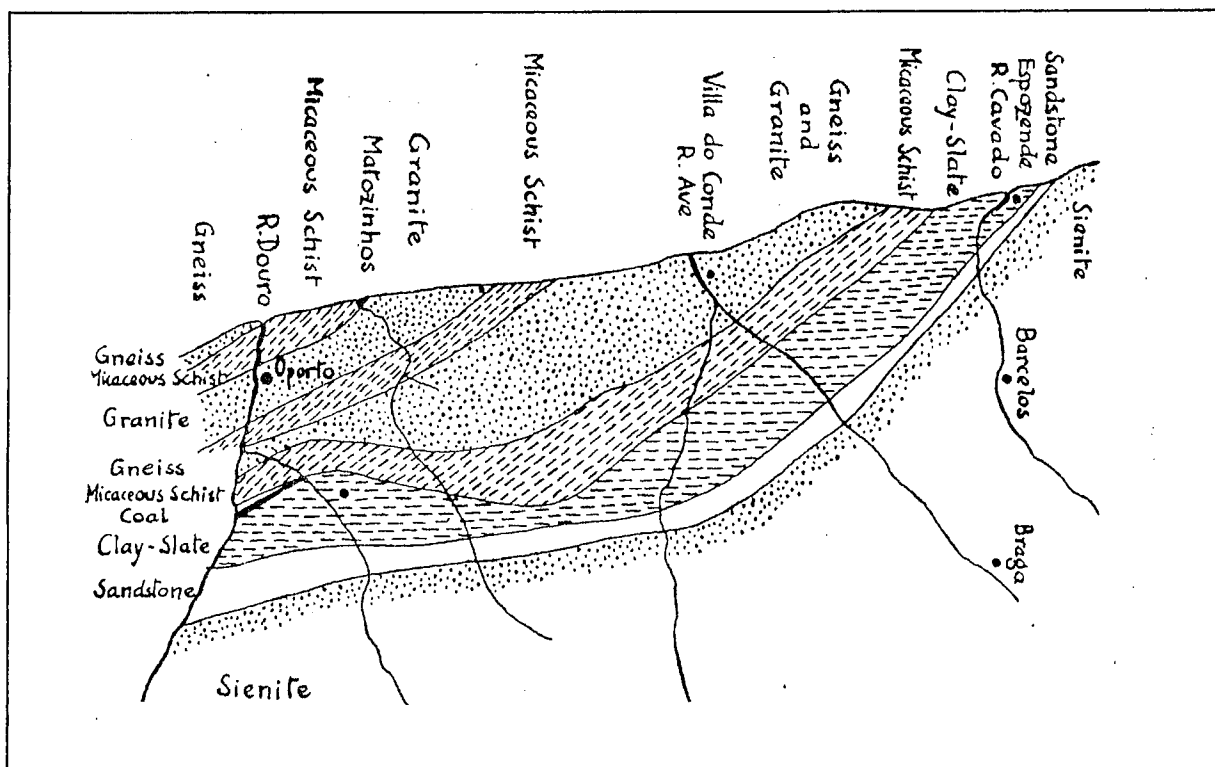


Figura 10 – Esboço geológico da faixa entre o Porto e Esposende (Sharpe, 1849).

Nobre (1892), num trabalho de divulgação sobre a geologia das praias do Porto, é já da opinião de que os afloramentos do nosso litoral *“remontam às epochas mais antigas ou primitivas do globo”*. Considera que nelas existem, fundamentalmente, dois tipos de rochas: gnaisses e granitos. Basicamente com composições mineralógicas semelhantes, estas litologias teriam tido uma formação completamente distinta. Os gnaisses seriam as rochas de *“natureza primordial”* (Nobre, 1892) com origem sedimentar, onde uma sobreposição ordenada e regular de três espécies minerais com diferentes densidades (quartzo, feldspato e micas) estariam na base da sua formação. Os granitos apareceriam depois destas rochas (gnaisse) *“irrompendo atravez d’ellas e deslocando-as da sua horizontalidade primitiva e natural em expansões violentas de massas de origem interna e em fusão”* (Nobre, 1892). Este estudioso verificou que, nos afloramentos litorais *“as camadas de gneiss ou apparecem com as suas linhas de estratificação perpendiculares ao horizonte ou, o que é mais frequente, essas linhas inclinam-se mais ou menos sobre os granitos injectado, podendo ainda mostrar-se desviadas da sua horizontalidade primitiva”*. Nesta frase Nobre (1892) estaria a referir-se à foliação evidenciada pelos gnaisses. Curiosa é, ainda, a sua referência a micaxistos existentes nos arredores do Porto e à presença de *“marmitas de gigantes”* no Castelo do Queijo, que segundo o próprio teriam surgido quando *“o littoral se conservava dentro do limite das marés”*⁴

Delgado (1905) apresenta um importante trabalho de síntese relativo aos terrenos antigos aflorantes em Portugal, bem como uma primeira sistematização, à luz dos conhecimentos da época, dos terrenos *“Precâmbricos e Arcaicos”* em Portugal e Espanha. Propondo uma reformulação da classificação estabelecida na carta geológica de Portugal (edição de 1899), integra no Precâmbrico grande parte dos terrenos anteriormente considerados como base do Paleozóico (Fig. 11).

As principais rochas que constituem o complexo Precâmbrico – Arcaico são: gnaisses, micaxistos, anfíbolitos, quartzitos, etc.. Os primeiros teriam uma distribuição muito irregular e mostrar-se-iam muitas vezes na vizinhança dos granitos e mesmo associados com eles (Delgado, 1905). Este autor considera que *“para sul do Porto desenvolve-se uma mancha importantíssima do Archaico, que primitivamente tinha muito maiores dimensões, ligando com outra mancha menor a norte d’aquella cidade, e com vários pequenos retalhos que foram desmembrados da mancha principal pela intrusão da massa granítica do Porto. Antes*

⁴ Nobre (1892) considerava o nível do mar fixo, sendo o solo a elevar-se progressivamente até aos níveis actuais.

do solo ter adquirido a sua configuração actual, esta mancha decerto se prolongava pelo litoral do Minho a ligar-se com o Archaico da Galliza(...) Esta mancha é em grande parte composta de gneises, tão intimamente ligados com várias espécies de granitos, que muitas vezes se torna quasi impossivel d'elles separal-os, embora os granitos sejam claramente de idade posterior aos gneises, e os rompessem. Julgamos que estes gneises representam um dos termos mais inferiores do nosso systema archaico(...) ” (Delgado, 1905). O autor estaria a referir-se à actual faixa de cisalhamento Porto-Tomar, que possui considerável expressão a sul da cidade do Porto e na faixa litoral da mesma cidade (Complexo Metamórfico da Foz do Douro). Delgado (1905) ainda é da opinião que um dobramento anticlinal, cujo eixo passaria pela cidade do Porto, fez aflorar nesta região o Archaico, rompendo este através do Paleozóico.

Hespanha				Portugal			
Commissão do mappa geologico		Classificação de J. Macpherson		Carta geologica de 1899		Nova classificação proposta	
Cambriano	superior	Cambriano	superior	Cambrico	superior (Cb ²)	Cambrico inferior	
	inferior		inferior		inferior (Cb ¹)	Precam- brico	Andar superior
Estrato-crystallino	superior	Archaico	Andar superior	Precambrico e Archaico (Z)	Andar inferior		
			Andar médio		Archaico propriamente dito		
	inferior		Andar inferior		Falta		

Fig. 11 – Correspondências estabelecidas entre as classificações do Precâmbrico e Câmbrico propostas em Espanha e Portugal (Delgado, 1905)

Fleury (1922) era da opinião de que os granitos portugueses se encontravam divididos em três grupos geográficos: de Sintra, Berlengas e da Meseta. No entanto, referia a grande dificuldade em estudar a estratigrafia dos terrenos anteriores ao Câmbrico, visto que não conhecia nenhum afloramento dessa idade. Admitia que as intrusões graníticas teriam feito desaparecer por completo os afloramentos Precâmbricos, tornando-se duvidosa a existência do Archaico português.

Esta comunicação incluiu, ainda, um esboço da tectónica hercínica em Portugal à escala 1:3500000, que teve por base um trabalho elaborado por Choffat em 1907. No esboço verifica-se que toda a zona litoral da cidade do Porto é constituída essencialmente por rochas eruptivas (sobretudo granitos) e não por rochas metamórficas (Fig. 12).

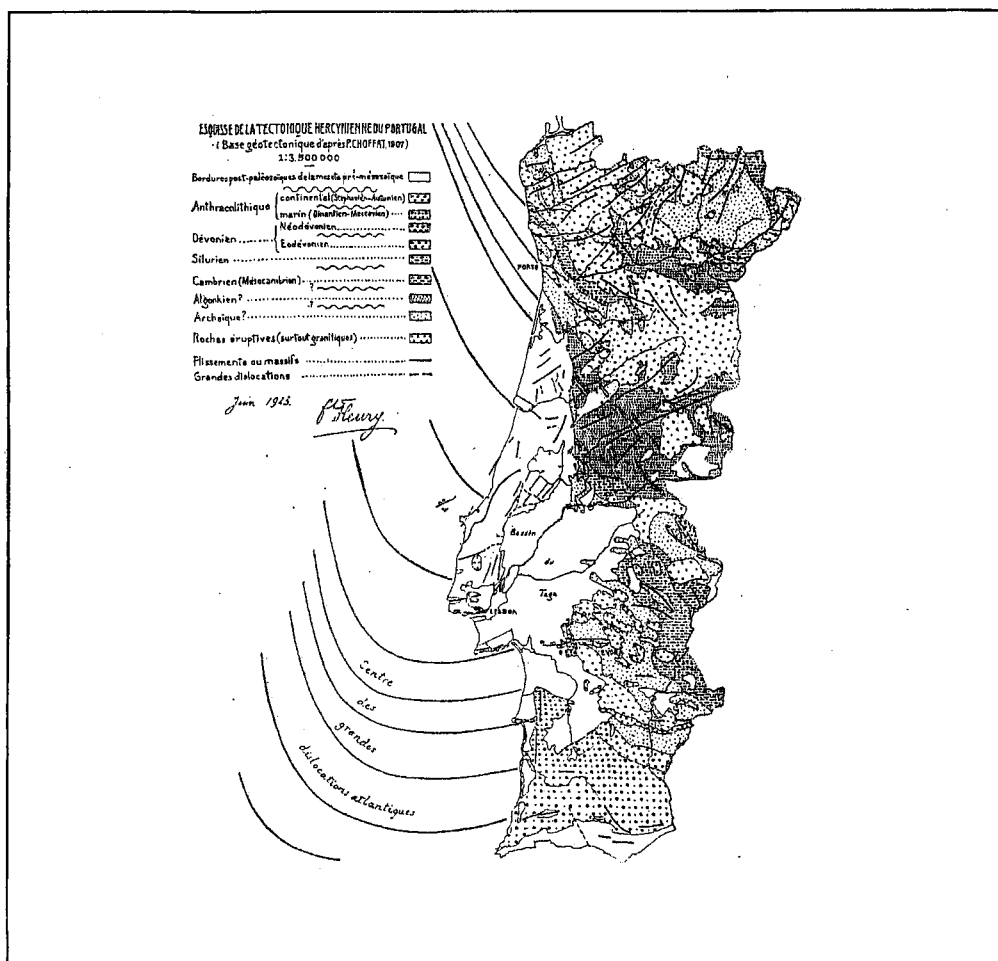


Figura 12 – Esboço da tectónica hercínica de Portugal (Fleury, 1922).

Lacroix (1933) considera que no Porto e arredores existem dois grupos de granitos: os porfiróides e um outro que possui granularidade homogénea

Rosas da Silva (1936), num trabalho sobre os granitos do Porto, é da opinião de que os granitos hercínicos são os mais recentes e inclui-os no grupo dos granitos biotíticos com textura porfiróide⁵. Porém, no estado dos conhecimentos da época, era impossível conhecer a idade absoluta das rochas. Este autor considera ainda que, o granito do Porto encontra-se envolvido por terrenos Arcaicos e Precâmbricos, chegando mesmo a referir que este (granito)

⁵ Actualmente, o granito do Castelo do Queijo encontra-se incluído no grupo dos granitos biotíticos com plagioclase cálcica. Possui, contudo, uma tendência porfiróide.

(granito) se confunde com afloramentos em certa medida independentes dele. No entanto, não faz qualquer referência directa às rochas da zona litoral desta cidade. Dirige somente umas linhas ao facto de que *“próximo dos gnaisses da costa e nos contactos do lado nascente, encontram-se granitos em que as micas mostram uma tendência para se disporem orientadas; (...) Quanto à composição mineralógica, os granitos gneissicos que estudamos nada tem de especial, a não ser uma percentagem bastante elevada de biotite e muscovite.”* Uma referência foi igualmente feita aos *“(...) vulgarísimos veios quartzíticos que atravessam os granitos, constituídos exclusivamente por quartzo. Encontram-se principalmente na linha costeira atravessando os granitos e próximo dos contactos”* (Rosas da Silva, 1936).

Costa (1941), num trabalho de síntese sobre o conhecimento geológico no nosso país, publica aquela que é considerada a primeira Carta Geológica de Portugal e que foi realizada por Daniel Sharpe (1850). Embora não exista qualquer referência à sua escala, é notória a inclusão das formações da Foz do Douro num maciço granítico, certamente acompanhado por outras litologias (Fig. 13).

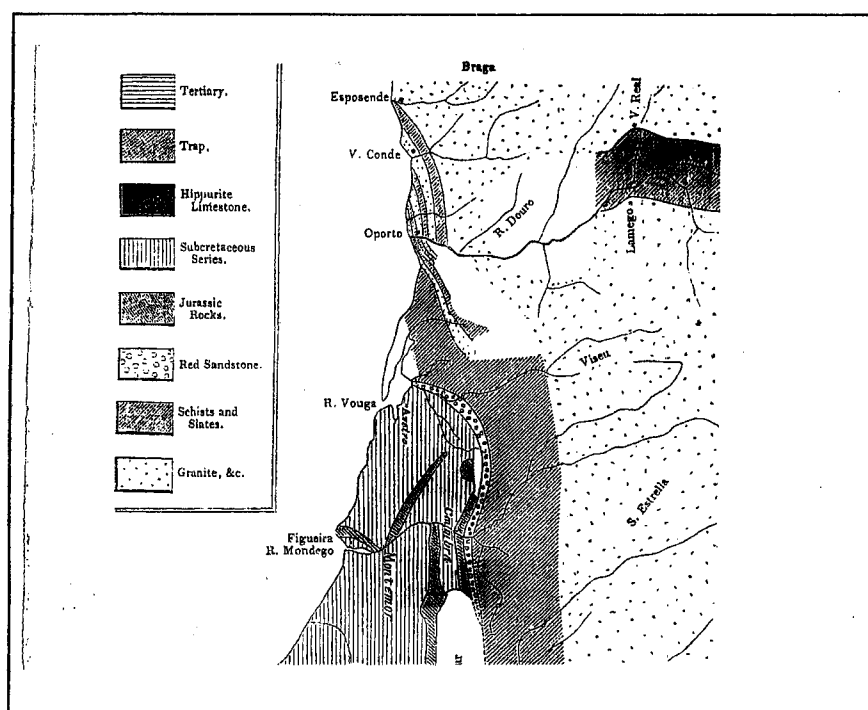


Figura 13 -- Excerto da primeira carta geológica de Portugal elaborada por Daniel Sharpe (1850), in Costa (1941).

Neiva (1943) admite a possibilidade de existirem em Portugal intrusões graníticas ante-câmbricas. No entanto, desconhece no nosso país rochas magmáticas garantidamente dessa idade. Refere ainda que, os granitos existentes no Norte e Centro de Portugal estariam relacionados com a fase *saálica* dos movimentos hercínicos.

Teixeira (1943) refere que, são muito reduzidos os conhecimentos dos *tempos ante-câmbricos*, visto existir uma metamorfização intensa das litologias e uma ausência completa de fósseis. Considera, ainda, que as formações *ante-câmbricas* são de difícil distinção, não sendo possível estabelecer, na maior parte dos casos, uma correlação segura entre elas.

Neiva (1944) reafirma a probabilidade de ter existido uma intrusão granítica ante-câmbrica no Maciço Hespérico. Aliás, é da opinião de que as rochas que resultaram de um magma granítico ante-câmbrico são hoje, na Península Ibérica, representadas por ortognaisses que se formaram por metamorfismo regional. Considera, ainda, que os diversos tipos de granitos que afloram no Maciço Hespérico serão de idade Pérmica.

Costa (1945) refere que até à data são raros os trabalhos geológicos relativos à região da cidade do Porto. Para o autor, o terreno mais antigo é aquele designado pela *rubrica* “*Formações Metamórficas Z*”. Devido ao facto de não existirem, na época, elementos suficientes para a determinação da sua posição na escala estratigráfica, considerou esses terrenos como *ante-silurianos*. Como evidenciavam intenso metamorfismo, foram incluídos, por convenção, no Arcaico (Fig. 14). Era ainda da opinião de que, na zona litoral, para além dos depósitos Holocénicos, existiriam formações graníticas e formações arcaicas (Z), referindo-se, neste último caso, ao CMFD.

Teixeira (1955) considera que os terrenos do Complexo Xisto-Grauváquico ante-ordovícico, intensamente metamorfizados e modificados por intrusões graníticas, se estendem até ao mar da cidade do Porto. Seriam essencialmente gnaisses, micaxistos, entre outras litologias, recortadas por afloramentos graníticos. No estado actual dos conhecimentos para a época, o autor considerava que as extensas faixas metamórficas, que caracterizam o NW de Portugal, encontrar-se-iam relacionadas com a *granitização ante-silúrica*, da qual faria parte o granito do Porto.

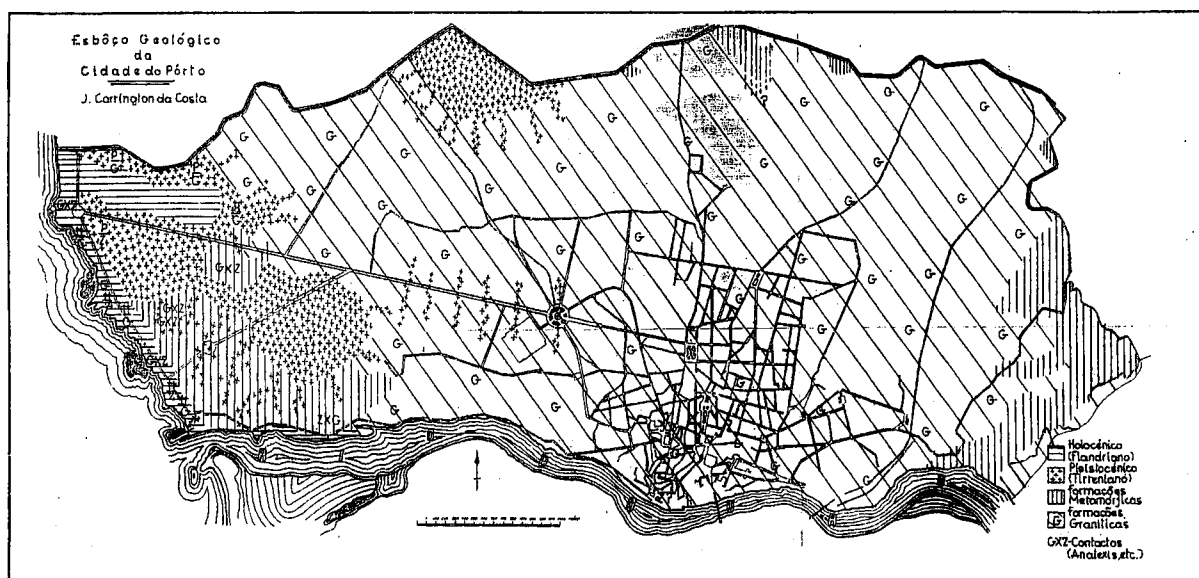


Figura 14 – Esboço geológico da Cidade do Porto (Costa, 1945).

Assunção (1955) refere que o *granito do Porto* apresenta-se difuso possuindo uma idade ante-silúrica. Com ele estará relacionado “*um notável conjunto de fenómenos de migmatização e a geração de importantes rochas metamórficas, que bem merecerão estudo cuidadoso, dado o seu grande interesse geológico e petrográfico*”.

Na carta geológica do Porto à escala 1:50000, Costa & Teixeira (1957a; 1957b) incluem as formações da Foz do Douro na mancha do “granito do Porto”, descrito como um granito alcalino de grão médio a grosseiro, leucocrata de duas micas e considerado como posterior ao Complexo Xisto-Grauváquico, ante-vestefaliano e provavelmente ante-silúrico (Figura 15).

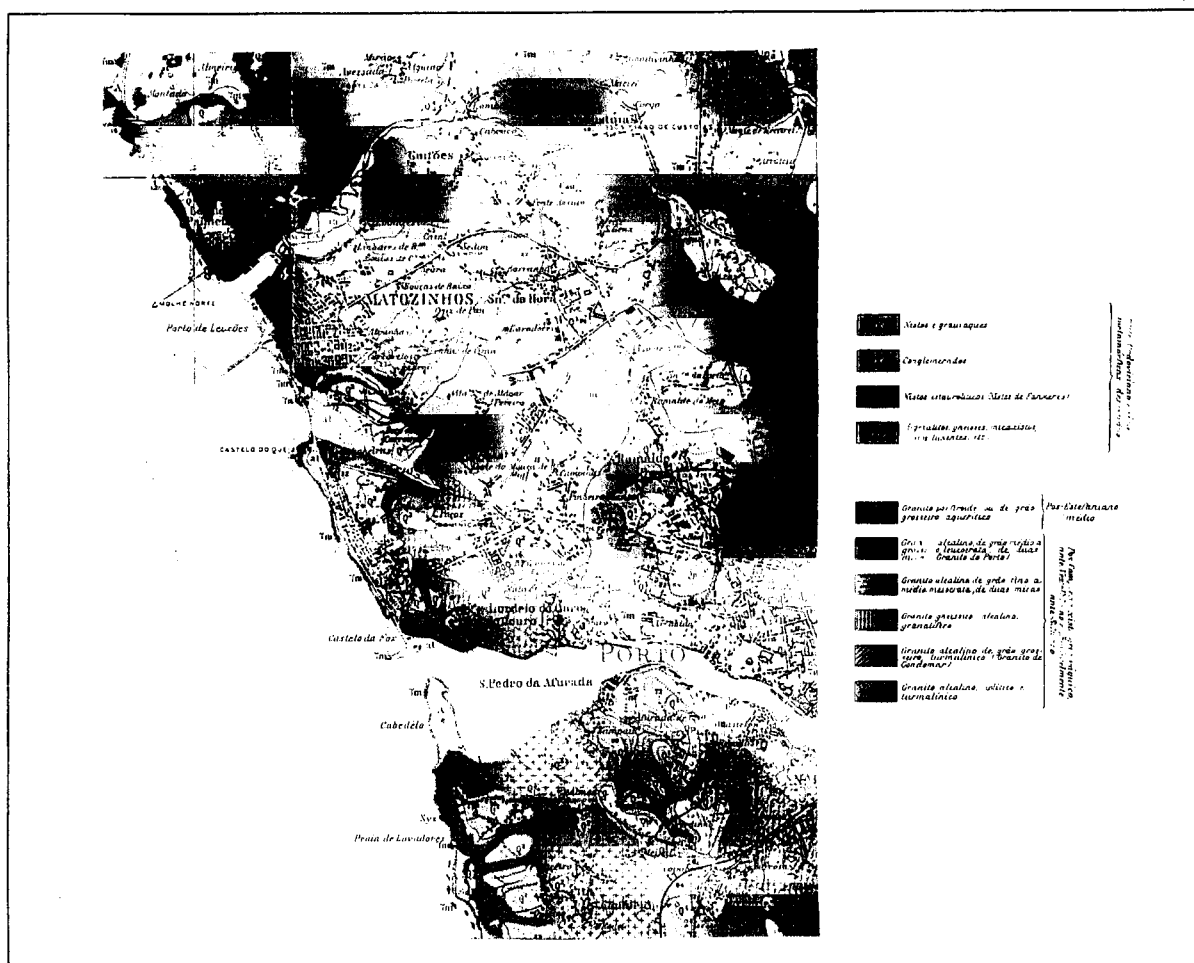


Figura 15 – Extracto da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50.000, folha 9C (Porto) Serviços Geológicos de Portugal (Costa & Teixeira, 1957a).

Assunção (1962), num trabalho de síntese sobre os granitos da região do Porto, refere que o granito desta cidade se relacionava com *“uma bela e extensa zona migmatítica, bem patente nas praias de Lavadores (Gaia), Foz do Douro, (...) A erosão marinha contribuiu, em larga medida, para pôr em destaque a formação migmatítica, onde se notam gradações com passagem por um lado ao granito, particularmente do tipo gnaissóide, e, por outro lado, aos xistos metamórficos(...)”*. Para o autor, o conjunto que inclui esses migmatitos seria constituído por outras rochas metamórficas – gnaisses, micaxistos e xistos luzentes – intimamente associados com aqueles, constituindo, desta forma, o *Complexo Xisto – Migmatítico*, que se desenvolveria entre o granito. Era, ainda, da opinião de que os encraves, que surgem localmente no granito, são do referido complexo.

Num subcapítulo que dedica à orla litoral desta cidade, considera diversos dados petrográficos importantes relativamente a três litologias: granito porfiróide (Castelo do Queijo e Praia da Sr.^a da Luz), gnaisse da Praia da Luz e núcleos anfibolíticos da Praia da Luz (Quadro 2).

Quadro 2 – Dados petrográficos das litologias da faixa litoral da cidade do Porto (Assunção, 1962)

LITOLOGIA	DADOS PETROGRÁFICOS
Granito Porfiróide (Castelo do Queijo e Praia da Sr. ^a da Luz)	• É intrusivo no granito do Porto e nos <i>migmatitos</i> com ele relacionados; • Considera que na região do Porto estão representadas diferentes fases de <i>granitização</i>. A última destas fases estará relacionada com a formação deste granito, apontando-o para uma idade hercínica; • O granito do Castelo do Queijo possui grão grosseiro e textura porfiróide; os megacristais são principalmente de pertites, embora alguns deles sejam de plagioclase (oligoclase e alguma albite). A biotite é a mica predominante; • Na praia da Sr.^a Luz a acumulação destes megacristais é de tal modo acentuada que a rocha "<i>vista de longe simula o aspecto de um conglomerado assaz grosseiro</i>". Estes megacristais são feldspáticos e muitas vezes apresentam-se zonados, exibindo a geminação de Carlsbad; • A extraordinária concentração de megacristais constitui amplos domínios da rocha, separados por uma matriz granítica de grão grosseiro pouco extensa.
Gnaisse da Praia da Sr.^a da Luz	• Rocha de grão fino e cor relativamente escura; • O carácter gnaissico nem sempre é dos mais evidentes; • Ao microscópio verificou a alternância de zonas onde predomina a associação biotite – moscovite – andaluzite – cordierite com outras mais claras, essencialmente quartzo-feldspáticas. Esta alternância pode mostrar-se um tanto obliterada, em consequência da interpenetração de zonas dos dois tipos. O Quartzo e o feldspato encontram-se granulados e o primeiro destes minerais pode mesmo evidenciar uma certa laminação. O quartzo existe profusamente no interior dos feldspatos, sob a forma goticular ou em inclusões mais recortadas. Deve-se destacar que, o quartzo pode corroer o feldspato, observando-se gradações entre o quartzo exterior e as inclusões deste no feldspato; • Os maiores cristais da rocha são feldspáticos, as vezes finamente pertitizados. As duas micas reúnem-se em agregados íntimos notando-se domínios com biotite assaz clara. Minerais pouco abundantes como a andaluzite, liga-se às micas e à cordierite, "<i>em plagas recortadas</i>"; é penetrada pela cordierite e, às vezes, pela moscovite, que a envolvem; • Ausência de silimanite (bem representada noutros gnaisses migmatíticos) existindo em seu lugar a andaluzite; • Associados às micas observam-se grânulos de óxidos metálicos e no seio da biotite vêem-se alguns halos pleocróicos. Pode ainda existir uma granada levemente rosada; • Alguns exemplares distinguem-se dos descritos pela dispersão da biotite, sendo difícil discernir <i>as faixas paleossomáticas das metassomáticas</i>.
Núcleos Anfibolíticos da Praia da Sr.^a da Luz	• Rocha escura, com textura fina, onde se podem reconhecer, por vezes, <i>agregados de pequenas agulhas de um mineral verde-escuro, com aspecto anfibólico</i>; • De uma composição mineralógica variada, pois possui hornblenda verde, diópsido, plagioclase cálcica e acessoriamente quartzo, esfena, óxidos de ferro e titânio e apatite; • A estrutura granoblástica ou grano-nematoblástica é tipicamente metamórfica, com cristais muito recortados, arranjo saturado e profusas inclusões de quartzo, hornblenda e óxidos de ferro na plagioclase. O quartzo também existe entre os cristais de anfíbola e de plagioclase; • Os óxidos metálicos associam-se à anfíbola. A hornblenda mostra, frequentemente, geminações e, em alguns casos, reúne-se ao diópsido. A forma como os dois silicatos se associam parece indicar que a piroxena se desenvolveu após a anfíbola; • O autor considera que se trata de um anfibolito piroxénico, onde a associação hornblenda verde – diópsido e a relativa abundância da plagioclase são factos favoráveis à ideia de que a rocha possa ter derivado de rochas eruptivas básicas ou ultrabásicas; • Segundo o autor, entre os núcleos estudados na <i>orla migmatítica</i> estes são os únicos em que a rocha é francamente um anfibolito.

O Complexo Metamórfico da Foz do Douro foi globalmente estudado, pela primeira vez, por Teixeira (1970). Este autor considerou que a orla litoral da Foz do Douro corresponderia a uma zona de contacto entre um granito porfiróide e rochas "*gnáissico-migmatíticas*". Nesta orla foram identificados variados conjuntos litológicos (Quadro 3):

Quadro 3 – Conjuntos litológicos do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Teixeira, 1970)

ROCHAS	ELEMENTOS CARACTERIZADORES
Rochas xistentas e anfibolíticas	• Possuem representação reduzida na orla litoral; • Fazem parte do Complexo Xisto-Grauváquico ante-ordovícico; • Encontram-se muito metamorfizadas e frequentemente gnaissificadas por migmatização. Ligam-se de forma clara ao citado sistema, muito desenvolvido a leste da cidade do Porto; • São as rochas que envolvem o pequeno maciço granítico do Castelo do Queijo.
Rochas gnaíssico-migmatíticas	• Pertencem ao conjunto designado por “granito do Porto”; • Granito gnaíssico, por vezes de aspecto ocelado, provavelmente formado entre o final do Precâmbrico e o Câmbrio superior; • A granitização que originou este granito teve acção importante sobre as rochas xistentas antes mencionadas, originando-se larga orla de migmatitos, como os que se observam na Foz do Douro; • São rochas provavelmente equivalentes dos gnaisses de Vigo (Galiza).
Granito porfiróide de grão grosseiro	• Intrusão hercínica que terá invadido o espaço ocupado pelas rochas gnaíssicas, sem, contudo, se misturar com as mesmas; • Os encraves, que <i>flutuam</i> no seio deste granito, serão fragmentos de gnaisses englobados pelo mesmo; • Encontra representatividade no Granito do Castelo do Queijo e da Sr.^a da Luz;
Rochas filonianas	• Encontram-se maioritariamente relacionados com o granito porfiróide, embora alguns se relacionem com o granito do Porto.
Pegmatito	• Na praia, entre o Porto de Carreiros e a estação de Biologia, aflora uma massa pegmatítica, com grandes cristais de feldspato, rodeada pelos gnaisses ocelados, aqui muito são.
Depósitos modernos de cobertura	• Correspondem a praias antigas que se escalonam a variados níveis altimétricos.

Teixeira (1976) admite a existência de intrusões hercínicas no “granito do Porto” que estariam representadas em muitos pontos desta cidade (ex. pedreira da Trindade). Este autor mantinha a opinião de que a idade do “granito do Porto” seria a mesma da dos gnaisses da Foz do Douro, encontrando-se, estes últimos, geneticamente ligados aquele granito.

Teixeira (1979) é da opinião de que o Precâmbrico em Portugal é constituído, essencialmente, por duas unidades geológicas distintas: a mais antiga, constituída pela “*Série Negra*” e a mais recente, constituída pelo “Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovícico”, formação que ocuparia no nosso país grande extensão a norte do paralelo de Nisa até à fronteira do Minho. Esta última formação pertenceria ao Precâmbrico superior terminal.

Andrade M. et al. (1979c), num livro-guia da excursão geológica a NW de Portugal e SW da Galiza, apresentam um mapa geológico simplificado da área entre Aveiro-Viseu-Pontevedra-Orense. Este mapa, segundo os autores, teve como base a “Carte géologique du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique (Hercynien et ante-hercynien) à escala 1:500 000” (1967) e a “Carta Geológica de Portugal, à escala 1:500.000” 4ª Ed. (1972). É notória a importância das rochas graníticas na área abrangida pela carta geológica. A zona litoral da

cidade do Porto continua a ser incluída no “Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovícico”, proposto por Carlos Teixeira (Fig. 16).

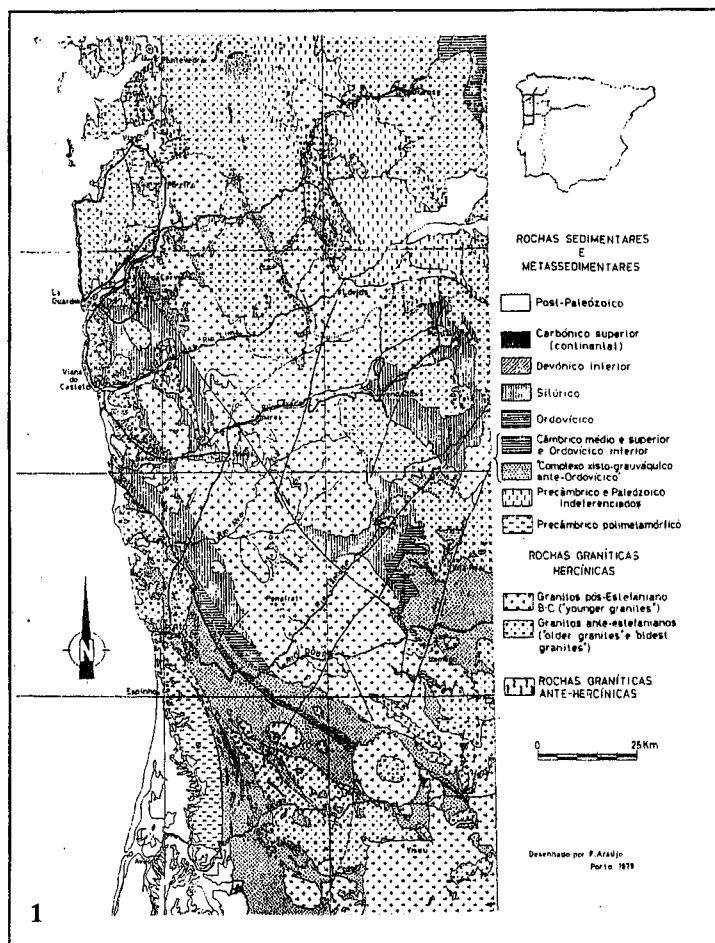


Figura 16 – Mapa geológico simplificado da área Aveiro-Visou-Pontevedra-Orense (Andrade et al., 1979).
1. Pormenor que abrange a região do Porto e arredores.

Teixeira (1981) considera as formações da Foz do Douro como pertencentes ao "Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovícico" de idade Precâmbrica superior terminal. Aliás, estabelece um paralelismo entre estas formações e outras existentes na região de Vigo, referindo, nomeadamente, que ambas possuem idades isotópicas idênticas, encontrando-se relacionadas, talvez, com a orogenia Sarda.

3.2 – A Actual Visão Geológica e Geodinâmica

Foi no I Congresso Nacional de Geologia, realizado em 1983 na cidade de Aveiro, num resumo apresentado por Andrade M. et al. (1983b), que o estudo do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD) sofreu um primeiro grande impulso. Numa cartografia à escala 1:1000, mais tarde apresentada por Borges et al. (1985), da área compreendida entre a foz do rio Douro (Cantareira) e o Castelo do Queijo, foram definidas as diferentes litologias: Xistos, anfibolitos, rochas calcossilicatadas, gnaisses biotíticos, gnaisses leucocratas, gnaisses leucocratas ocelados, e granitos porfiróides. Todo esse conjunto seria recortado por filões aplíticos e pegmatíticos de diferentes idades. Num estudo estrutural, que se encontrava em preparação, tudo parecia apontar para a existência de um complexo intrusivo em formações xistentas antigas, tendo o conjunto, segundo os autores, sido posteriormente afectado por diversas fases da Orogenia Varisca.

Mais tarde, Borges et al. (1985), tendo por referência o trabalho de Andrade M. et al. (1983b), consideram que os afloramentos do CMFD compreendiam metassedimentos, anfibolitos e ortognaisses, encontrando-se este conjunto intruído por um granito de tendência porfiróide (Fig. 17). Este conjunto litológico, integrado no bordo oeste da Zona de Ossa Morena (ZOM), define uma "mélange" tectónica e toma a designação de "**Complexo Metamórfico da Foz do Douro**" (CMFD) (Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995).

Na Carta Geológica de Portugal (CGP) à escala 1:500 000 (Oliveira et al., 1992), o CMFD é incluído nas rubricas γ_1^1 (granitos gnáissicos) e C_{BR} ("Complexo Xisto-Grauváquico"). Por sua vez, na folha 1 da CGP à escala 1:200 000 (Pereira E., 1989) os ortognaisses da Foz do Douro, o gnaiss ocelado da Foz do Douro e os metassedimentos encontram-se incluídos nas rubricas γ_{op}^2 , γ_1^1 e D_o , respectivamente (Pereira E. & Ribeiro A., 1992; Simões, 1992).

Em estudo recente, foram definidas no CMFD duas unidades tectonoestratigráficas distintas, a saber (Chaminé et al., *in prep.*) (Fig. 18):

- **Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD);**
- **Unidade de Lordelo do Ouro (ULO).**

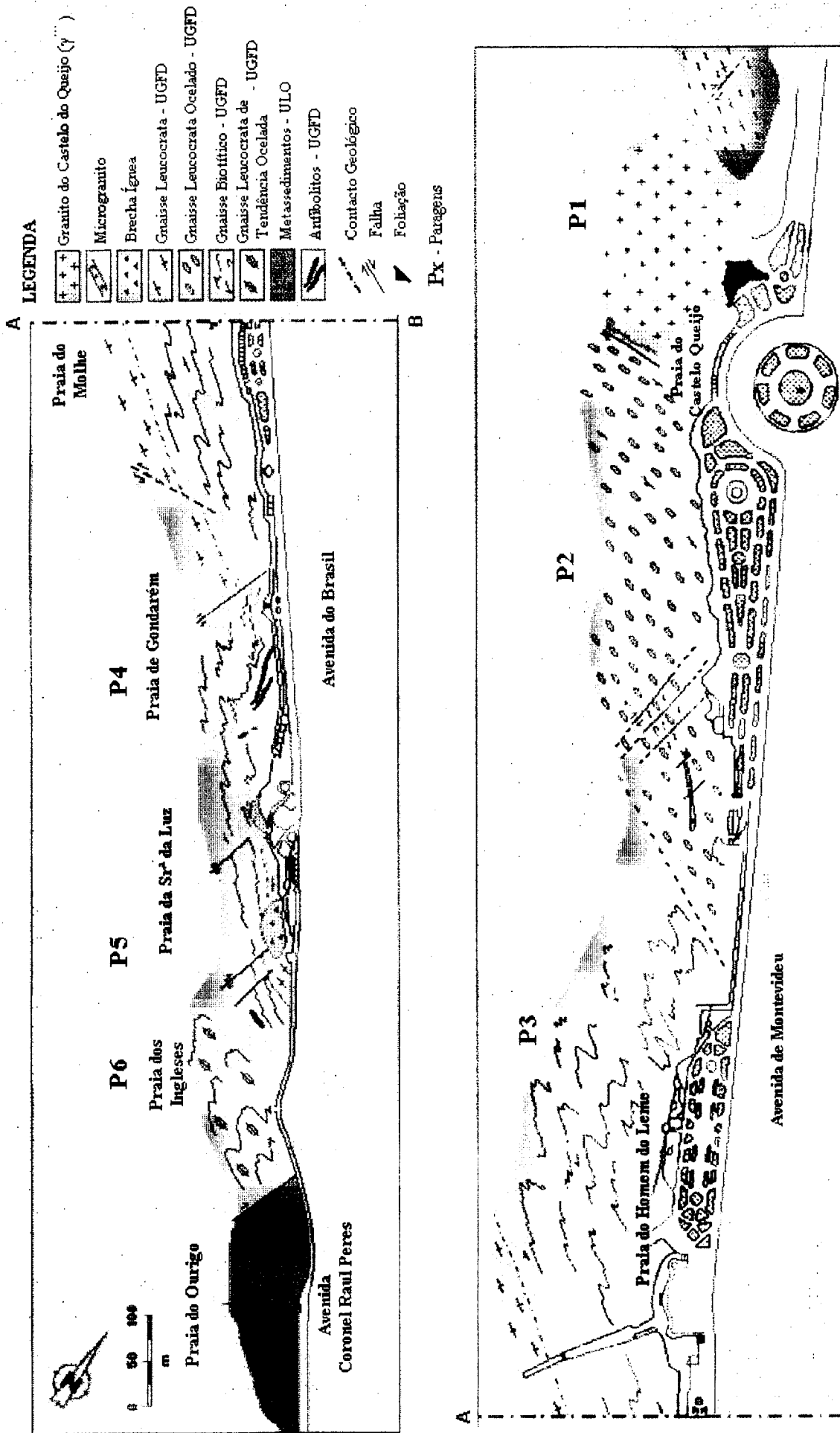


Figura 17 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)

Cobertura Sedimentar

Actual e Holocénico: Aterros recentes (at); Aluviões (a)

Plio-plistocénico: Depósitos marinhos da faixa litoral (Q); depósitos fluviais (PQ)

Rochas Metassedimentares

Proterozóico médio-superior

“Complexo Metamórfico da Foz do Douro” (CMFD)

LO – Unidade de Lordelo do Ouro (micaxistos, quartzo-milonitos recortados por pseudotaquilitos; anfibolitos)

FD – Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (ortognaisses biotíticos e ocelados; gnaisses miloníticos recortados por pseudotaquilitos; anfibolitos)

Rochas Graníticas Variscas

γ''' - tardi a pós-variscos (pós-fase D₃ varisca): granito porfiroide de grão médio a grosseiro (Granitos do Castelo do Queijo e da Cantareira);

γ'_3 - sin-variscos (sin-fase D₃ varisca): granito de grão médio a fino, por vezes, orientado (Granito do Porto).

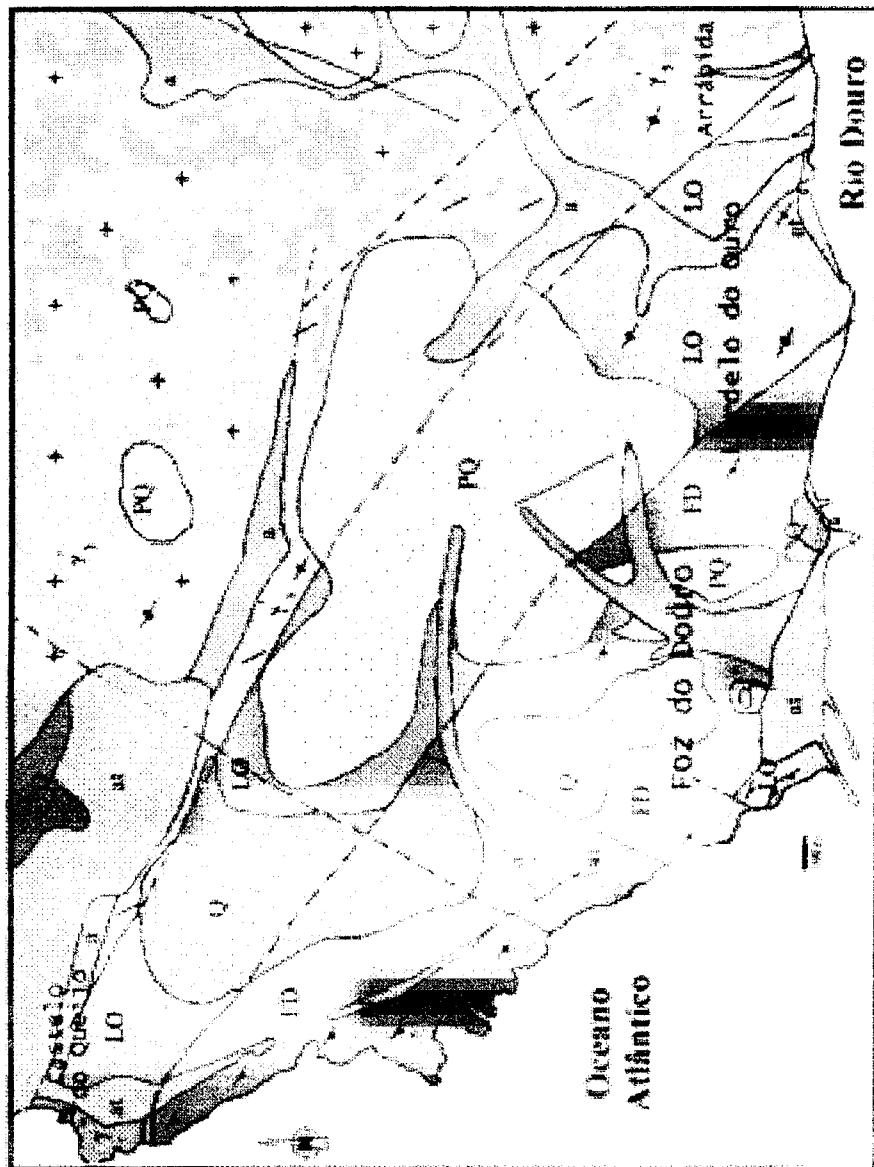


Figura 18 – Mapa Geológico-Estrutural do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Chaminé, 2000; Chaminé et al., *in prep*).

3.2.1 – Geologia do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD)

Unidades dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD)

A UGFD encontra-se confinada a uma faixa de ortognaisses, por vezes com corredores miloníticos, onde se identificam gnaisses recortados por numerosos pseudotaquilitos (Chaminé, 2000; Chaminé et al., *in prep.*).

Borges et al. (1985) utilizando critérios estruturais e atendendo às relações espaciais observadas entre os diferentes tipos de gnaisses, individualizaram três grupos de rochas: (i) gnaisses com foliação penetrativa dobrada; (ii) gnaisses com foliação mal definida; (iii) gnaisses com foliação e cisalhamento dúctil evidentes. Entre os gnaisses distinguiram petrograficamente três tipos fundamentais: (a) gnaisses biotíticos; (b) gnaisses leucocratas não ocelados; (c) gnaisses leucocratas ocelados. Considerando os critérios acima referidos, identificaram quatro tipos de fácies litológicas diferentes: (1) gnaisses biotíticos; (2) gnaisses leucocratas de tendência ocelada; (3) gnaisses leucocratas; (4) gnaisses leucocratas ocelados. Os dois primeiros tipos constituem o essencial da faixa metamórfica a sul do Homem do Leme e parecem corresponder aos gnaisses mais antigos; a norte do Homem do Leme a faixa apresenta um aspecto completamente distinto, constituída por gnaisses leucocratas ocelados mais nitidamente afectados por deformação cisalhante. No seu conjunto, as rochas gnaissicas definem uma associação cafémica e distribuem-se por dois grupos composicionais: um de composição granítico-adamelítica, constituído pelos gnaisses ocelados e pelos de tendência ocelada e outro de composição granodiorítico-tonalítica, constituído pelos gnaisses leucocratas e gnaisses biotíticos (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998, Chaminé, 2000; Chaminé et al., *in press*).

A presença de diferenciações leucocratas no seio da fácies biotítica, assim como as estruturas mesoscópicas por elas apresentadas, leva-nos a considerá-las relacionadas com os gnaisses leucocratas de tendência ocelada. Refira-se, ainda, que poderão surgir gnaisses leucocratas com uma foliação incipiente, cortando a foliação dobrada dos gnaisses biotíticos e frequentemente paralela às suas estruturas de plano axial. A semelhança entre a estrutura destas rochas e a dos filões que ocorrem nas rochas de tendência ocelada parece indicar uma relação estreita entre elas (Borges et al., 1985 e 1987).

No que respeita à deformação, ela é idêntica em todos os tipos de gnaisses, sobrepondo-se o estiramento a qualquer tipo de deformação. Estes factos, sugerem que as rochas foram afectadas pela mesma sucessão de episódios de deformação, que se traduzem

pela existência de várias foliações. Em nenhuma das rochas gnáissicas foi detectada deformação frágil pós-cristalina. Correlacionando os tipos de deformação patenteados pelas diferentes fácies gnáissicas, considerou-se que o gnaiss ocelado corresponderá a uma fácies leucocrata afectada por um corredor de cisalhamento, localizado entre o Homem do Leme e o Castelo do Queijo (Borges et al., 1985 e 1987).

Associadas às rochas gnáissicas e aos micaxistos da ULO observam-se várias ocorrências de anfibolitos que evidenciam dois dobramentos, dos quais o mais recente tem a mesma orientação do que ocorre nos gnaisses biotíticos e nos gnaisses leucocratas de tendência ocelada (Borges et al., 1985 e 1987; Noronha & Leterrier, 1995; Chaminé, 2000; Chaminé et al., *in press*). Num estudo sobre a petrografia, composição e origem dos anfibolitos da unidade que nos encontramos a descrever, Bravo & Abrunhosa (1978) demonstraram que a sua formação não foi acompanhada de importante metassomatismo e apontam para uma origem magmática, onde os produtos primários seriam rochas básicas com carácter toleítico. Estudos geoquímicos de pormenor (Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998) revelaram composições químicas de basaltos deprimidos do tipo MORB (“Mid-Ocean Ridge Basalts”) e a idade modelo, calculada com base nos dados isotópicos Sm-Nd, a apontar para os 1,05 Ga (Grenvilliano).

Unidade de Lordelo do Ouro (ULO)

A ULO constitui uma estreita faixa de rochas de natureza metassedimentar (micaxistos, quartzo-milonitos recortados por pseudotaquilitos) nitidamente dobradas, a que se associam, por vezes, anfibolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994 e 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998; Chaminé, 2000). No seu limite Leste, contacta por acidente tectónico com o granito do Porto (γ_3^I), que localmente apresenta corredores de deformação (*e.g.*, Arrábida); no seu limite Oeste, contacta tectonicamente com a UGFD. Na ULO, é nítida a discordância entre as foliações presentes nos ortognaisses e nos micaxistos, o que denuncia uma foliação anterior nestes últimos (Borges et al., 1985 e 1987; Ribeiro A. & Pereira E, 1992). A discordância é ainda mais evidente quando retalhos de micaxistos ocorrem no seio dos ortognaisses, atestando a natureza intrusiva destes últimos (Borges et al., 1985 e 1987).

3.2.2 – Granitóides

Breve síntese sobre o enquadramento geodinâmico dos granitóides no W Ibérico

Vários esquemas de classificação têm sido propostos para os granitóides variscos e/ou ante-variscos do NW peninsular. No presente trabalho adoptou-se a classificação de Ferreira N. et al. (1987), visto que noutras classificações⁶ é utilizada a mesma terminologia para grupos geocronologicamente distintos (Ferreira N. et al., 1987).

Ferreira N. et al. (1987) propõem uma classificação para os granitóides da Cadeia Varisca Ibérica baseada nas fases de deformação varisca que afectaram a Zona Centro-Ibérica e a Zona de Galiza – Trás-os-Montes. A divisão e sistematização que efectuaram reflecte o binómio composição petrográfica/período de instalação relativamente à Orogenia Varisca, podendo ser reconhecidos, essencialmente, pelas suas relações geométricas, texturais e mineralógicas. Nesta classificação podem-se distinguir os seguintes tipos de granitóides relativamente à orogenia varisca (Quadro 4 e Fig. 6): granitóides pré-orogénicos (precoces e/ou ante-variscos), granitóides orogénicos (sin-fase D₁₊₂, sin-fase D₃), e granitóides tardi a pós-orogénicos (tardi a pós-fase D₃) (Ferreira N. et al., 1987; Chaminé, 2000).

Quadro 4 – Classificação geodinâmica dos granitóides do W Ibérico (Ferreira N. et al., 1987; Chamine, 2000)

Classificação geodinâmica de Ferreira N. et al. (1987)			Shermerhorn (1956) e Soen (1958 e 1970) ^a
Pré-orogénicos	Granitos Precoces e/ou ante tectónicos		“Oldest granites”
Sin-orogénicos	Ante-fase D ₃	Granitos de duas micas ou biotíticos com restites	
	Sin-fase D ₃	Granitóides biotíticos com plagioclase cálcica e seus diferenciados	“Older granites”
		Granitos de duas micas ou biotíticos com restites	
Tardi a pós-orogénicos	Granitos biotíticos com plagioclase cálcica (tardi a pós-fase D ₃)		“Younger granites”

^a In Chaminé (2000)

Granitóides Tardi a pós-orogénicos

Granitos biotíticos com plagioclase cálcica

Segundo a classificação adoptada (Ferreira N. et al., 1987), são estes os únicos tipos de granitóides que se encontram na área em estudo.

⁶ Com base em dados geológicos surgiram classificações que agrupam e que subdividem as rochas granitóides em: “oldest granites”, “older granites” e “younger granites” (Schermerhorn, 1956; Oen, 1958, 1960); in Ferreira N. et al. (1987).

Este granitos exibem frequentemente encraves microgranulares de rochas melanocratas (tonalitos). Ao microscópio revelam-se granitos em que os feldspatos principais são a oligoclase, microclina pertítica e rara albite; a biotite é a mica mais abundante. Estão representados, nomeadamente, no afloramento sobre o qual assenta o Forte S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo) assim como em pequenos afloramentos que ocorrem, por exemplo, junto ao rio Douro na zona da Cantareira, na praia da Luz (brecha ígnea) e ao longo de toda a faixa metamórfica (Costa & Teixeira, 1957b; Teixeira 1970; Borges et al., 1985 e 1987; Marques M. et al., 1994 e 2000; Noronha 1994 e 2000; Chaminé, 2000). Por sua vez, o granito do Castelo do Queijo é atravessado por um grande número de diaclases que condicionam a topografia dos maciços rochosos.

Rochas Filonianas

Filões de Quartzo

Os filões de quartzo são muito numerosos e amplamente distribuídos pelas litologias do CMFD, sendo particularmente abundantes no gnaiss leucocrata ocelado. Nota-se que, alguns destes filões encontram-se, por vezes, deslocados por pequenas falhas (Costa e Teixeira, 1957b; Teixeira, 1970). Regra geral, não possuem representação cartográfica no mapa da figura 17. Somente na cartografia de pormenor, na praia de Gondarém, existem alguns filões quartzosos sobre o corpo anfibolítico.

Pegmatitos e Aplito-Pegmatitos

Entre o Porto de Carreiros e a estação de Zoologia Marítima, na zona dos gnaisses biotíticos, aflora uma massa pegmatítica, que exhibe grandes cristais de feldspato rodeados por cristais de quartzo (Teixeira, 1970). Litologia semelhante foi igualmente detectada nas imediações da Brecha Ígnea da Sr.^a da Luz. Tal como no caso anteriormente apresentado, estas massas não possuem representação cartográfica.

Surgem, ainda a cortar as litologias, filões aplito-pegmatíticos ao longo da faixa litoral que se estende desde o afloramento granítico do Castelo do Queijo até ao contacto dos gnaisses leucocratas ocelados com os gnaisses biotíticos. A sul deste contacto estes filões são extremamente raros e/ou inexistentes.

3.2.3 – Estudos Geocronológicos no Complexo Metamórfico da Foz do Douro

Da consulta bibliográfica sobre a geocronologia das litologias do Complexo Metamórfico da Foz do Douro, ressaltam de imediato alguns estudos que recorreram, sobretudo, ao método radiométrico Rb/Sr, mas também aos métodos K/Ar, U/Pb e Sm/Nd. Estas análises, inicialmente efectuadas em gnaisses biotíticos e no granito do Castelo do Queijo por Mendes (1967/1968), prosseguiram com Andrade et al. (1983b), sendo posteriormente revistas por Serrano Pinto (1985b). Datações mais recentes, igualmente em gnaisses biotíticos, foram efectuadas por Noronha & Leterrier (1995). Estes últimos autores em 1998 analisaram, ainda, as rochas anfibolíticas e os gnaisses leucocratas de tendência ocelada deste complexo.

Segue-se um quadro-síntese (Quadro 5) onde se expõem as principais datações isotópicas do Complexo Metamórfico da Foz do Douro, no qual se incluem os autores anteriormente citados.

Quadro 5 – Principais datações isotópicas do Complexo Metamórfico da Foz do Douro

LITOLOGIA	LOCALIZAÇÃO	IDADE/MÉTODO	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
Granito	Castelo do Queijo (Porto)	292 ± 5 Ma (Rb/Sr, biot.) ¹	Mendes (1967/1968)
Gnaiss Biotítico	Foz do Douro (Porto)	506 ± 47 Ma (Rb/Sr, RT)	Mendes (1967/1968)
		523 ± 96 Ma (Rb/Sr, RT) ²	
		566 ± 42 Ma (Rb/Sr, RT) ²	
		560 ± 10 Ma (K/Ar, mosc.) 604 Ma (Rb/Sr, RT)	Montenegro de Andrade et al. (1983) revisto por Serrano Pinto (1985 b), Serrano Pinto et al. (1987)
Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada	Foz do Douro (Porto)	575 ± 5 Ma (Rb/Sr, RT)	Noronha & Leterrier (1995)
		567 ± 6 Ma (U/Pb, Zr)	Leterrier & Noronha (1998)
Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada	Foz do Douro (Porto)	607 ± 17 Ma (U/Pb, Zr)	Leterrier & Noronha (1998)
Anfibolitos	Foz do Douro (Porto)	$1,05$ Ga (idade modelo de Sm/Nd, RT)	Leterrier & Noronha (1998)

¹ idades recalculadas a partir de constantes actualizadas e publicadas em Serrano Pinto (1985a);

² idades recalculadas a partir de constantes actualizadas e publicadas em Abranches et al. (1979);

RT - Rocha Total

Zr - Zircão

A idade de 575 ± 5 Ma (Rb/Sr, RT) e um valor da razão ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i = 0,702443(36) permite concluir que os gnaisses biotíticos possuem uma idade que corresponde ao Precâmbrico superior, tendo uma origem profunda com contribuição de uma fonte mantélica (Noronha & Leterrier, 1995). Noutros estudos geocronológicos em gnaisses biotíticos, pelo método U/Pb em zircão, Leterrier & Noronha (1998) obtiveram uma discordia inversa com uma intersecção inferior a 567 ± 6 Ma. A idade definida pela intersecção inferior é muito próxima da idade Rb/Sr em RT (575 ± 5 Ma) que pode, assim, ser admitida como a melhor

aproximação para a instalação desta unidade gnáissica. Calculadas para esta idade, as razões muito baixas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ (0,7023 à 0,7025) e muito elevadas de ϵNd (+6,65 a + 6,67) dão para o material fonte dos gnaisses biotíticos uma assinatura mantélica tipo manto deprimido (MD). A idade modelo desta unidade é próxima de 680 Ma o que implica uma instalação do protólito básico apenas 100 Ma antes da génese dos gnaisses e distingue-o, assim, dos anfibolitos (Leterrier & Noronha, 1998). A análise de gnaisses de tendência ocelada, pelo método U/Pb em zircão, permitiu obter uma discordia directa com uma intersecção superior a 607 ± 17 Ma que representa a idade de instalação da unidade gnáissica; as razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ (0,7053 a 0,7056) e ϵNd (-2,84 a -2,89) indicam, contrariamente aos gnaisses biotíticos, uma assinatura francamente crustal. A idade modelo dos gnaisses de tendência ocelada é vizinha de 1,4 Ga o que implica uma idade Proterozóica média para a génese do protólito fonte destes gnaisses (Leterrier & Noronha, 1998). Por sua vez, os anfibolitos apresentam composição química de basaltos deprimidos do tipo MORB (“Mid-Ocean Ridge Basalts”), não tendo o metamorfismo modificado sensivelmente a sua composição original. A idade modelo calculada, com base nos dados isotópicos Sm-Nd, aponta para 1,05 Ga, fornecendo uma boa aproximação da idade de cristalização destas rochas. Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ (0,7022 a 0,7025) e ϵNd (+6,45 a + 6,53) estão de acordo com uma origem a partir de um MD (Leterrier & Noronha, 1998).

As unidades U/Pb dos zircões das duas unidades gnáissicas analisadas (Foz do Douro), são equivalentes às idades precedentemente estabelecidas para diferentes unidades gnáissicas da banda Badajoz – Córdova (Leterrier & Noronha, 1998). Parece assim que, os dois domínios se caracterizam pela instalação, no Cadomiano (550 – 619 Ma), de um importante plutonismo calcoalcalino. Este magmatismo é orogénico e sugere um enquadramento geodinâmico do tipo margem activa, oeste pacífica (subducção – colisão), e é distinto do que teve lugar entre os 500 e 450 Ma que é anarogénico e caracterizado por ser principalmente peralcalino (Leterrier & Noronha, 1998). A presença de anfibolitos no CMFD, com uma nítida assinatura de MD, marca um período de oceanização, e permite supor que o complexo representa um “mélange” tectónico resultante de um anterior período de colisão – obducção (Leterrier & Noronha, 1998).

Por seu lado, o plutonismo varisco (Orogenia Varisca) indica uma situação geotectónica de colisão ($K \leftrightarrow K^7$) com granitos peraluminosos (granitos de duas micas) ligados a um magmatismo mesocrustal pós-espessamento (315 Ma a 310 Ma) e um magmatismo basicrustal (granitos biotíticos com 290 Ma a 280 Ma) estes a subirem na crosta e a instalarem-se aproveitando acidentes profundos, como a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar (Noronha, 2000).

3.2.4 – Fases de Deformação do Complexo Metamórfico na Foz do Douro

Genericamente poder-se-á referir que, a sucessão de fases de deformação que afectam toda a faixa a sul do corredor de cisalhamento, localizado entre o Homem do Leme e o Castelo do Queijo, pode ser deduzida a partir das relações espaciais anteriormente descritas. Assim, os gnaisses biotíticos evidenciam uma foliação (que se designou por S_n), nitidamente discordante com a foliação dobrada (S_{n-1} ?) das rochas metassedimentares. Por outro lado, a foliação S_n dos gnaisses biotíticos apresenta dobras relacionáveis com uma fase de dobramento F_{n+1} (Borges et al., 1985 e 1987). A semelhança entre as estruturas apresentadas pelos gnaisses leucocratas de tendência ocelada e os gnaisses biotíticos, indica que as duas fácies gnáissicas foram afectadas pela mesma sucessão de episódios de deformação. Os gnaisses leucocratas com foliação incipiente são, sem dúvida, intrusivos nos gnaisses biotíticos, sendo a sua foliação (S_{n+1}) paralela às estruturas de plano axial das dobras observadas nos gnaisses biotíticos. Esporadicamente, as rochas leucocratas evidenciam um dobramento (F_{n+2}) de eixo sub-horizontal, apenas visível em exposições sub-verticais, raras nesta faixa. É provável que o cisalhamento dúctil visível no gnaiss ocelado esteja relacionado com esta fase de dobramento, embora não seja possível determinar essa relação no terreno (Borges et al., 1985 e 1987).

Segue-se um quadro-síntese (Quadro 6) onde se apresentam as fases de deformação consideradas no CMFD (Chaminé, 2000).

Quadro 6 – Fases de deformação consideradas no CMFD (Chaminé, 2000)

Complexo Metamórfico da Foz do Douro	
Autores	Borges et al. (1985 e 1987); Ribeiro & Pereira (1992)
Pré – Varisco e/ou Varisco Precoce (> 420 Ma)	D_{n-1} (Proterozóico superior)
Varisco s.l (420 Ma – 270 Ma)	$F_{n+1} = D_1$
	$F_{n+2} = D_3$
Pós – Varisco (< 270 Ma)	Sistema de fracturas conjugadas: N-S; W-E; NE-SW; NW-SE

⁷ Continente $\leftrightarrow$ Continente

CAPÍTULO 4

POTENCIALIDADES DO COMPLEXO METAMÓRFICO DA FOZ DO DOURO

4. POTENCIALIDADES DO COMPLEXO METAMÓRFICO DA FOZ DO DOURO

4.1- Potencialidades Didácticas

Ao longo dos tempos geológicos, o planeta Terra evoluiu como resultado da actividade geológica, da diversidade do mundo vivo e das condições físicas e químicas que dominam a superfície terrestre. Durante essa evolução, a nossa minúscula casa planetária experimentou profundas perturbações que lhe provocaram alterações significativas, como a queda de cometas, asteróides, aumentos do nível do mar, etc.. No entanto, apesar de todos estes condicionalismos, sempre conseguiu encontrar e manter o seu equilíbrio dinâmico.

Nas últimas décadas, porém, o desenvolvimento tecnológico que surgiu para melhorar o nível de vida das populações, rapidamente se transformou, pela mão do Homem, num elemento desequilibrador do Sistema Terra. Responsável por algumas das muitas alterações das condições físicas e químicas verificadas à superfície e também pela extinção de algumas espécies de animais e plantas, rapidamente se apercebeu da importância do ambiente global e local que o rodeia. Perante este facto, a sociedade começou a confrontar-se com múltiplas situações problemáticas, para as quais a Geologia poderá contribuir para a sua resolução e eventualmente prevenção (Rebelo H. V., 1998).

Embora se reconheça que os geólogos, e outros cientistas, possuem um importante papel na detecção e previsão de muitas destas situações que afligem as sociedades actuais, é fundamental que todos, ou a maioria, dos elementos destas sociedades se envolvam na preservação do nosso planeta. A disciplina de Geologia, que se encontra integrada na área das Ciências da Terra, poderá ser o espaço privilegiado para sensibilizar e disponibilizar conhecimentos importantíssimos aos alunos, conhecimentos estes que lhes permitirão resolver problemas do seu quotidiano de forma esclarecida. É a escola, ao nível do Ensino Básico e Secundário que, num contexto formal, lhes irá fornecer este tipo de conhecimentos.

Neste sentido, entende-se que a finalidade central do Ensino-Aprendizagem da Geologia encontra-se intimamente relacionada com a compreensão do funcionamento do sistema Terra, em particular através das múltiplas e permanentes interacções que ocorrem na natureza. Neste sistema, constituído por vários subsistemas (como a litosfera, biosfera, hidrosfera, atmosfera e criosfera), desenrolam-se em sucessivas escalas - espaciais e temporais - interacções que não podem, muitas vezes, serem transpostas para a sala de aula, nem para o laboratório. Na sala de aula perdem muito do seu significado, visto que a sua interpretação passa pelo contexto onde os fenómenos são observáveis e conjecturados (Rebelo

D., 1998). Imagine-se, por exemplo, uma falha que desloca os estratos de uma barreira de estrada. Este facto, por si só, não surge isolado, como, muitas vezes, uma leitura simplista de uma figura do manual escolar poderá induzir. Encontra-se, sim, enquadrado num vasto e significativo contexto geológico, fruto de um conjunto de variáveis que foram ocorrendo ao longo dos tempos (Silva A. et al., S/d).

Rebelo H. V. (1998) considera assim que, existem fenómenos que para serem convenientemente estudados necessitam de estar sujeitos a um conjunto de procedimentos, de serem interrogados no seu contexto próprio e de serem *imaginados* com os muitos fenómenos que lhes estão associados. A sala de aula não dá resposta a estes problemas, já que tal espaço não permite uma adequada e articulada conceptualização com os demais fenómenos.

O Trabalho de Campo (TC) conjuntamente com o auxílio de outros meios, como os recursos multimédia, poderão promover a articulação e a unidade entre as diferentes vertentes da informação, contribuindo para aproximar os fenómenos, através de uma explicação provisória sustentada - hipótese -, de uma realidade construída. Tal realidade continua a ser intencional e provocadoramente questionada por aproximações sucessivas, para assim metodologicamente e epistemologicamente ajudar os alunos a uma compreensão mais global, cuja complexidade se encontra inerentemente presente (Rebelo H. V., 1998). A tarefa de compreender a dinâmica global e “imperceptível” do local, do regional e mesmo do planeta, o pensar e o entender as causas que originaram o observado em cada paragem constitui, em boa parte, a viagem de campo (Silva A. et al., S/d).

Infelizmente o TC tem vindo, sistematicamente, a ser esquecido, senão mesmo banido da prática lectiva (Marques L. et al., 1997; Praia & Marques L., 1997; Rebelo D., 1998; Silva A. et al., S/d). Para tal concorrem obstáculos institucionais e organizacionais difíceis de ultrapassar, a par do facto de serem reforçados por outros de natureza conceptual e metodológica quando os próprios professores o tentam levar à prática, a que se acrescentam dificuldades que decorrem da sua própria natureza e especificidades epistemológicas (Marques L. et al., 1997). Dificuldades que se relacionam com questões de natureza administrativa, como a falta de meios logísticos, escassez de meios financeiros, elevado número de alunos, falta de garantia de condições de segurança, etc., conjuntamente com dificuldades intrínsecas à natureza da área disciplinar, isto é, que dizem respeito à especificidade do conhecimento geológico (Marques L. et al., S/d (a, b); Marques L. et al., 1997; Praia, S/d; Praia & Marques L., 1997; Rebelo D., 1998; Rebelo H. V., 1998; Silva A. et al., S/d), contribuem para este distanciamento relativamente ao TC. Consequentemente, a desarticulação das actividades de campo na estrutura e planificação curricular conduzem a

que este surja como algo que se tem de fazer, simplesmente sugerido pelo currículo e não como uma resposta à necessidade de se fazer (Silva A. et al., S/d).

Apesar dos professores considerarem as aulas de campo muito importantes no ensino da Geologia, reconhecem que são expositivas (Rebelo D., 1998; Rebelo, H. V., 1998) e apoiadas numa prática tipo “excursionista” (Garcia de la Torre, 1994). Os docentes dizem-se, aliás, insatisfeitos com a preparação didáctica das aulas de campo que realizam, assinalando a falta de elementos adequados de apoio para a sua preparação. O número insuficiente de aulas de campo aliada a uma desarticulação entre as mesmas e o currículo específico (Rebelo D., 1998; Rebelo D. et al., 1999), conduzem, claramente, a uma desvalorização deste trabalho por parte dos professores.

Em **síntese**: a literatura vem demonstrando que as concepções e práticas dos professores não são desenvolvidas de acordo com a perspectiva construtivista da aprendizagem dos conceitos geológicos. Frequentemente os professores propõem actividades que não confrontam os alunos com questões problemáticas, não promovem a observação/interpretação dos fenómenos geológicos, a formulação de hipóteses e sua confrontação, bem como, o manuseamento de materiais. Constata-se, igualmente, que existe uma insatisfação dos professores relativamente a este TC eminentemente demonstrativo (Rebelo D. et al., 1999).

Neste sentido, importa valorizar e dar voz ao trabalho de campo, enquanto ferramenta de aprendizagem de forte riqueza heurística, para que os estudantes aprendam o que é esta disciplina científica e adquiram competências conceptuais específicas de um pensar a Geologia e a sua construção (Orion & Hofstein, 1991). É fundamental caminhar para orientações em que o TC não surja como episódico e de circunstância, como uma simples questão de bom senso. É importante que a saída de campo seja preparada cuidadosamente, de forma intencional e fundamentada para que se atinjam as suas principais finalidades (Marques L. et al., 1997), tais como (Marques L. et al., 1997; Praia & Marques L., 1997; Silva A. et al., S/d): (i) mobilizar conhecimentos geológicos prévios; (ii) construir representações a partir da interpretação de fenómenos geológicos; (iii) suscitar problemas partindo de dúvidas e questões; (iv) estruturar hipóteses para as confrontar com os conhecimentos adquiridos; (v) desenvolver atitudes e valores inerentes ao trabalho em ambiente natural.

Neste sentido, e reconhecendo a necessidade de se procurar uma alternativa teoricamente sustentada ao tipo de saídas de campo que maioritariamente têm vindo a ser utilizadas pelos professores (Praia & Marques L., 1997), Nir Orion e seus colegas do Instituto Weizmann de Israel propõem um "modelo" para a estruturação e implementação de uma Viagem de Campo (Praia & Marques L., 1997). Esta actividade não será assim encarada como um acontecimento isolado, mas posicionada entre uma Unidade de Preparação e uma Unidade Pós-Viagem ou de Síntese. Refira-se que, apesar de cada uma das unidades constituírem uma "Unidade de Aprendizagem" independente, elas interligam-se, isto é, servem igualmente de ponte para a unidade seguinte (Praia & Marques L., 1997; Silva A. et al., S/d)⁸.

Uma das possíveis aplicações ao modelo suprarreferido, poderão ser efectuadas no Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD), zona onde formidáveis conjuntos litológicos "*formados por rochas das mais antigas existentes em Portugal*" (Noronha, 1994), coexistem com estruturas e contactos de grande espectacularidade. Esta Complexo, que se situa entre o Forte de S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo) e o Molhe de Felgueiras (Borges et al., 1985, 1987), possui excelentes potencialidades didácticas, que obrigatoriamente deveriam ser aproveitadas por professores que leccionam Geociências.

Estas potencialidades didácticas passam pela(o):

- ✓ excelente localização, tendo em conta a proximidade de muitas escolas do ensino básico e secundário existentes em concelhos vizinhos;
- ✓ óptima acessibilidade;
- ✓ clareza dos aspectos geológicos a observar;
- ✓ elevado nível de segurança;
- ✓ alto valor didáctico que estes afloramentos proporcionam;
- ✓ oportunidade única para sensibilizar os alunos para a necessidade da preservação deste vasto património geológico;
- ✓ oportunidade para alertar os alunos para os múltiplos problemas ambientais com que a zona se debate.

⁸ Este "modelo" encontra-se bem desenvolvido em Marques L. et al. (1997) e Praia & Marques L. (1997).

No sentido de auxiliar os professores na concretização das suas viagens de campo, elaboraram-se duas ferramentas didácticas que permitirão, de forma organizada e sistemática, programar e elaborar roteiros geológicos para os alunos.

Assim foi criado:

- ✓ Um **livro – guia**, que poderá ser utilizado na unidade de preparação da viagem, viagem e pós-viagem;
- ✓ Um **CD-ROM** que poderá ser utilizado pelo professor na sala de aula, ajudando, desta forma, a diminuir o *novelty space*⁹ (Praia & Marques L., 1997).

Parte significativa deste CD-ROM será apresentado num site da **Internet**, onde o professor, conjuntamente com os seus alunos, poderá aceder a uma significativa parcela dos conteúdos a abordar no campo.

Através de uma viagem de campo que deixa de ser encarada como um presente oferecido aos alunos no final da disciplina, o professor poderá disponibilizar tempo de aprendizagem de conceitos em Geologia, a que estão ligados saberes relativos à construção do conhecimento em Geologia e que decorrem de problematização a que os alunos tentam dar resposta (Praia & Marques L., 1997). Ao adquirir este tipo de informação e conhecimentos em Geologia, os alunos poderão intervir de forma mais responsável e empenhada no seu quotidiano, obtendo, deste modo, uma educação científica de qualidade através da qual, como cidadãos do mundo, poderão construir uma concepção dele, coerente com as propostas dos cientistas – ainda que marcada pelas suas possibilidades sócio-cognitivas (Praia & Marques L., 1998). O TC, conjuntamente com outras actividades que desenvolvem a tomada crítica de decisões, e atitudes baseadas em critérios de índole científico – tecnológica, devem ser promovidas, de forma a que a aprendizagem seja um exercício permanente de actualização e de pensamento reflexivo sobre a realidade que nos rodeia. O TC é um desses momentos que não pode ser continuamente discriminado pelo actual aparelho docente das Ciências Geológicas, sob pena de assistirmos a uma significativa diminuição de interesse pela Geologia e pelos fenómenos geológicos em geral.

⁹ Foi traduzido por Praia & Marques L. (1997) como “consciencialização para o novo/novidade”. Três tipos de factores contribuem para a sua definição: cognitivos, psicológicos e geográficos. Trata-se de com, através e para a sua articulação, ser necessário que o aluno adquira antes da saída um conhecimento, o mais vasto possível, da área a estudar, isto é, fiquem criadas as condições para que durante a visita ele possa dedicar-se às tarefas que lhe são propostas. Tais actividades devem ser as particularmente inviáveis para abordar na sala de aula. Quanto mais se tenha diminuído o *novelty space* melhores condições estarão criadas para potenciar a viagem de campo (Marques L. et al., 1997; Praia & Marques L., 1997; Silva, A., S/d).

4.2- Construção de Materiais Didácticos

4.2.1 - O Livro-Guia

O conhecimento geológico apresenta especificidades relativas aos fenómenos e processos que ocorrem na Natureza, o que faz com que alguns conceitos não sejam fáceis de abordar na sala de aula. Desta forma, as actividades que este espaço tal como as de laboratório, ainda que fundamentais, não são suficientes para uma abordagem adequada de alguns factos geológicos e particularmente para a compreensão da sua articulação e da sua relação sistémica (Rebelo D. et al., 1999). Devido a este motivo, o TC é considerado um instrumento indispensável não só para ajudar nessa compreensão, mas também na promoção da construção do conhecimento geológico (Compiani & Carneiro, 1996, *in* Rebelo D. et al., 1999).

Para efectuar uma viagem de campo, é fundamental possuir dados concretos quanto à geologia da zona que se pretende trabalhar. No caso do Complexo Metamórfico da Foz do Douro, a bibliografia existente é bastante reduzida e encontra-se muito dispersa em vários documentos. Pese embora o esforço desenvolvido pelo programa "Geologia no Verão", promovido, desde 1998, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, em colaboração com o Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, cujas actividades contribuíram fortemente para a divulgação deste património junto do grande público, seria importante estudar e compilar um conjunto de informações fundamentais, que auxiliassem professores e educadores na sua deslocação ao campo.

Neste sentido, foi pensada a construção de um livro-guia que permitirá uma planificação, organização e consecução cuidada de uma viagem de campo ao Complexo Metamórfico da Foz do Douro.

Objectivos

Sendo assim, e em termos gerais, **com este livro-guia procurar-se-á:**

- Contribuir para uma formação de base quanto aos aspectos geológicos presentes no Complexo Metamórfico da Foz do Douro;
- Diminuir consideravelmente as dificuldades intrínsecas evidenciadas pelos professores, no que toca ao conhecimento geológico da zona da Foz do Douro;
- Motivar os professores e alunos para a realização/concretização do TC;
- Auxiliar os professores a organizar o conhecimento científico da área de trabalho, de modo a que possam programar e organizar uma viagem de campo com os seus alunos de forma ponderada, seguindo modelos de cariz construtivista;

- Demonstrar que existem formidáveis afloramentos de cidade magnificamente bem expostos, possuindo um elevado valor didáctico – científico;
- Alertar para o facto de que o vasto património geológico perfeitamente preservado na Foz do Douro, é um tesouro natural a salvaguardar, sob pena de uma vez perdido nunca mais ser recuperado;
- Demonstrar a fragilidade deste importante monumento natural, que se encontra literalmente ao abandono e, por vezes, sob forte vandalismo.

Metodologia Utilizada na Construção do Livro-Guia

Para a concretização deste material didáctico, foram considerados determinados parâmetros que serão fundamentados nos próximos parágrafos.

Servida por uma magnífica rede viária e por óptimos acesso, a belíssima zona da Foz do Douro, onde se localiza o Complexo Metamórfico com o seu nome, encontra-se como que envolvida por uma alargado número de escolas do ensino básico e secundário, existentes nos populosos concelhos vizinhos de Matosinhos, Vila Nova de Gaia e Gondomar. A facilidade de acessos aliada ao facto de todas estas escolas possuírem disciplinas ligadas à Geologia, permite efectuar viagens de campo a baixos custos, diminuindo, assim, consideravelmente as dificuldades externas sentidas pelos professores, nomeadamente no que toca à escassez de meios financeiros (Praia & Marques L., 1997). Este foi, aliás, um dos importantes argumentos considerados aquando da selecção da zona a trabalhar.

Para a concretização do estudo procurou-se um local onde os afloramentos se apresentassem bem expostos. Assim, e aproveitando a cartografia de pormenor elaborada por Borges et al. (1985, 1987), delimitou-se uma área de trabalho que se encontra compreendida entre o Forte de S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo) e o Molhe de Felgueiras.

Seleccionada a área, escolheram-se, de acordo com as potencialidades que encerram para o ensino – aprendizagem, locais com características educacionalmente relevantes e que servirão de paragens de estudo. Neste contexto procurou-se atender ao facto de que (Praia & Marques L., 1997):

- Os aspectos geológicos observados são claros e elucidativos, fruto do elevado nível de exposição dos afloramentos;
- As praias e os aspectos geológicos a observar são de fácil acesso (devido às zonas pedestres existentes) identificando-se com facilidade cada uma das litologias;

- A área seleccionada encontra-se bastante afastada das vias de circulação e em locais pouco acidentados, permitindo a alunos e professores gozarem de um razoável nível de segurança;
- No sentido dos alunos desenvolverem cada uma das actividades sem se atrapalharem uns aos outros, seleccionaram-se zonas que permitem obter um espaço suficiente para os alunos se movimentarem.

Com base nestes parâmetros, foram definidas seis paragens (Fig. 17) que se encontram separadas por cerca de 25 a 30 metros umas das outras. Verifica-se, contudo, uma única excepção, a meio do percurso da viagem de campo, entre as paragens três e quatro, distanciadas entre si por cerca de 200 a 250 metros. Nesta fase, o professor poderá efectuar um tempo de descanso, procurando sempre que os alunos não se dispersem com a beleza dos locais, incorrendo no risco de fazer esquecer os objectivos a perseguir, quer os de índole cognitiva, quer os de natureza afectiva (Marques L. et al., 1997; Praia & Marques L., 1997).

Nestas paragens, o professor poderá desenvolver actividades com os seus alunos, que passarão pela análise, discussão e observação:

1. das litologias presentes no CMFD;
2. dos contactos entre as litologias, alguns deles bastante evidentes;
3. das estruturas geológicas existentes, a saber:
 - Diaclases;
 - Filões;
 - Falhas;
 - Falhas Prováveis;
 - Dobras;
 - Dobras-Falhas;
4. dos aspectos geomorfológicos presentes, resultantes de uma nítida e profunda actuação marinha;
5. dos graves problemas ambientais com que a zona envolvente ao CMFD se debate.

Note-se que, cada uma das seis paragens encontra-se perfeitamente identificada e ilustrada com mapas geológicos de pormenor (adaptados de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000), procurando-se, sempre que possível, acompanhar-los com esquemas, tabelas e quadros-resumo. Estes materiais, no seu conjunto, auxiliarão o professor no trabalho de preparação da visita e na própria viagem de campo a efectuar.

Recorde-se que, na selecção, organização e actividades a desenvolver com os alunos, é extremamente importante considerar o nível etário da população-alvo.

Estrutura do Livro-Guia

Seleccionadas as paragens passou-se à estruturação do livro-guia. Começou-se por ordenar as diferentes paragens segundo uma relação lógica do ponto de vista educacional (Rebelo D. et al., 1999), isto é, atendendo ao nível de abstracção exigido em cada uma das estações. Assim, foram ordenadas, tanto quanto possível, aquelas que exigem um menor grau de abstracção para as que exigem um grau de abstracção superior (Rebelo D. et al., 1999).

Nesta estruturação, também foi considerado um aspecto fundamental na organização da viagem de campo. As marés influenciaram a disposição das várias paragens presentes ao longo desta faixa litoral. Assim, encontram-se dispostas na zona que não sofre grande influência da flutuação das marés, para as zonas que se encontram fortemente dependentes das marés. Este facto, permite ao professor gerir com maior precisão e qualidade a viagem de campo que se encontra a efectuar. Exemplifique-se que, se no período da manhã existir preia-mar, o professor poderá desenvolver as suas actividades ao longo das paragens um, dois e três, que se encontram a norte da faixa litoral. Aguardando um breve período de tempo¹⁰, poderá restabelecer o estudo das paragens quatro, cinco e seis, que se encontram a sul da Praia do Molhe, favorecido, neste momento, pela baixa-mar.

O tempo previsto para a realização das actividades em cada paragem, será flexível consoante o nível etário e o número de alunos que participarem nesta viagem.

De acordo com os critérios acima citados, este livro-guia, que contribui para a organização de uma viagem de campo, possui a seguinte estruturação (anexo A1):

1. Enquadramento Geodinâmico e Geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD).
 - 1.1 – Enquadramento Geodinâmico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro
 - 1.2 – Geologia do Complexo Metamórfico da Foz do Douro

2. Itinerário Geológico no Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD)

2.1 – Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD)

2.2 – Caracterização dos Afloramentos

- Paragem 1 – Granito do Castelo do Queijo e o contacto com o Complexo Metamórfico da Foz do Douro
 - Objectivos e Cartografia;
 - Litologias;
 - Contactos Geológicos;
 - Estruturas Geológicas;
 - Aspectos Geomorfológicos.
- Paragem 2 – Gnaiss Leucocrata Ocelada - Rochas e Estruturas Associadas
 - Objectivos e Cartografia;
 - Litologias;
 - Contactos Geológicos;
 - Estruturas Geológicas;
 - Aspectos Geomorfológicos.
- Paragem 3 – Gnaiss Biotítico - Rochas e Estruturas Associadas
 - Objectivos e Cartografia;
 - Litologias;
 - Contactos Geológicos;
 - Estruturas Geológicas;
 - Aspectos Geomorfológicos.
- Paragem 4 – Anfíbolito da Praia de Gondarém - Rochas e Estruturas Associadas
 - Objectivos e Cartografia;
 - Litologias;
 - Contactos Geológicos;
 - Estruturas Geológicas;
 - Aspectos Geomorfológicos.
- Paragem 5 – Brecha Ígnea da Sr.^a da Luz e Rochas Associadas
 - Objectivos e Cartografia;
 - Litologias;
 - Contactos Geológico;
 - Aspectos Geomorfológicos.

¹⁰ Este breve período de tempo coincidirá com o descanso disponibilizado para os alunos entre as paragens 3 e 4.

- Paragem 6 - Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada e Rochas Associadas
 - Objectivos e Cartografia;
 - Litologias;
 - Contactos Geológicos;
 - Aspectos Geomorfológicos.

Referências

Cada uma das seis paragens é pormenorizadamente apresentada no capítulo 4.3 deste trabalho. Note-se somente que, a paragem cinco servirá apenas para efectuar uma síntese da grande maioria das litologias do CMFD e a paragem seis servirá para tecer algumas considerações acerca das diferentes litologias, visto que os contactos não se encontram visíveis, quer devido à alteração quer a construções humanas.

Consequentemente, somente se fará aqui uma sumula das actividades que se efectuaram nas estações anteriores. Assim, sugerem-se a(o):

- Estudo e manuseamento de mapas topográficos e geológicos;
- Identificação das diferentes litologias;
- Análise dos vários contactos geológicos;
- Medição da atitude de estruturas geológicas como, filões e dobras;
- Estudo de outras estruturas geológicas;
- Elaboração de exercícios abstractos que permitirão compreender diversas estruturas, como falhas prováveis;
- Observação e análise de aspectos geomorfológicos característicos de ambiente litoral.

4.2.2 - CD-ROM e Site na Internet

Durante os últimos anos, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) foram progressivamente marcando uma presença no nosso quotidiano, fazendo hoje em dia parte integrante das nossas vidas. Vivemos numa sociedade onde o uso da informática e das redes digitais de informação é progressivamente crescente, dependendo a evolução cada vez mais do domínio dessa informação (Pereira R. et al., 2000). Empresas, comércio, administração, serviços, etc., aderiram à utilização dos meios informáticos, não se mantendo a escola à margem desta vertente eminentemente progressista (Victor Pinto & Casas, 1998).

A introdução das TIC em ambientes educativos é actualmente uma realidade inquestionável nas escolas com diferentes níveis de ensino. Se por um lado, os efeitos da incorporação destas tecnologias ainda não é claramente visível em termos da alteração dos actuais modelos de ensino, as suas potencialidades didácticas deixam prever grandes implicações no processo de ensino-aprendizagem. A mudança da realidade educativa que as TIC aparentemente se encontram a promover, só poderá ser verdadeiramente eficaz se as atitudes dos docentes, face à sua introdução, forem igualmente de disponibilidade para a descoberta das referidas potencialidades. As TIC podem e devem promover a própria formação dos professores. Este papel fulcral a assumir pelos docentes implica uma mudança progressiva das atitudes e não será compatível com as suas alterações radicais dos hábitos de trabalho, nem com o abandono dos outros recursos auxiliares de ensino. Devem, sim, ser considerados recursos igualmente auxiliares no trabalho que se encontram a desenvolver (Henriques et al., 2000).

No entanto, a eficácia das novas tecnologias na educação encontra-se dependente da existência de *software*, aplicações ou conteúdos destinados à população escolar, que promovam a autonomia e proporcionem aos jovens a gestão das suas próprias aprendizagens (Pereira R. et al., 2000) e aos professores a organização de um ensino com maior qualidade.

Em Portugal, os recursos multimédia que podem ser utilizados no processo de ensino-aprendizagem são exíguos. Na sua maior parte encontram-se em inglês, o que dificulta a sua utilização pelos alunos mais jovens ou por aqueles que não dominam essa língua. Os produtos que existem em português são, muitas vezes, traduções e nem sempre se adequam às necessidades dos alunos, no que toca à linguagem e ao nível de conteúdos disponíveis (Brilha & Henriques, 2000; Pereira R. et al., 2000).

A necessidade de criar materiais adaptados à população escolar, simples e fáceis de utilizar, é fundamental face ao quadro anteriormente traçado.

Nesse sentido, com base neste trabalho, procurou-se desenvolver um CD-ROM e um site na *Internet* em português, que auxiliará os professores na organização e preparação de uma viagem de campo com os seus alunos. Este CD-ROM procurará ultrapassar certas limitações sentidas pelos professores, que segundo Pereira R. et al., (2000) e Pereira D. & Brilha (2000), passam por:

- Desconhecimento, por parte dos docentes, de zonas com interesse pedagógico para a consecução dessas viagens;
- Dificuldade de planeamento, por inexistência nas escolas de materiais de apoio, como é o caso das cartas topográficas, geológicas ou geomorfológicas e documentação fotográfica ou em vídeo;
- Limitações de tempo, visto que é difícil concretizar uma viagem de campo sem interferir com a carga horária de outras disciplinas;
- Limitações económicas, especialmente se o local a estudar é distante. Neste caso os custos da saída poderão ser significativos, não podendo as escolas disponibilizar verbas para os suportar;
- Problemas com os aspectos meteorológicos e/ou com as marés.

Deste modo, justifica-se a criação e posterior divulgação multimédia de percursos com interesse geológico de grande interesse para o ensino, de que o Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD) é um bom exemplo.

Estas aulas de campo virtuais não pretendem, porém, substituir as verdadeiras aulas de campo. Aliás, podem mesmo melhorar significativamente a sua qualidade como abordagem prévia na preparação de uma viagem de campo, tanto para os alunos como para os professores. Podem ainda ser de grande utilidade quando o professor não conhece suficientemente bem a área a visitar. Por outro lado, como nem todos os docentes possuem formação específica em Geologia, estas viagens de campo virtuais podem auxiliá-los, permitindo-lhes recordar ou aprofundar alguns dos aspectos teóricos mais relevantes (Pereira R. et al., 2000).

Para os alunos, uma exploração virtual e prévia da zona de estudo poderá ajudar a diminuir o *novelty space* (Praia & Marques L., 1997), permitindo um primeiro contacto com os aspectos mais significativos a abordar.

Numa unidade pós-viagem de campo, esta ferramenta multimédia poderá permitir uma melhor discussão, análise e revisão, de alguns dos aspectos observados, ajudando a esclarecer algumas das questões que eventualmente tenham surgido (Pereira R. et al., 2000). Acrescente-se que, com a ferramenta suprarreferida poderão ser explorados factos que, por distração, falta de tempo, más condições climatéricas, marés ou até por cansaço, não foram estudados no próprio local (Ford, 1998, *in* Pereira R. et al., 2000).

Note-se que, as saídas de campo virtuais, se bem estruturadas, poderão constituir-se como um recurso importante e acessível ao cidadão comum, que pretende conhecer um pouco mais sobre a Geologia de uma determinada zona como, por exemplo, a da sua cidade (Hurst, 1998 *in* Pereira R. et al., 2000). Este aspecto é ainda mais relevante, quando a bibliografia dos temas em questão não é de fácil acesso fora dos meios académicos, como é o caso, encontrando-se dispersa e escrita numa linguagem técnico-científica incompreensível para os não especialistas (Pereira R. et al., 2000; Pereira D. & Brilha, 2000).

Sendo assim, tornou-se quase como obrigatória a realização de um CD-ROM e um site para a *Internet*. Nos parágrafos que se seguem procurar-se-á justificar as opções tomadas quanto a objectivos, métodos e estrutura do trabalho em CD-ROM e das vantagens de uma publicação *on-line*.

CD-ROM

O *software* contido neste suporte informático surge como uma resposta à necessidade actual de criação de ferramentas multimédia, destinado ao ensino básico e secundário. Trata-se da divulgação e exploração do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD), uma zona com enormes potencialidades didácticas que pretendem ser amplamente difundidas face ao público – alvo que é, neste caso, constituído por:

- Professores do 3º ciclo dos Ensinos Básico e Secundário;
- Alunos do 3º ciclo dos Ensinos Básico e Secundário.

Objectivos

Pretende-se com a elaboração e concretização deste material didáctico:

- Publicar conteúdos geológicos em língua portuguesa, garantindo uma ampla divulgação face ao público – alvo a atingir;
- Contribuir para uma formação geológica de base quanto aos aspectos geológicos presentes no CMFD;

- Divulgar o património geológico do CMFD, ao nível:
 - ✓ das litologias;
 - ✓ dos contactos entre litologias;
 - ✓ das estruturas geológicas;
 - ✓ dos aspectos geomorfológicos e ambientais.
- Sensibilizar a população escolar portuguesa para a preservação do património natural do CMFD;
- Permitir que a informação geológica de uma zona, que normalmente se encontra dispersa, se apresente compilada num conjunto coerente de várias paragens de estudo;
- Disponibilizar, a baixos custos, toda a informação geológica da área de trabalho;
- Permitir uma utilização interactiva em termos de navegabilidade, combatendo a eventual tendência do utilizador para a passividade e assim torná-lo protagonista do seu próprio processo de ensino-aprendizagem (Henriques et al., 2000);
- Esclarecer, numa unidade pós-viagem de campo, algumas questões que eventualmente possam ter surgido no trabalho de campo;
- Diminuir consideravelmente as dificuldades intrínsecas evidenciadas pelos professores, no que toca ao conhecimento geológico da zona da Foz do Douro;
- Motivar os professores e alunos para a realização/concretização do trabalho de campo;
- Auxiliar os professores a organizar o conhecimento científico da área de trabalho, de modo a que possam programar e organizar uma viagem de campo;
- Demonstrar que existem afloramentos de cidade bem expostos, possuindo um elevado valor didáctico – científico;
- Permitir, através de vídeo projector (*datashow*), a difusão para uma larga audiência, que poderão ser, eventualmente, os alunos numa sala de aula;
- Complementar o livro-guia para professores, através de elementos que não foram incluídos nesse material didáctico. São eles algumas noções básicas de Geologia e aspectos histórico – culturais da zona de trabalho.

Metodologia Utilizada na Construção do CD-ROM

Os métodos utilizados na construção do CD-ROM não diferem, significativamente, daqueles que foram abordados para a concretização do livro-guia para o professor. Isto porque, esta ferramenta multimédia possui muitos dos aspectos do referido livro, distinguindo-se somente no facto de possuir informações complementares já referidas.

Para a elaboração deste material didáctico, procurou-se sempre apresentar a informação de forma simples, clara e organizada, de modo a que se torne interessante e compreensível para o utilizador (Pereira R. et al., 2000). Perseguindo este objectivo, utilizaram-se textos, figuras, tabelas, mapas, etc., de modo a tornar apelativo o manuseamento do CD-ROM. Para o efeito, recorreu-se a *software* de animação e hipertexto presente numa poderosa ferramenta da Macromedia®, conhecida por Director® - Shockwave® Studio (Fig. 19).



Figura 19 – Logotipo do Macromedia® Director®8 - Shockwave® Studio (Macromedia, 1997)

A escolha recaiu sobre essa aplicação, porque permite uma rápida prototipagem, concedendo uma versatilidade suficiente para incluir e manipular distintos conteúdos multimédia, levando assim a um desenvolvimento simples e rápido (Henriques et al., 2000). Este *software* recorre a uma metáfora adaptada à criação de peças multimédia: "o mundo do cinema e da animação" (Macromedia, 1997; Henriques et al., 2000). Aquando da concretização da peça - tal como num filme - integra-se som e imagem num *palco*, animando esses *actores* segundo um *guião* pré-definido (Henriques et al., 2000). Os recursos a utilizar encontram-se agrupados em elencos, e os actores são distribuídos no palco usando diversos efeitos. O uso efectivo desta metáfora permite uma integração suave de módulos de aprendizagem interactivos com módulos narrativos (Henriques et al., 2000). A utilização deste *software* permite uma fácil distribuição multiplataforma - Windows®, Macintosh® e

WWW (Macromedia, 1997). A plataforma primária seleccionada para este trabalho foi a distribuição em CD-ROM para Windows®.

Para a preparação dos conteúdos deste CD-ROM foram ainda utilizados o Adobe Photoshop (tratamento de imagem); Paintbrush (tratamento de imagem); e Microsoft® Word (tratamento de texto).

Um dos outros aspectos, considerados na elaboração deste CD-ROM, prendeu-se com a sua facilidade de utilização. De modo a não transformar a navegação fastidiosa e obrigatória, foram construídas opções que permitissem ao utilizador escolher o caminho a seguir. Este facto, encontra-se aliado a uma certa liberdade, permitindo uma boa movimentação pelos conteúdos analisados.

Estrutura do CD-ROM

A informação apresentada numa aplicação multimédia deverá ser atractiva e fácil de utilizar. Optou-se, então, por uma navegação fluida e prática, onde a estruturação da informação foi planeada de forma hierárquica, ramificando-se dos conteúdos mais generalistas para outros de cariz mais específico e opcional. Porém, existem partes da estrutura onde a densidade das ligações originou outras estruturas em forma de teia, que permite ao utilizador navegar despreocupadamente, avançando e incentivando-o a descobrir as potencialidades desta aplicação.

Foi criada, assim, uma estrutura que possibilita uma navegabilidade ao longo de toda a informação, não impondo critérios de obrigatoriedade através de sequências previamente definidas. Cada ponto possui ligações ao ponto seguinte, não se tornando, assim, a navegação fastidiosa. Este facto, torna o utilizador activo no seu processo de ensino-aprendizagem, visto que não existem limitações quanto aos conteúdos que se pretender aceder.

Esta estruturação pretende, desta forma, contribuir para incentivar o estudo da Geologia. As suas potencialidades ao nível do multimédia, garantem uma melhor compreensão de certos conceitos ou processos, fazendo recurso a algumas animações.

O CD-ROM encontra-se, assim, organizado da seguinte forma (anexo A2) (Fig. 20):

1. Introdução
2. Noções Básicas de Geologia
3. Enquadramento Geodinâmico e Geológico do CMFD
4. Itinerário Virtual Pelo Património Geológico do CMFD
5. Problemas Ambientais nas Praias da Foz do Douro
6. O Homem e a Paisagem: Elementos Históricos

7. Viagem Virtual Pelos Ambientes Histórico – Culturais da Foz do Douro

8. Referências Bibliográficas



Figura 20 – Aspecto do menu iniciar do CD-ROM

Desta forma, considera-se possível atingir os objectivos propostos, contribuindo decisivamente para aumentar exponencialmente a cultura científica da sociedade portuguesa, e dos estudantes de Geociências, em geral.

Site na Internet

Segundo Soares (1999), a *Internet* é um conjunto de redes de computadores de organizações governamentais, científicas, educacionais e empresariais, bem como milhões de computadores pessoais de todo o mundo. Um dos serviços que pode ser utilizado na *Internet* é a pesquisa de informação, vulgarmente conhecido por WWW (*World Wide Web*). A WWW consiste numa rede virtual de informação difundida mediante a utilização de hipertexto, que possibilita, de um modo relativamente fácil, a consulta e a publicação de imagens, textos e objectos multimédia (Magalhães, 1995; Brilha & Legoinha, 1998; Arlegui et al., 1999; Soares, 1999). No universo público com acesso à *Internet* e à WWW contam-se universidades e instituições de investigação, instituições governamentais, empresas, grupos sociais e utilizadores individuais que difundem todo o tipo de informação (Soares, 1999).

O número de utilizadores da *Internet* tem aumentado consideravelmente nos últimos anos (Brilha & Legoinha, 1998; Legoinha et al., 2000). Esta utilização, que chegou finalmente às nossas escolas, é uma realidade que resultou de um investimento governamental, de forma a difundir amplamente a informação existente. No entanto, a percentagem de docentes e alunos utilizadores das TIC é ainda baixa (nomeadamente no domínio das Ciências Naturais), devido, entre outros motivos, (Legoinha et al., 2000): (i) ao facto da maioria das licenciaturas em Ensino das Universidades portuguesas não dar formação informática de base aos futuros professores; (ii) aos professores em actividade possuírem escassas possibilidades de actualização, sendo pontuais as acções de formação com real interesse prático; (iii) à falta de condições nas escolas (por vezes poucas salas e um só computador); (iv) à falta de motivação por parte dos docentes (mesmos os universitários) que ainda não assumiram que podem ou devem, produzir conteúdos electrónicos e; (v) à escassez de conteúdos científico-pedagógicos em língua portuguesa.

Apesar das dificuldades, é cada vez mais consensual que a utilização das TIC na educação facilita a auto-aprendizagem; incentiva a criatividade; permite o acesso a grande quantidade de informação; estimula a interacção e partilha de opiniões e perspectivas alternativas; possibilita a produção de materiais didácticos de qualidade muito superior aos convencionais, através da integração de texto, imagem e som (Legoinha et al., 2000). Acrescente-se ainda que, permite aos alunos traçarem percursos individualizados progredindo de acordo com o seu ritmo e as suas necessidades; oferece aos professores a possibilidade de organizarem a aprendizagem em turmas heterogéneas; e, motiva facilmente os alunos, constituindo um meio de diminuir o insucesso escolar (Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI, 1996).

Face a estes argumentos, optou-se por uma aposta numa divulgação *on-line* dos conteúdos existentes no CD-ROM. Este facto é possível de concretizar, porque um dos *softwares* utilizados foi o Macromedia® Director® - Shockwave® Studio, que permite uma fácil distribuição multiplataforma na WWW.

A organização do *site* e navegabilidade será idêntica à do CD-ROM, diferindo apenas no que diz respeito a alguns efeitos gráficos e transições, que tornariam a navegação *on-line* muito mais morosa (*comunicação pessoal* de Araújo).

4.3 – Os Afloramentos E Os Seus Elementos Caracterizadores

Paragem 1: Castelo do Queijo

Granito do Castelo do Queijo e Contactos com o Complexo Metamórfico da Foz do Douro

Litologias

Nesta paragem podem observar-se diversas litologias, apresentadas nos mapas das figuras 21 e 22.

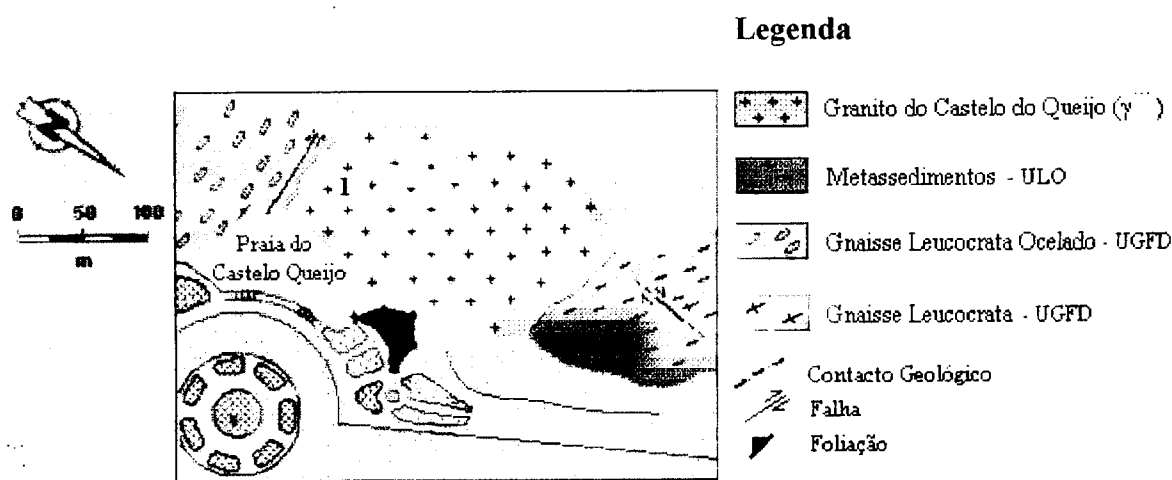


Figura 21 – Mapa geológico da zona do Castelo do Queijo (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)

• Granito do Castelo do Queijo (γ'')

O maciço granítico do Castelo do Queijo, sobre o qual assenta o Forte de S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo), é constituído por um granito biotítico, por vezes porfiróide, de grão médio a grosseiro (Fig. 23) (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 2000).



Figura 23 – Granito do Castelo do Queijo

Ao microscópio este granito apresenta quartzo, feldspatos (normalmente oligoclase, microclina pertítica e rara albite); a biotite é a mica mais abundante e é rica em inclusões de zircão e apatite (Assunção, 1962; Noronha, 1994, 2000). Os cristais de biotite da matriz evidenciam uma distribuição aleatória embora, localmente, tendam a orientar-se segundo a

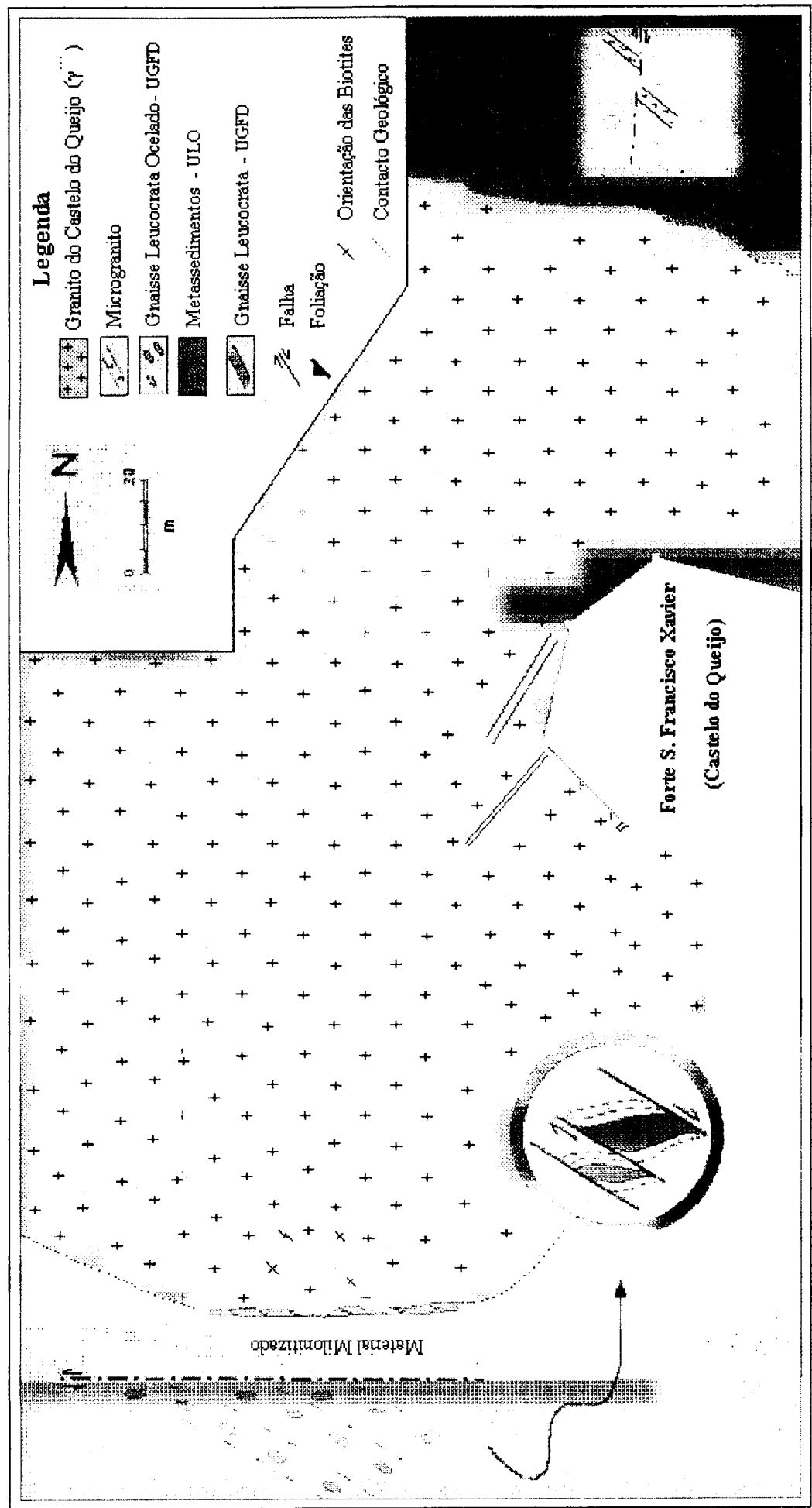


Figura 22 – Esboço geológico da zona do Castelo do Queijo (modificado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

direcção N130°, orientação esta que se torna mais nítida e persistente para sul, nas imediações do contacto com os metassedimentos (Fig. 21 – 1). Este granito é afectado por uma deformação frágil pós-cristalina, claramente visível em lâmina delgada (nomeadamente através da deformação dos cristais de quartzo) e dificilmente observável em afloramento (Borges et al., 1985,1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 1994).

O granito do Castelo do Queijo exhibe frequentemente encraves microgranulares de rochas melanocratas (tonalitos) (Fig. 24) (Teixeira, 1970; Noronha, 2000) alguns mesmo de grandes dimensões (Teixeira, 1970). Os encraves podem ter surgido a partir de uma cristalização, mais ou menos simultânea, de dois magmas imiscíveis e com diferentes viscosidades, correspondendo um deles a um magma granítico e o outro a um magma mais básico, possivelmente de composição tonalítica (Marques M. et al., 2000). Estes encraves, quando comparados com o granito do Castelo do Queijo, possuem maior quantidade de biotite e menor quantidade de quartzo.



Figura 24 – Enclave microgranular

Esta rocha encontra-se incluída no grupo dos Granitos Biotíticos com plagioclase cálcica, sendo considerado como um granitóide tardi a pós-tectónico. Possui uma idade isotópica de 292 ± 5 Ma (Mendes, 1967/1968).

• Rocha Leucocrata De Grão Fino – Microgranito

Junto à fachada ocidental do Forte S. Francisco Xavier, podem observar-se três filões duma rocha leucocrata a cortar o granito do Castelo do Queijo (Fig. 22). Esta rocha apresenta uma tonalidade mais clara e granularidade mais fina que esse granito e é essencialmente constituída por quartzo (mais abundante), plagioclase, feldspato potássico e biotite. Será provavelmente uma rocha mais jovem que o granito acima citado, instalando-se após o arrefecimento deste último.

Estes filões não apresentam representação cartográfica na figura 21, devido à sua possança.

- **Gnaiss Leucocrata - UGFD**

Localiza-se a norte do Forte S. Francisco Xavier. É uma rocha leucocrata com uma foliação incipiente, surgindo sob a forma de filões intruídos nos metassedimentos e concordantes com a orientação geral destes últimos (N130°) (Fig. 22) (Marques M. et al., 1994).

- **Gnaiss Leucocrata Ocelado - UGFD**

Situado a sul do Forte S. Francisco Xavier, na praia do Castelo do Queijo, o gnaiss leucocrata ocelado apresenta porfiroblastos (com cerca de 1cm de comprimento), de quartzo e feldspato potássico, bem desenvolvidos (Fig. 25) (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al. 1994), não demonstrando uma qualquer deformação pós-cristalina. A deformação patente nesta fácies gnáissica é dúctil, traduzindo-se por estiramento e subgranulação, quer do quartzo quer do feldspato potássico (Borges et al., 1985, 1987).



Figura 25 – Gnaiss Leucocrata Ocelado

Neste local, a rocha apresenta um foliação de direcção este-oeste, que roda progressivamente para N110° E - N120° E à medida que nos deslocamos para sul. Esta última orientação manter-se-á até bem próximo da praia do Homem do Leme, quando esta litologia contacta com o gnaiss biotítico (Borges et al., 1985, 1987, Marques M. et al., 1994).

Nesta paragem, assim como na seguinte, o gnaiss leucocrata ocelado evidencia um cisalhamento dúctil direito, de direcção N120°, que transpõem quase completamente a foliação. Pontualmente pode observar-se um cisalhamento esquerdo N80°E, posterior ao primeiro (Borges et al., 1985, 1987).

- **Metassedimentos - ULO**

Os metassedimentos surgem a norte do Forte S. Francisco Xavier e a sul do mesmo, na praia do Castelo do Queijo no contacto com o granito (Fig. 22).

As sequências metassedimentares são essencialmente constituídas por micaxistos silimaníticos a que se associam, por vezes, anfíbolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos (Pereira E. & Ribeiro A., 1992; Noronha, 1994; Noronha e Leterrier, 1995; Pereira M., 1999;

Noronha, 2000). Neste local, a rocha apresenta uma foliação de direcção N130° (Marques M. et al., 1994) e possui essencialmente quartzo (mineral mais abundante), biotite, moscovite, plagioclase, feldspato potássico e turmalina. Em lâmina delgada exhibe, ainda, uma xistosidade bastante evidente.

Contactos Geológicos

São diversos os contactos geológicos que ocorrem nesta primeira paragem. Com o quadro 7 pretende-se efectuar a sua identificação e com a figura 26 a sua localização.

Quadro 7 – Localização dos contactos Geológicos

LOCAL (Fig. 26)	CONTACTO GEOLÓGICO
A	Granito do Castelo do Queijo – Metassedimentos (Norte do Forte)
B	Granito do Castelo do Queijo – Metassedimentos (Sul do Forte)
C	Granito do Castelo do Queijo – Microgranito
D	Metassedimentos – Gnaiss Leucocrata Ocelado
E	Metassedimentos – Gnaiss Leucocrata

Estruturas Geológicas

Neste local, existem três estruturas geológicas com interesse didáctico, a saber: **filões**, **falhas** e **diaclasses**.

• Filões

Evidenciando um bom nível de exposição, quatro foram os filões seleccionados nesta paragem: três de uma rocha leucocrata de grão fino (Microgranito) (filões 1, 2 e 3) e um de gnaiss leucocrata (filão 4). O quadro 8 sintetiza algumas das suas principais características.

Quadro 8 – Características dos quatro filões

	FILÃO 1	FILÃO 2	FILÃO 3	FILÃO 4
Localização	Fachada ocidental do Forte	Fachada ocidental do Forte	Fachada ocidental do Forte	Norte do Forte
Direcção	N33° E	N50° E	N40° E	N130° E
Inclinação	81° NW	Subvertical	Subvertical	Subvertical
Possança (média)	1,44 metros	29 centímetros	53 centímetros	a)

a) Não foi possível determinar a possança deste filão visto encontrar-se, parcialmente, coberto por areia.

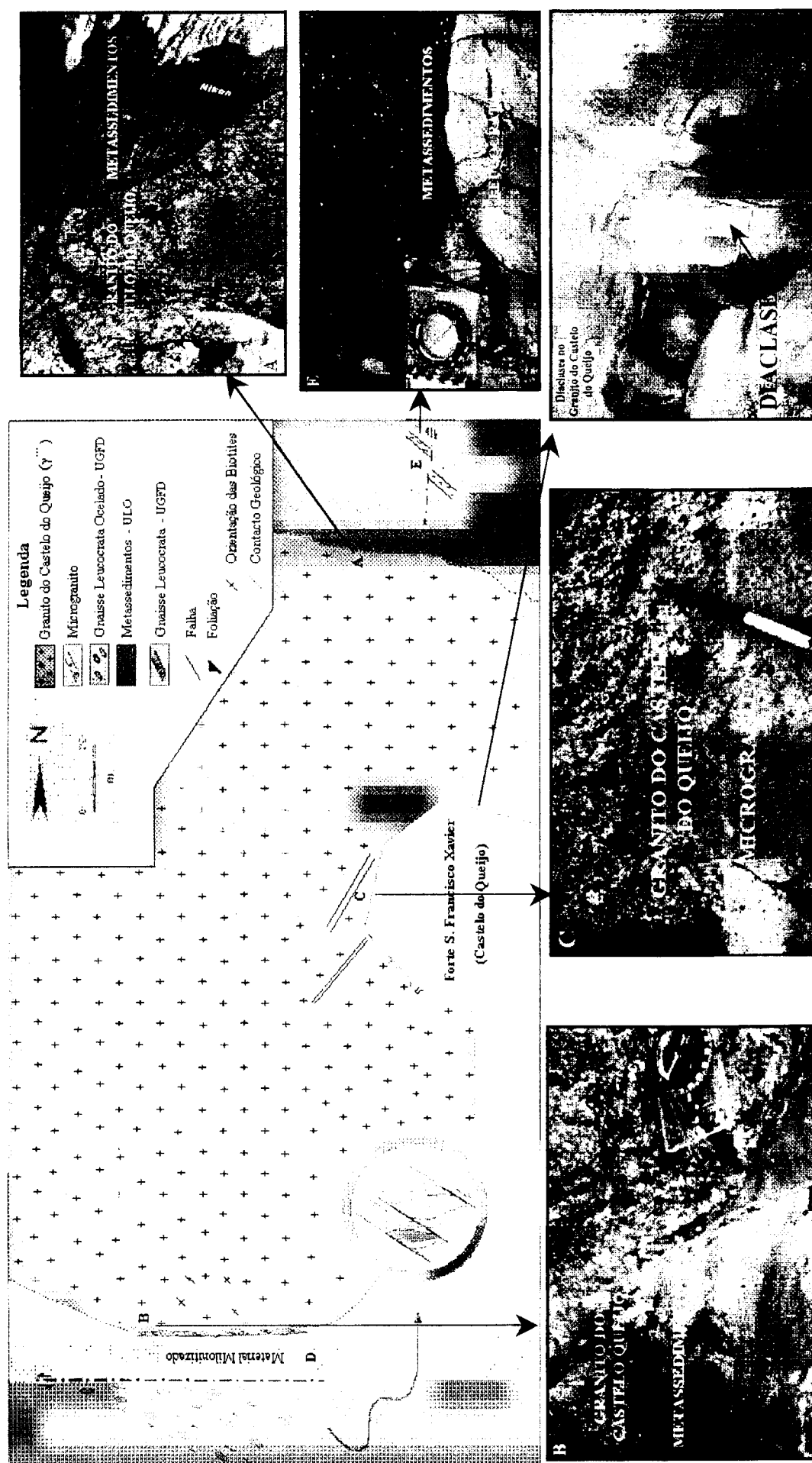


Figura 26 – Esboço geológico da zona do Castelo do Queijo (modificado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 1994)

- A- O granito do Castelo do Queijo intrui uma banda de metasedimentos com foliação de direção N130° (Borges et al., 1985, 1987).
- B- O granito do Castelo do Queijo intrui uma estreita banda de metasedimentos com direção Este - Oeste (Borges et al., 1985, 1987).
- C- Dois filões de rocha leucocrata de grão fino (Microgranito) intruem o granito do Castelo do Queijo (Borges et al., 1985, 1987).
- D- Os metasedimentos contactam com os gnaisses leucocratas ocelados a partir de uma falha esquerda de direção Este - Oeste. À medida que nos deslocamos para sul da falha, a foliação dos gnaisses leucocratas ocelados roda, progressivamente, da direção Este - Oeste para a direção N110° - N120° (Borges et al., 1985, 1987).
- E- Filões de uma rocha leucocrata com foliação incipiente (gnaiss leucocrata?) apresentam-se concordantes com a orientação geral dos metasedimentos. Um destes filões é cortado por uma falha direita de direção Norte - Sul (que infelizmente se encontra tapada com areia e outros materiais) (Borges et al., 1985, 1987).

- **Falhas**

São essencialmente duas as falhas de maior relevo existentes nesta paragem:

- Falha 1 – Na praia do Castelo do Queijo (a sul do Forte de S. Francisco Xavier) o contacto entre uma banda delgada de metassedimentos e os gnaisses ocelados efectua-se através de uma falha esquerda de direcção Este – Oeste (Fig. 26 – D).
- Falha 2 – A norte do Forte de S. Francisco Xavier existe um filão de gnaiss leucocrata (Filão 4) cortado por uma falha direita de direcção Norte – Sul (Fig. 26 – E). Note-se, porém, que esta falha encontra-se parcialmente tapada com areia e outros materiais rochosos que aí foram lançados, tornando-se difícil, actualmente, a observação da continuação do filão no bloco oeste e deste modo, a determinação do rejeito da falha.

- **Diaclases**

Para que fosse possível definir famílias de diaclases e caracterizar de forma estatística a sua atitude, a partir do tratamento dos dados obtidos no terreno, foi utilizado um modelo que se baseou na técnica de amostragem linear de superfícies de descontinuidade (Chaminé & Gaspar, 1995). Apesar da complexidade desta técnica, que não foi totalmente explorada, foi possível efectuar a definição do número de famílias de diaclases e, sobretudo, da família dominante e sua atitude (Chaminé & Gaspar, 1995). Para o estabelecimento destas famílias de descontinuidades recorreu-se a um diagrama de densidade de pólos (estereograma de Schmidt-Lambert; hemisfério inferior) e a um diagrama de rosetas (Loczy & Ladeira, 1981; Davis & Reynolds, 1996) (Fig. 27).

Foi efectuado um estudo em área no Granito do Castelo do Queijo, contando-se, para o efeito, com a medição de 751 atitudes de diaclases. A fracturação no granito é tão evidente, que Teixeira (1970) chega a referir que, em alguns locais, os sistemas de diaclases originaram dispositivos em escadaria, conforme se observa nas traseiras do Forte S. Francisco Xavier (Fig. 26).

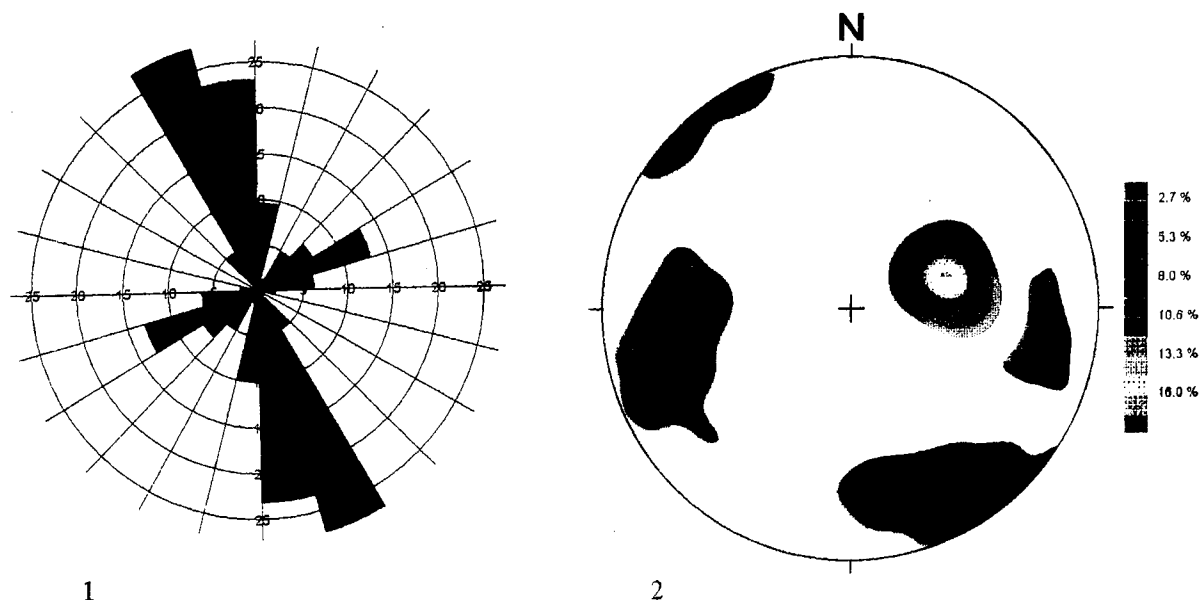


Figura 27 – Tratamento geoestatístico das atitudes das 751 diaclasses medidas no Granito do Castelo do Queijo

1. Diagrama de Rosetas;
2. Estereograma Schmidt-Lambert; hemisfério inferior.

Com base na análise do diagrama de rosetas (Fig. 27 – 1), verifica-se a existência de duas principais famílias de diaclasses: a principal orienta-se segundo uma direcção NNW-SSE; a sua conjugada orientam-se segundo a direcção principal de ENE-WSW.

A análise do estereograma Schmidt-Lambert (Fig. 27 – 2) revela que a maior densidade de pólos localiza-se numa área do diagrama cujo centro geométrico corresponde, aproximadamente, ao polo de atitude $57^\circ \rightarrow N72^\circ E$. A este polo corresponde, por sua vez, um plano com atitude $N162^\circ; 33^\circ SW$. Menos importantes, mas dignas de registo, são as áreas de maior concentração de pólos cuja atitude do seu centro geométrico é próxima de $27^\circ \rightarrow N264^\circ E$ e $21^\circ \rightarrow N153^\circ E$. A estes pólos correspondem, por sua vez, dois planos com atitude $N174^\circ; 63^\circ E$ e $N63^\circ; 69^\circ NW$, respectivamente.

Aspectos Geomorfológicos

O ambiente litoral é caracterizado pela interacção de diversos agentes da geodinâmica externa (corrosão, atrito, acção hidráulica das vagas, amplitudes térmicas) que condicionam a evolução do modelado, nomeadamente numa costa rochosa.

A paragem um, embora diminuta quanto à sua extensão, oferece um conjunto de características geomorfológicas dignas de relevo.

Destaca-se a **quase total ausência de praia** na zona do Forte de S. Francisco Xavier. O local, encontra-se parcialmente coberto por rochas que aí foram lançadas, com o intuito de proteger essa construção contra as prováveis investidas do mar (Fig. 28).

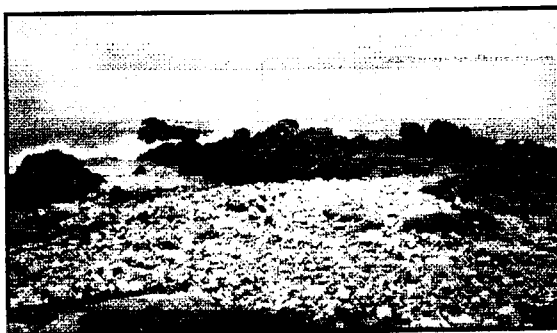


Figura 28 – Ausência quase total de praia

Somente existe um resquício de areia fina na fachada norte do Forte S. Francisco Xavier, que na época de marés vivas praticamente fica coberta pelas águas. Na praia do Castelo do Queijo, o conjunto destes depósitos sedimentares são bastante mais abundantes.

Nesta paisagem, maioritariamente de origem granítica, surge um fenómeno conhecido por **disjunção esferoidal**. A sua origem encontra-se relacionada com uma tendência que as rochas magmáticas possuem para a desagregação, segundo capas paralelas ao relevo topográfico (Borges, 1984b). Com relativa frequência, é possível localizar alguns locais onde existe esse fenómeno. A figura 29 – A ilustra este aspecto comum nas paisagens graníticas.

A acção mecânica e química da água e de outros factores ligados à composição da rocha originam formas próprias das quais são exemplo o **caos de blocos** e as **marmitas litorais** (Ferreira J. et al., 1995).

Segundo Marques M. et al. (2000), as **marmitas litorais** resultam de movimentos turbilhonares provocados pela acção erosiva das águas a que se associam seixos. O trabalho gradual destes dois elementos desgastam a rocha, conferindo-lhe aquele aspecto arredondado. São frequentes, neste local, as marmitas com variados diâmetros e profundidades (Fig. 29 – B). Normalmente aparecem isoladas mas também podem surgir em grupo. A altitude a que se estabelecem é muito variável, estendendo-se desde o nível do mar até a poucos metros de altitude.

Nesta paragem existe uma clara tendência para a formação de um **caos de blocos**. Estes blocos arredondados, resultantes da alteração do granito, surgem em tamanhos variados, acumulando-se, principalmente, na fachada ocidental do Forte de S. Francisco Xavier (Fig. 29 – C).

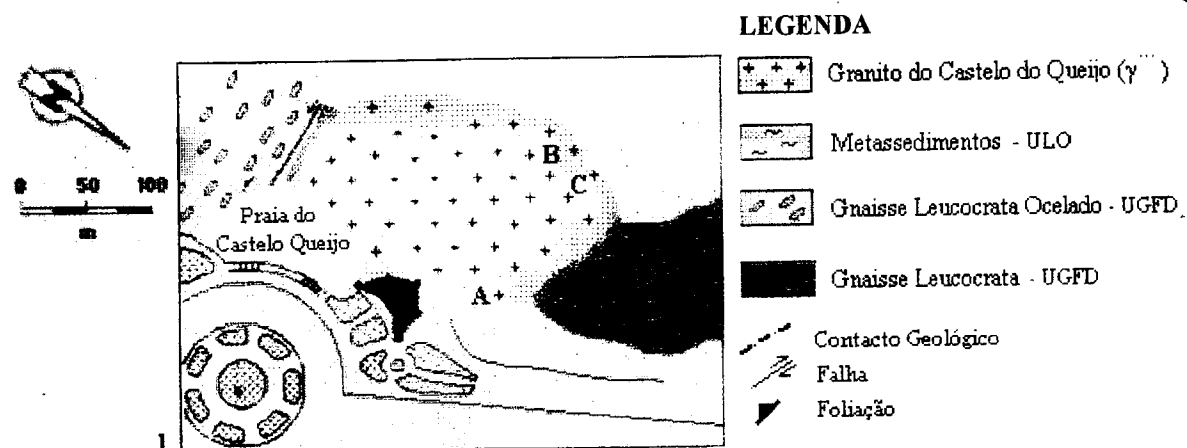


Figura 29 – Aspectos da paisagem granítica dos afloramentos do Castelo do Queijo

1. Mapa geológico da zona do Castelo do Queijo (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000) com a localização dos aspectos ilustrados em A, B e C.

A – Disjunção esferoidal;

B – Marmita litoral;

C – Tendência para caos de blocos.

Paragem 2: Jardins da Avenida Montevideu

O Gnaiss Leucocrata Ocelado – Rochas e Estruturas Associadas

Litologias

São diversas as litologias presentes nesta paragem, que se encontra no seguimento da anterior. A figura 30, conjuntamente com o quadro 9, sintetizam a localização e sistematização das mesmas.

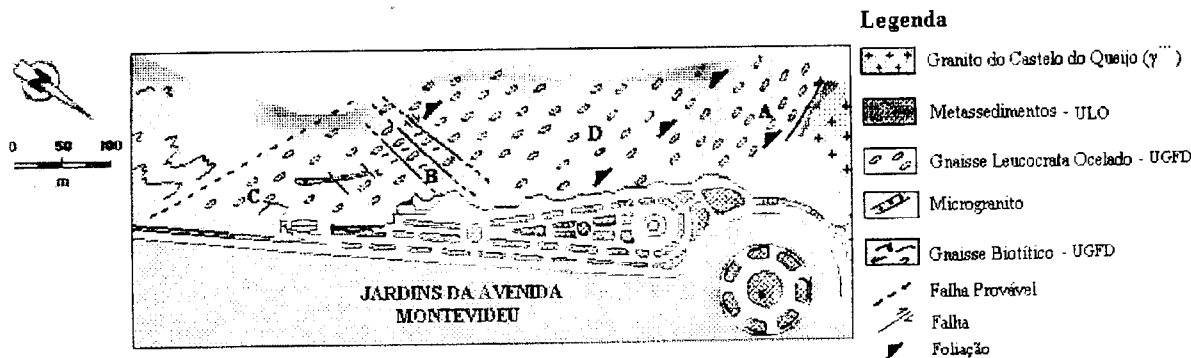


Figura 30 – Mapa geológico da paragem dois (adaptado de Borges et al., 1985,1987; Marques M. et al., 2000)
A, B, C e D – Locais de observação de aspectos referidos no texto.

Quadro 9 – Litologias

LITOLOGIAS	REPRESENTATIVIDADE CARTOGRÁFICA (veja-se Fig. 30)
Gnaiss Leucocrata Ocelado – UGFD	Sim
Microgranito	Sim
Metassedimentos – ULO	Sim
Anfibolito - UGFD	Não
Gnaiss Leucocrata – UGFD	Não
Aplito – Pegmatito	Não

• Gnaiss Leucocrata Ocelado – UGFD

Aflora entre a praia do Castelo do Queijo e as imediações da praia do Homem do Leme (Fig. 30).

Ortognaisse de composição granítico-adamelítica (Noronha e Leterrier, 1995; Leterrier e Noronha, 1998; Noronha, 2000), é constituído essencialmente por quartzo + feldspato potássico + plagioclase + andaluzite ± silimanite (fibrolite) ± cordierite (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994). Apresenta porfiroblastos bem desenvolvidos de quartzo e feldspato, com cerca de 1 cm de comprimento.

Todo o afloramento evidencia estruturas planares não-penetrativas – diaclases e pequenas falhas – sendo as primeiras bastante evidentes na figura 30 – A.

- **Microgranito**

Rocha granítica de grão médio, de cor clara, bastante polida pela acção erosiva do mar, evidenciando, ao nível do afloramento, tendência para uma orientação preferencial das suas micas (nomeadamente da biotite). Este corpo granítico encontra-se disperso por entre os gnaisses leucocratas ocelados (GLO), como se de retalhos se tratasse, cortando nitidamente a foliação N120° destes últimos (Fig. 31) (Teixeira, 1970).

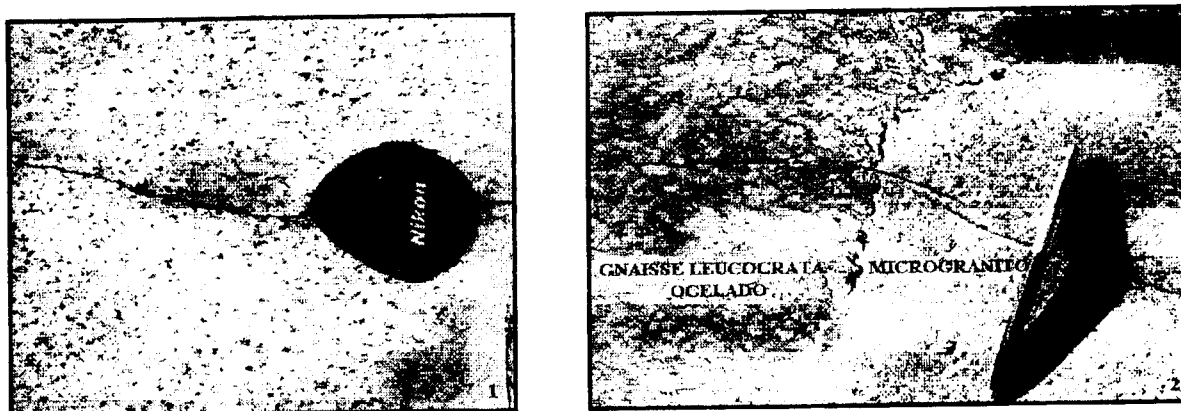


Figura 31 – Microgranito

1. Microgranito;
2. Contacto do Microgranito com o Gnaiss Leucocrata Ocelado

Teixeira (1970) e Marques M. et al. (1994) consideram que, estes filões ou massas intrusivas graníticas, não orientadas, já se encontrariam relacionadas com o granito de tendência porfíroide do Castelo do Queijo.

Segundo Teixeira (1970), o microgranito teria englobado fragmentos de gnaiss, tendo-se desenvolvido, em redor deste último, auréolas de reacção. Estas auréolas são visíveis nos contactos entre as duas litologias.

- **Metassedimentos - ULO**

Ao longo desta paragem surgem, como que dispersas por entre os gnaisses leucocratas ocelados, rochas metassedimentares.

São essencialmente micaxistos silimaníticos a que se associam, por vezes, anfíbolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos (Pereira E. & Ribeiro A., 1992; Noronha, 1994; Noronha e Leterrier, 1995; Pereira M., 1999; Noronha, 2000). Normalmente apresentam-se dobrados, sendo nítida a discordância existente entre as foliações presentes nos gnaisses e nos metassedimentos. Este facto torna-se mais evidente quando retalhos de rochas metassedimentares ocorrem no seio dos gnaisses leucocratas ocelados, o que atesta o carácter

intrusivo destes últimos (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998).

Existem zonas onde estes metassedimentos não se apresentam dobrados, evidenciando uma foliação nítida de direcção N120° (Fig. 30 – A). Note-se que esta foliação acaba por ser concordante com aquela existente dos GLO.

- **Anfibolitos - UGFD**

Embora sem representatividade cartográfica à escala utilizada no mapa da figura 30, corpos anfibolíticos, muitos com dimensões centimétricas, localizam-se principalmente no **local B** da suprarreferida figura.

Quer associadas aos gnaisses quer aos metassedimentos, estas rochas de cor negra – esverdeada, de grão médio a fino, exibem uma orientação marcada pelo alinhamento dos cristais de anfíbola (Assunção, 1962; Teixeira, 1970; Bravo & Abrunhosa, 1978; Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994; Noronha & Leterrier, 1995).

- **Gnaisse Leucocrata - UGFD**

Não são muitos os retalhos de gnaisse leucocrata existentes. Normalmente surgem sob a forma de pequenos filões que apresentam uma foliação de direcção N120°E, concordante com a foliação dos gnaisses leucocratas ocelados. Alguns destes gnaisses leucocratas possuem uma foliação incipiente (Borges et al., 1985, 1987) constituindo corpos estirados que se dispõem paralelamente à orientação geral da faixa metamórfica (N120°E) (Marques M. et al., 2000).

Petrograficamente estes gnaisses são, no seu conjunto, de composição granítica (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995) e essencialmente constituídos por quartzo + feldspato potássico + plagioclase + andaluzite ± silimanite (fibrolite) ± cordierite (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994).

Esta rocha surge nas imediações do contacto do gnaisse leucocrata ocelado com o gnaisse biotítico (Fig. 30 – C).

- **Aplito - Pegmatito**

Nas imediações do contacto entre o gnaisse leucocrata ocelado e os gnaisses biotíticos (Fig. 30 – C), surgem filões de uma rocha aplito-pegmatítica, que não possui uma orientação preferencial. Estes filões, que intruem claramente o GLO, cortam nitidamente a sua foliação, facto que sugere uma idade mais recente para os primeiros (Fig. 32).

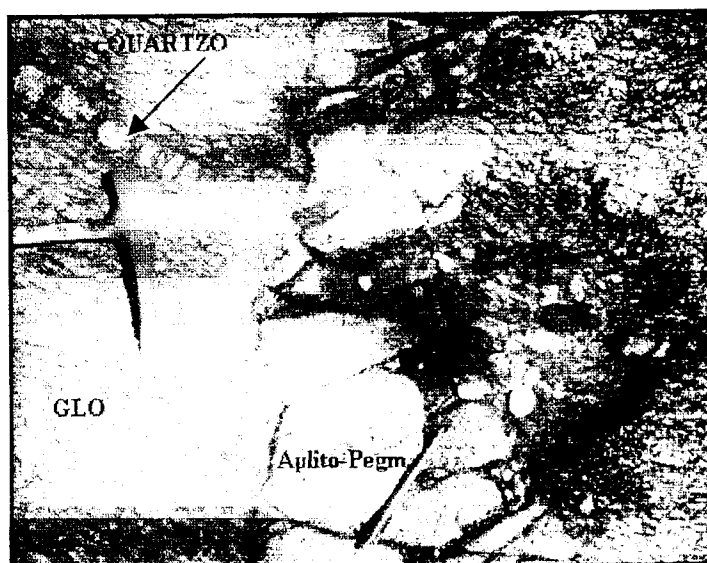


Figura 32 – Aplito-pegmatito a cortar a foliação dos GLO e um filão de quartzo.

Contactos Geológicos

São diversos os contactos geológicos existentes nesta paragem. Com o quadro 10 pretende-se efectuar a sua identificação e com a figura 33 a sua localização.

Quadro 10 – Localização dos contactos geológicos

LOCAL (veja-se Fig. 30)	CONTACTO GEOLÓGICO
B1	Gnaiss Leucocrata Ocelado – Metassedimentos
B2	Gnaiss Leucocrata Ocelado – Microgranito
B3	Metassedimentos – Microgranito
B4	Metassedimentos – Anfíbolito
B5	Microgranito – Anfíbolito
C1	Gnaiss Leucocrata Ocelado – Gnaiss Leucocrata
C2	Gnaiss Leucocrata Ocelado – Aplito-Pegmatito

O quadro 11 sintetiza as características de cada um dos contactos acima referidos.

Estruturas Geológicas

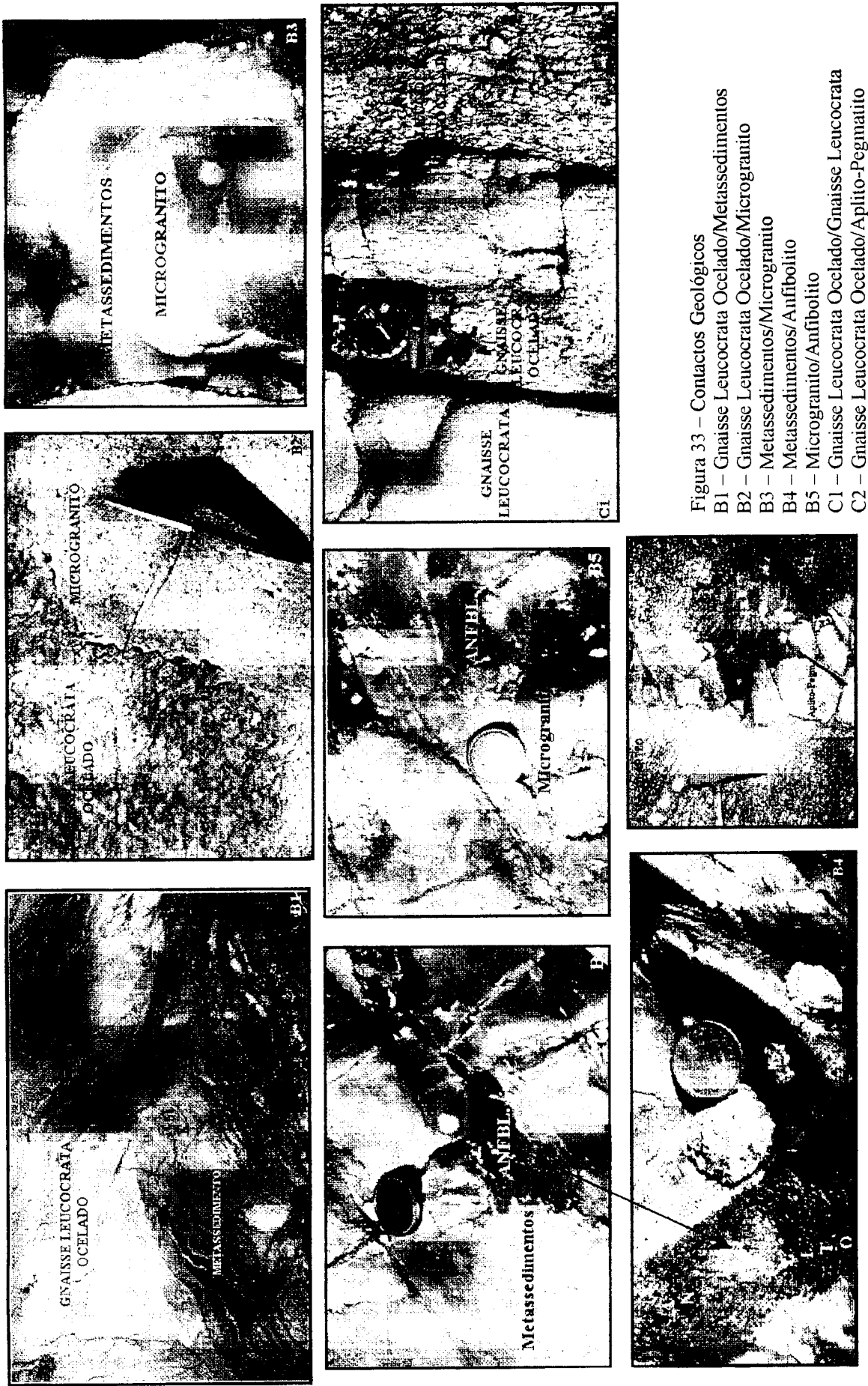
São três as estruturas geológicas, de grande interesse didáctico, que se podem observar: **filões, falhas e diaclases**.

• Filões

São bastante numerosos e de natureza distinta os filões desta paragem.

Como litologias mais comuns salienta-se o quartzo, o gnaiss leucocrata e o aplito-pegmatito, que à escala da figura 30 não possuem representação cartográfica. No quadro 12 encontram-se sintetizadas as suas características principais.

CONTACTOS GEOLÓGICOS



Quadro 11 – Síntese das características dos contactos geológicos

CONTACTO GEOLOGICO	DESCRIÇÃO
GLO – Metassedimentos	• Contacto bastante nítido, atendendo à diferença de tonalidade das duas rochas (GLO – cor clara; metassedimentos – cor escura); • O GLO apresenta os seus típicos ocelos e os metassedimentos não apresentam ocelos; • Ambas as rochas apresentam uma foliação de direcção N120°, embora em alguns locais os metassedimentos se apresentem dobrados.
GLO – Microgranito	• O GLO é claramente intruído pelo microgranito; • A foliação do gnaiss, de direcção N120°, é cortada pelo microgranito; • O microgranito não apresenta ocelos nem foliação e o GLO apresenta ocelos e uma foliação evidente;
GLO – Aplito-Pegmatito	• O aplito-pegmatito apresenta-se sob a forma de filões, não orientados, que cortam a foliação dos GLO e dos filões de quartzo neles existentes; • O aplito-pegmatito não apresenta ocelos nem foliação, ao contrário dos GLO.
GLO – Gnaiss Leucocrata	• Ambos possuem uma foliação com orientação aproximada de N120°. A diferença reside no facto de que o gnaiss leucocrata não possui ocelos. • O gnaiss leucocrata surge na forma de um filão.
Metassedimentos – Anfíbolito	• Os corpos anfibolíticos, de reduzidas dimensões, surgem dispersos por entre os metassedimentos. Existem, inclusive, zonas onde os metassedimentos como que contornam esses corpos; • Contacto bastante nítido atendendo à diferença de tonalidade (anfíbolito é bastante mais escuro); • O anfíbolito apresenta as suas anfíbolas bastante evidentes e orientadas (em forma de palhetas).
Metassedimentos – Microgranito	• A diferença de tonalidade destas rochas é bastante evidente (Metassedimentos – cor escura; Microgranito – cor clara); • A foliação dos metassedimentos é nitidamente cortada pelo microgranito; • O microgranito apresenta-se disperso por entre os metassedimentos.
Microgranito – Anfíbolito	• Diferença acentuada na tonalidade das duas rochas (Microgranito – cor clara; Anfíbolito – cor escura); • O anfíbolito apresenta anfíbolas orientadas (em forma de palhetas) ao contrário do microgranito que não apresenta orientação preferencial dos seus minerais; • O microgranito encontra-se a intruir os pequenos corpos anfibolíticos existentes nesta paragem.

Quadro 12 – Síntese das Principais Características dos Filões

NATUREZA DO FILÃO	CARACTERIZAÇÃO
Quartzo	• Bastante numerosos possuindo diferentes possanças de ordem centimétrica (Fig. 34); • Surgem normalmente associados aos GLO e aos metassedimentos; • Evidenciam a direcção da foliação das duas rochas anteriormente citadas ($\cong$ N120°); • São subverticais; • Em alguns locais encontram-se cortados por pequenas falhas.
Gnaiss Leucocrata	• Dois filões surgem nas imediações do contacto dos GLO com os GB*; • São concordantes com a foliação do GLO ($\cong$ N120°); • São subverticais; • Possuem uma foliação de direcção $\cong$ N120°; • Estão associados aos GLO.
Aplito-Pegmatito	• São dois os filões que surgem nas imediações do contacto entre os GLO e os GB* (Fig. 34); • Não possuem uma orientação definida; • São subverticais; • Estão associados aos GLO, sendo os mais recentes de todos os filões.

GB – Gnaiss Biotítico

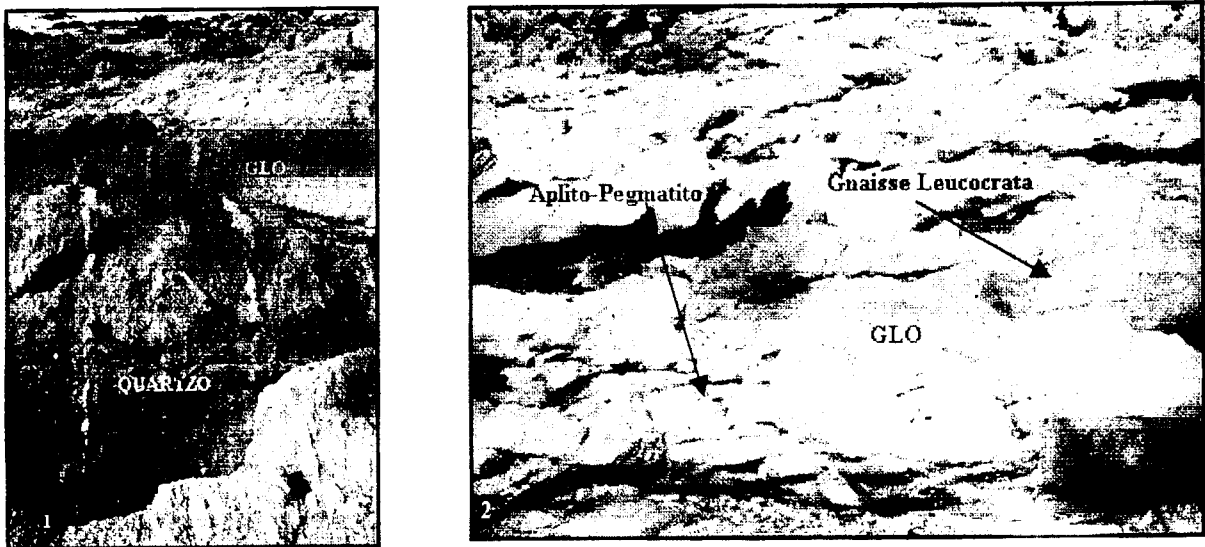


Figura 34 – Filões

1 – Filões de Quartzo no Gnaiss Leucocrata Ocelado (GLO).

2 – Filões de Aplito-Pegmatito e Gnaiss Leucocrata no seio do Gnaiss Leucocrata Ocelado (GLO).

• **Falhas**

São relativamente abundantes, no gnaiss leucocrata ocelado, filões de quartzo deslocados, por vezes, por pequenas falhas.

Devido ao bom nível de exposição evidenciado, foram seleccionadas três falhas principais, cujas características se encontram especificadas no quadro 13.

Quadro 13 – Características das Falhas e dos Filões Rejeitados

	FALHA 1	FALHA 2	FALHA 3
Localização	Fig. 30 – D	Fig. 30 – D	Fig. 30 – D
Direcções dos Filões Rejeitados	N110°	N114°	N104°
Inclinação dos Filões	Subvertical	Subvertical	Subvertical
Possança Média dos Filões	4,5 centímetros	3,5 centímetros	4 centímetros
Atitude da Falha	N20°, 62° WNW	N189°, subvertical	N175°, subvertical
Rejeito Horizontal	40 centímetros	2 centímetros	37 centímetros
Sentido do Movimento	Falha Direita	Falha Direita	Falha Direita
Figura	35	36	37

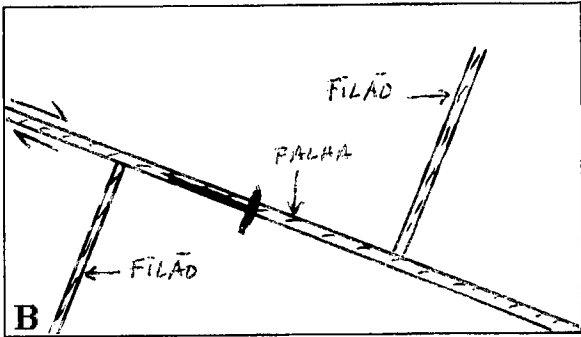


Figura 35 – Falha 1
A – Aspecto da Falha
B – Representação Esquemática

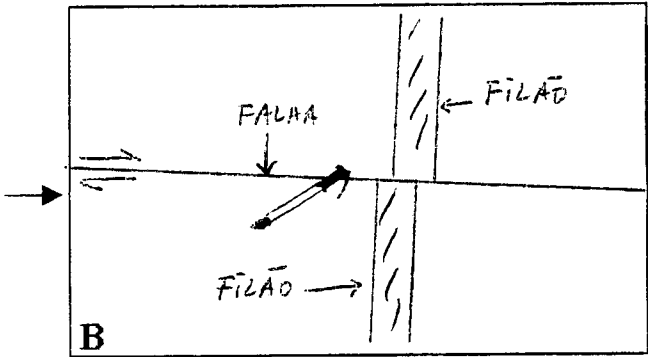


Figura 36 – Falha 2
A – Aspecto da Falha
B – Representação esquemática

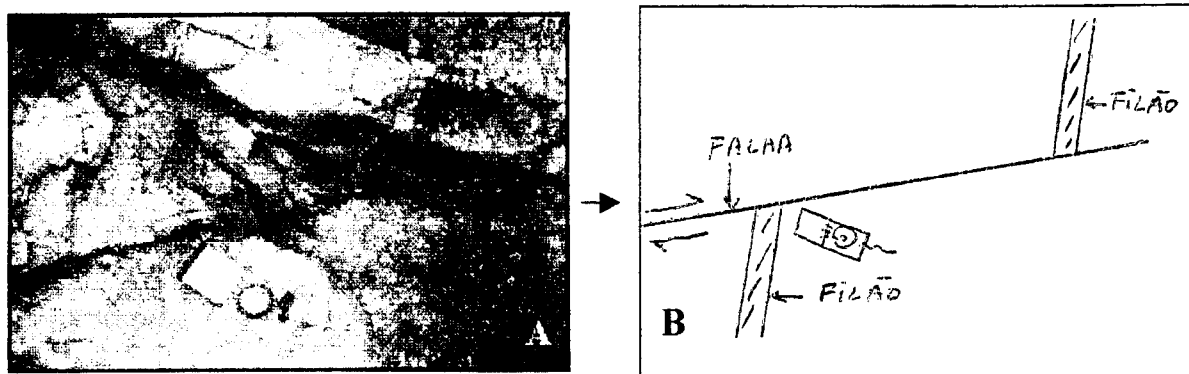


Figura 37 – Falha 3
A – Aspecto da Falha
B – Representação esquemática

Diaclases

As diaclases são superfícies planas (ou aproximadamente planas) bastante evidentes no gnaiss leucocrata ocelado, nomeadamente nas imediações do contacto desta rocha com os metassedimentos, a norte na Praia do Castelo do Queijo (Fig. 30 – A).

Para definir famílias de diaclases e caracterizar de forma estatística a sua atitude, foi novamente utilizado um modelo que se baseou na técnica de amostragem linear de superfícies de descontinuidade (Chaminé & Gaspar, 1995). Para o estabelecimento destas famílias de descontinuidades recorreu-se a um diagrama de densidade de pólos (estereograma de Schmidt-Lambert; hemisfério inferior) e a um diagrama de rosetas (Loczy & Ladeira, 1981; Davis & Reynolds, 1996) (Fig. 38).

Para a concretização desta análise, foi efectuado um estudo em área que contou com a medição de 300 atitudes destas superfícies.

Com base na análise do diagrama de rosetas (Fig. 38 – 1), verifica-se a existência de várias famílias de diaclases. A família com maior frequência orienta-se segundo a direcção NE-SW. Estão ainda presentes as famílias com a orientação N-S e NW-SE.

A análise do estereograma Schmidt-Lambert (Fig. 38 – 2) revela que a maior densidade de pólos localiza-se numa área do diagrama cujo centro geométrico corresponde, aproximadamente, ao polo de atitude $45^\circ \rightarrow N130^\circ E$. A este polo corresponde, por sua vez, um plano com atitude $N40^\circ E$; $45^\circ NW$. Menos importantes, mas dignas de registo, são as áreas de maior concentração de pólos cuja atitude do seu centro geométrico é próxima de $50^\circ \rightarrow N312^\circ E$; $61^\circ \rightarrow N298^\circ E$; $55^\circ \rightarrow N265^\circ E$; $40^\circ \rightarrow N219^\circ E$ e $0^\circ \rightarrow N70^\circ E$. A estes pólos correspondem, por sua vez, planos com atitude $N42^\circ E$; $40^\circ SE$, $N28^\circ E$; $29^\circ SE$, $N175^\circ E$; $35^\circ E$, $N129^\circ E$, $50^\circ NE$ e $N160^\circ E$; subvertical, respectivamente.

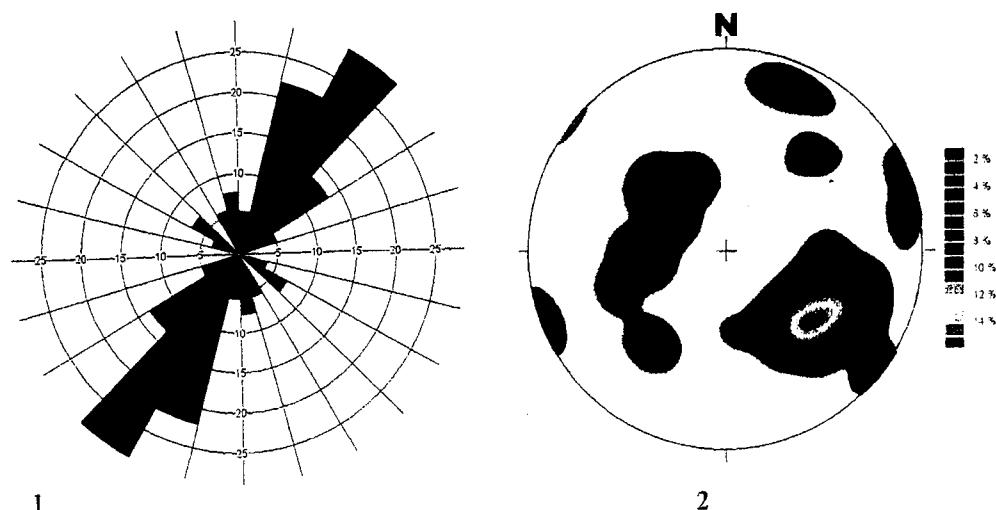


Figura 38 – Tratamento geoestatístico das atitudes das 300 diaclases medidas no Gnaiss Leucocrata Ocelado
 1. Diagrama de Rosetas;
 2. Estereograma Schmidt-Lambert; hemisfério inferior.

Aspectos Geomorfológicos

A paragem dois particulariza-se pelo facto de ser a mais extensa das seis paragens previstas neste trabalho. Inicia-se na Praia do Castelo do Queijo, no contacto do gnaisses leucocratas ocelados (GLO) com os metassedimentos da unidade de Lordelo do Ouro, e termina a sul, nas imediações do contacto dos GLO com os gnaisses biotíticos (GB).

Trata-se de um afloramento essencialmente constituído por ortognaisses, encontrando-se poucos metros acima do nível do mar (entre 2 a 3 metros).

Embora a área seja extensa, caracteriza-se, salvo raras excepções, pela **total ausência de praia**. A figura 39 ilustra este facto.



Figura 39 – Total ausência de praia na paragem dois

Devido à ausência de praia, as rochas encontram-se sob forte erosão marinha. Apesar dos afloramentos normalmente se encontrarem emersos, mesmo com a maré cheia, na época das marés vivas e de mar mais revoltoso não é possível visualizar todas as litologias. Nessas alturas, o mar precipita-se sobre quase todas as rochas, acentuando a delineação de estruturas como as **marmitas litorais**.

As marmitas litorais surgem com variados diâmetros e profundidades. Isoladas ou em grupo, a altitude a que se estabelecem é muito variável, estendendo-se desde o nível do mar até a poucos metros de altitude (Fig. 40).

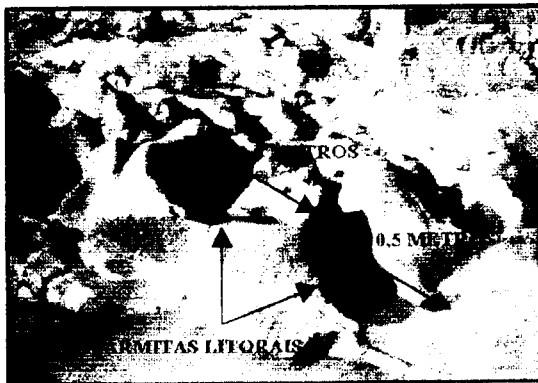


Figura 40 – Marmitas Litorais

Alguns locais desta pequena faixa litoral, encontram-se francamente erodidos, conferindo ao GLO um aspecto polido. Este aspecto permite observar com extrema facilidade as muitas marmitas aí formadas. A facilidade de formação de marmitas ocorre pelo facto do GLO se encontrar quase ao nível da água do mar (Fig. 41). Note-se que, algumas são coalescentes.



Figura 41 – Erosão Marinha

Como curiosidade, nas imediações do local D da figura 30 encontra-se uma nascente de água doce que, segundo os frequentadores daquele local, “não seca durante todo o ano. Porém, ao contrário de outros anos, já não é possível beber daquela água, pois encontra-se poluída”.

Paragem 3: Praia do Homem do Leme

O Gnaiss Biotítico – Rochas e Estruturas Associadas

Litologias

A terceira paragem inicia-se no contacto dos GB com os GLO, a norte, e termina no Porto de Carreiros (Molhe), a sul. É constituída por um variado leque de litologias, onde o domínio do Gnaiss Biotítico (GB) é claramente evidente. A figura 42, conjuntamente com o quadro 14, sintetizam esses conjuntos litológicos.

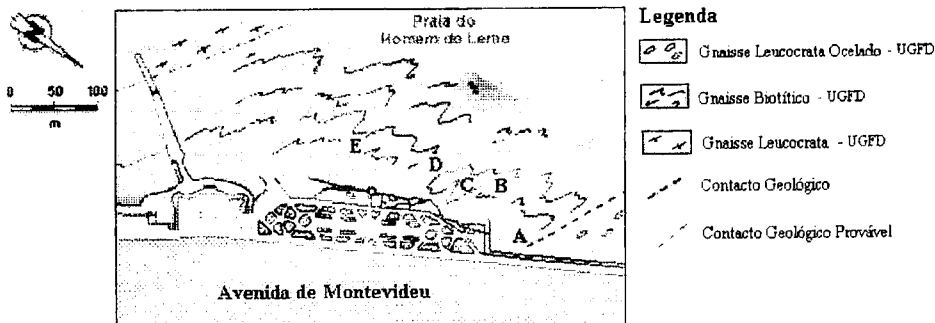


Figura 42 – Mapa geológico da paragem três (adaptado de Borges et al., 1985,1987; Marques M. et al., 2000)
A, B, C, D e E – Contactos litológicos referidos no texto.

Quadro 14 – Litologias

LITOLOGIAS	REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA (veja-se Fig. 42)
Gnaiss Biotítico – UGFD	Sim
Gnaiss Leucocrata – UGFD	Sim
Metassedimentos – ULO	Não
Pegmatito	Não

• Gnaisses Biotíticos - UGFD

Os gnaisses biotíticos afloram no sector central do CMFD entre a praia da Sr.^a da Luz e a praia do Homem do Leme, constituindo a mais extensa mancha gnáissica da UGFD. Ocorrem normalmente associados a rochas metassedimentares, anfíbolitos e aos gnaisses leucocratas cuja foliação (incipiente) intersecta, em muitos dos casos, a foliação dobrada dos primeiros, orientando-se, com frequência, paralelamente aos planos axiais das suas dobras (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994, 2000).

Os GB são rochas mesocratas de composição tonalítica, evidenciando, por vezes, diferenciações mais leucocratas. Constituídos essencialmente por quartzo, plagioclase, biotite e granada, não apresentam feldspato potássico, andaluzite e/ou cordierite e silimanite (fibrolite) (Borges et al, 1985, 1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 1994, 2000; Noronha e Leterrier, 1995; Leterrier e Noronha, 1998; Marques M. et al., 2000; Chaminé et al., 2000). A percentagem de biotite é variável, ocorrendo em concentrações mais ou menos importantes, principalmente nas zonas onde os metassedimentos são mais abundantes. Ao microscópio observam-se duas foliações definidas por este mineral. A granada presente nesta rocha será, provavelmente, almandina (Borges et al., 1985, 1987).

É importante ainda referir que estes gnaisses, conjuntamente com as outras litologias aqui presentes, evidenciam uma grande deformação.

• Gnaisses Leucocratas - UGFD

Embora com representação cartográfica ao nível da figura 42, esta litologia só é claramente visível na zona do Molhe de Carreiros, já em ambiente aquático. Somente existem retalhos desta rocha na praia do Homem do Leme.

Petrograficamente estes gnaisses possuem uma composição granítica (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995). São essencialmente constituídos por quartzo + feldspato potássico + plagioclase + andaluzite $\pm$ silimanite (fibrolite) $\pm$ cordierite (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994). A deformação é comum em todas as rochas leucocratas, sobrepondo-se o estiramento a qualquer outro tipo de deformação (Borges et al., 1985, 1987).

Estas rochas ocorrem normalmente associadas aos gnaisses biotíticos (Marques M. et al., 2000), apresentando, por vezes, uma foliação incipiente. Cortam a foliação dobrada dos gnaisses biotíticos e são frequentemente paralelos às suas estruturas de plano axial. A semelhança entre a estrutura destas duas rochas e a dos filões que ocorrem nos gnaisses leucocratas de tendência ocelada, parece indicar uma relação estreita entre elas (Borges et al., 1985, 1987).

As relações espaciais entre as diferentes fácies podem ser observadas em alguns pontos desta faixa. A presença de diferenciações leucocratas no seio da fácies biotítica, assim como as estruturas mesoscópicas por elas apresentadas, leva-nos a considerá-las relacionadas com os gnaisses leucocratas de tendência ocelada, acima referidos. Por outro lado, o dobramento de ambas as fácies gnaissicas é nitidamente o mesmo, sendo portanto de admitir que se tratam de rochas afectadas pelas mesmas acções tectónicas (Borges et al., 1985, 1987).

• **Metassedimentos – ULO**

São essencialmente micaxistos silimaníticos a que se associam, por vezes, anfíbolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos (Pereira E. & Ribeiro A., 1992; Noronha, 1994, 2000; Noronha e Leterrier, 1995; Pereira M., 1999). Normalmente apresentam-se dobrados, sendo nitida a discordância existente entre as foliações presentes nos gnaisses e nos metassedimentos. Este facto torna-se mais evidente quando retalhos de rochas metassedimentares ocorrem no seio dos gnaisses biotíticos, o que atesta o carácter intrusivo destes últimos (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998). Esta último ponto é um dos aspectos mais característicos desta paragem. Frequentemente é visível esta alternância de litologias, conferindo, em determinadas zonas, uma grande complexidade.

• **Pegmatito**

Esta rocha não possui representação cartográfica à escala do mapa da figura 42. Surge como um pequeno corpo associado às sequências gnaissicas, apresentando cristais de quartzo e feldspato potássico muito bem desenvolvidos (Fig. 43).

Note-se que Teixeira (1970) já alertara para a existência de “uma massa pegmatítica, com grandes cristais de feldspato...na praia, a meia distância entre o Molhe e a estação de Biologia”.



Figura 43 – Contacto entre o Pegmatito e o GB

Contactos Geológicos

São diversos os contactos geológicos que ocorrem na terceira paragem. Com o quadro 15 pretende-se efectuar a sua identificação e com a figura 42 a sua localização.

Quadro 15 – Localização dos contactos geológicos

LOCAL (veja-se Fig. 42)	CONTACTO GEOLÓGICO
A	Gnaiss Biotítico – Gnaiss Leucocrata Ocelado
B	Gnaiss biotítico – Gnaiss Leucocrata
C	Gnaiss Biotítico – Pegmatito
D	Gnaiss Biotítico – Metassedimentos
E	Metassedimentos – Gnaiss Leucocrata

A paragem três possui um conjunto de cinco contactos geológicos com interesse didáctico. No quadro 16 sintetiza-se as suas características e na figura 44 a sua visualização.

Estruturas Geológicas

São três as estruturas geológicas, de grande interesse didáctico, que se podem observar na paragem três: **uma falha provável, filões e uma dobra tipo.**

• Falha Provável

O contacto entre o gnaiss leucocrata ocelado e o gnaiss biotítico poderá efectuar-se a partir de uma falha provável de direcção N120° (Fig. 45). Esta falha, a existir, encerra em si um alto valor didáctico visto que, embora não seja possível observar os seus limites, assim como o sentido de movimentação dos blocos de rocha, professores e alunos poderão verificar que a cartografia geológica obedece muitas vezes a exercícios de abstracção, que conduzem à construção de mapas geológicos, como o da figura 42.

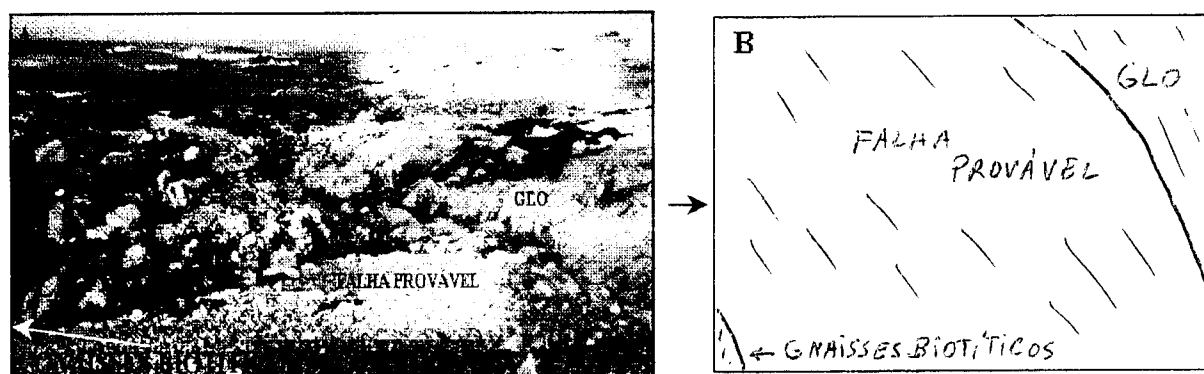


Figura 45 – Falha Provável

A – Localização no terreno

B – Representação esquemática

• Filões

São dois os filões de gnaiss leucocrata que merecem uma análise mais aprofundada.

✓ Filão 1

Na figura 42 – C existe um filão que se apresenta inclinado. Nesse sentido, será uma excelente oportunidade para os alunos aplicarem os seus conhecimentos sobre o manuseamento da bússola.

Quadro 16 – Síntese das características dos contactos geológicos

CONTACTO GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO
Gnaiss Biotítico / Gnaiss Leucocrata Ocelado	• Não é possível observar um contacto directo entre os dois gnaisses; • Muito provavelmente, este contacto efectuar-se-á através de uma falha de direcção N120°; • O local correspondente à hipotética caixa de falha, apresenta material de cor escura muito alterado (milonitizado) e deformado;
Gnaiss Biotítico / Pegmatito	• O Pegmatito instalou-se discordantemente com o gnaiss biotítico; • Esta litologia corta nitidamente a foliação do gnaiss biotítico; • O facto anterior permite-nos supor que, em termos relativos, o pegmatito é mais recente que o gnaiss biotítico.
Gnaiss Biotítico / Gnaiss Leucocrata	• O gnaiss leucocrata encontra-se normalmente associado ao gnaiss biotítico a partir de pequenos filões de dimensões centimétricas que, em determinadas zonas, se apresentam dobrados; • O contacto entre as duas litologias é bastante nítido, devido à sua diferença de tonalidade (gnaiss biotítico – tonalidade escura; gnaiss leucocrata – tonalidade clara); • É evidente o facto dos gnaiss leucocratas cortarem a foliação dobrada dos gnaisses biotíticos. Porém, existem locais onde aparentemente a foliação dos dois gnaisses parece ser concordante; • O gnaiss biotítico ao evidenciar diferenciações mais leucocratas, poderá induzir a alguns erros de análise no campo.
Gnaiss Biotítico / Metassedimentos	• Estes últimos apresentam-se como uma rocha de cor escura (mais escura que os gnaisses biotíticos) e com a particularidade de, em certos locais, possuírem no seu interior outras litologias presentes nesta faixa litoral, nomeadamente gnaisses; • É nítida a grande deformação patenteada pelos metassedimentos, inclusive nos materiais que se encontram incluídos no seu interior; • Apesar da sua forte deformação, os metassedimentos, em determinadas zonas, como que apresentam uma foliação, que possui uma direcção aproximadamente igual a N115°; • No afloramento que se situa em frente à esplanada do Homem do Leme, surge uma curiosa relação de campo entre estas duas litologias. Os metassedimentos apresentam-se como uma rocha de grão fino que é intruída pelos gnaisses biotíticos. Estes gnaisses como que cortam os metassedimentos, demonstrando, em termos relativos, que são mais recentes que estes últimos;
Gnaiss leucocrata / Metassedimentos	• Contacto entre um pequeno filão dobrado de gnaiss leucocrata, de possança centimétrica, com uma banda de metassedimentos; • O contacto é nítido, visto que ambas as rochas apresentam diferentes tonalidades (gnaiss leucocrata: tonalidade clara; metassedimentos: tonalidade escura); • O gnaiss apresenta uma foliação evidente.

CONTACTOS GEOLÓGICOS

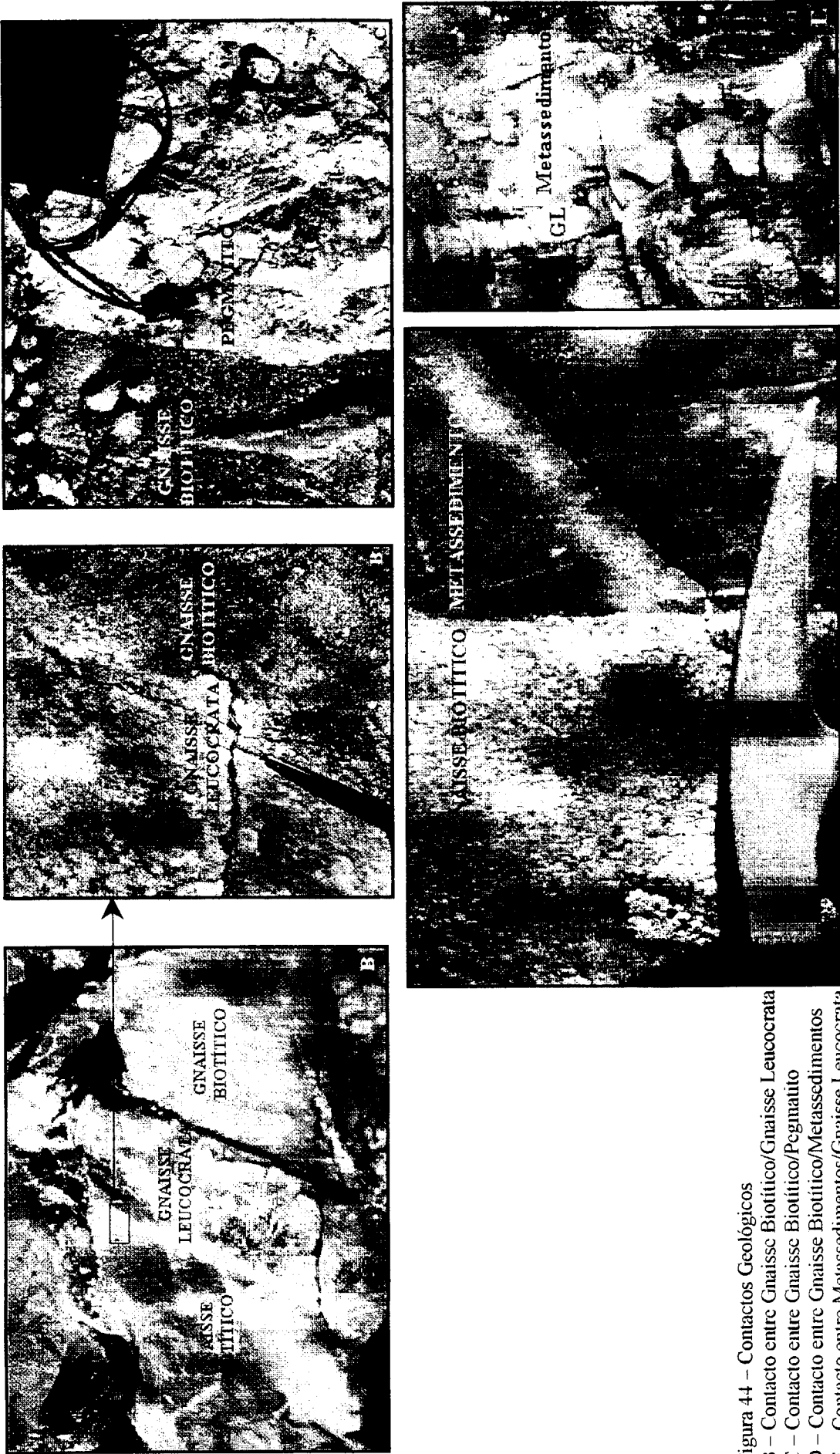
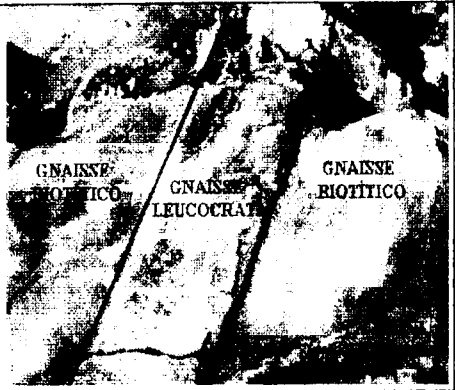


Figura 44 – Contactos Geológicos
B – Contacto entre Gnaiss Biotítico/Gnaiss Leucocrata
C – Contacto entre Gnaiss Biotítico/Pegmatito
D – Contacto entre Gnaiss Biotítico/Metasedimentos
E – Contacto entre Metasedimentos/Gnaiss Leucocrata

Note-se que o filão 1 encontra-se encaixado no gnaiss biotítico, proporcionando um excelente contacto. Com o quadro 17 e a figura 46 pretende-se sintetizar as suas principais características.

Quadro 17 – Características do Filão Um

CARACTERÍSTICAS		FIGURA 46 ^a
Localização	Fig. 42 – C	
Direcção	N120°	
Inclinação	62° SSW	
Possança média em cm	41 cm	

a – Filão de gnaiss leucocrata encaixado entre o gnaiss biotítico.

✓ Filão 2

Situa-se no local E da figura 42.

O seu interesse didáctico prende-se com o facto de se apresentar dobrado, apesar da sua possança. A figura 47 evidencia claramente a forma desse filão a intruir por entre os metassedimentos.



Figura 47 – Gnaiss leucocrata dobrado

• **Dobra**

Localizada no gnaiss biotítico, nas imediações do local E da figura 42, esta estrutura apresenta todas as regiões distintas que permitem caracterizar genericamente uma dobra: dois flancos e uma zona de charneira.

Numa área com de excelentes acessos, é possível estudar “*in situ*” os seus principais elementos constituintes, visto que se apresentam de forma evidente.

Não se pretende aqui efectuar uma análise sistemática da deformação, particularmente das dobras, visto que esse facto iria desvirtuar a real essência deste trabalho. Somente se procuram evidenciar aspectos extremamente didácticos, que ajudem os professores a desenvolverem as melhores estratégias para a consecução das suas aulas.

A figura 48 conjuntamente com o quadro 18 procuram-se sistematizar e sintetizar as principais características desta estrutura geológica.

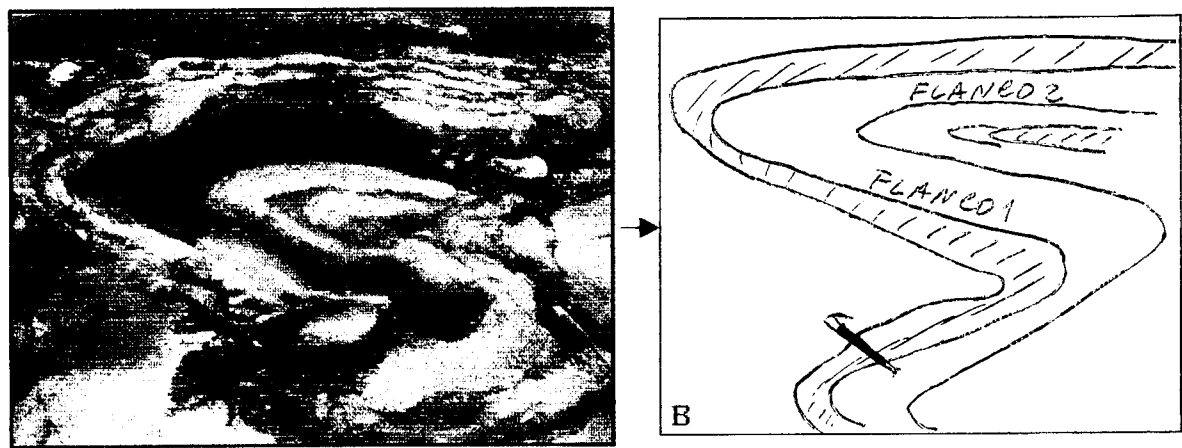


Figura 48 – Dobra
A – Aspecto no terreno;
B – Representação esquemática

Quadro 18 – Caracterização da Dobra

CARACTERIZAÇÃO DA DOBRA	
Atitude do Flanco 1 (Fig. 48 – B)	N122°; 64° SW
Atitude do Flanco 2 (Fig. 48 – B)	N105°; 64° SW
Atitude do Plano Axial	N114°; 70° SW
Atitude do Eixo da Dobra	63° → N200°
Abertura da Dobra ¹¹ (segundo Fleuty, citado por Borges, 1984a)	Apertada

Aspectos Geomorfológicos

Ao contrário das outras duas paragens, a paragem três caracteriza-se por possuir uma significativa parcela de areia, materializada pela praia do Homem do Leme. É um local com areias de diferentes granulometrias (mais grosseira na zona de rebentação e mais fina na zona de antepraia), que se estende desde o contacto dos gnaisses biotíticos com os gnaisses leucocratas ocelados até ao Porto de Carreiros (vulgo, Molhe).

¹¹ Segundo Fleuty, citado por Borges (1984a), uma dobra apertada é aquela cujo ângulo de abertura se situa entre os 0° e os 30°.

A maior acumulação de areia verifica-se no lado norte do Porto de Carreiros, facto que contrasta com a zona a sul, onde as praias são inexistentes ou bastante mais pobres nestes inertes. A explicação para este fenómeno poderá ser devida à disposição no Porto de Carreiros. Este funcionará como uma estrutura transversal (tipo esporão), que interrompe o trânsito normal de areias (Dias, 1990). Estas acumular-se-ão contra o Molhe, no lado montante (relativamente ao sentido da deriva litoral), verificando-se uma propagação e incremento da erosão na zona a juzante do suprarreferido Porto, devido a esta retenção de areias a norte (Dias, 1990; Press & Siever, 1998) (Fig. 49).



Figura 49 – Porto de Carreiros (Molhe) (Jorge et al., 2000)

O areal do Homem do Leme encontrar-se, ainda, protegido da acção do mar por grandes afloramentos de gnaiss biotítico. Só em zonas restritas é possível um contacto directo entre a praia propriamente dita, e o mar (Fig. 50).

Normalmente, a praia apresenta declives bastante suaves, podendo, em determinados locais, existir um acentuado desnível (da ordem dos 1,5 a 2 metros) entre a zona de antepraia e a zona de rebentação (Fig. 51). Este fenómeno é claramente visível durante a baixa-mar.



Figura 50 – Areal protegido pelo gnaiss biotítico



Figura 51 – Desnível de 1,5 a 2 m

Curioso é o facto de, nesta paragem surgirem novamente marmitas litorais associadas a uma nítida e inevitável erosão marinha sobre as rochas gnaissicas.

Paragem 4: Praia de Gondarém

O Anfibolito da Praia de Gondarém – Rochas e Estruturas Associadas

Litologias

A quarta paragem inicia-se logo após a praia de Gondarém e estende-se até norte da praia da Sr.^a da Luz. As figuras 52 e 53 e o quadro 19 localizam e sintetizam as litologias.

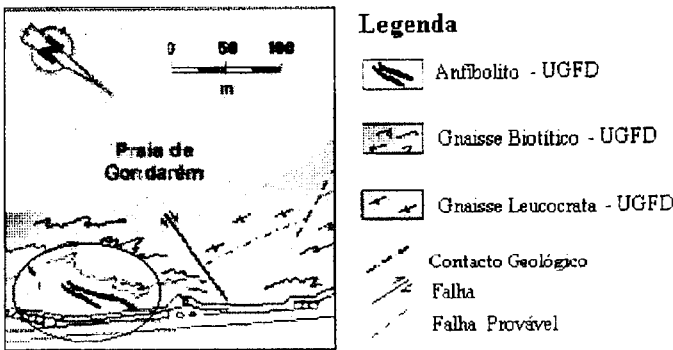


Figura 52 - Mapa geológico da zona da praia de Gondarém (adaptado de Borges et al., 1985,1987; Marques M. et al., 2000)

Quadro 19 – Litologias

Litologias	Representatividade Cartográfica (Fig. 52)
Anfibolito – UGFD	Sim
Gnaisses Biotíticos – UGFD	Sim
Gnaiss Leucocrata – ULO	Sim
Quartzo	Não

• Anfibolito - UGFD

No CMFD existem corpos anfibolíticos de dimensões e formas variadas, envolvidos por ortognaisses e metassedimentos. São corpos homogéneos e raramente bandados, que exibem normalmente contactos bem definidos (Fig. 53) (Bravo & Abrunhosa, 1978).

O corpo anfibolítico da praia de Gondarém, apresenta uma cor negro-esverdeada de granularidade média a fina, onde se observa uma orientação predominantemente traduzida pelo alongamento dos cristais de anfíbola (Bravo & Abrunhosa, 1978; Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994). Na zona norte do afloramento, a direcção deste alinhamento é de N160° E, rodando para N60° E no sector sul. Esta inflexão resulta de um dobramento de eixo mergulhante 60° a 80° para N310° E a N320° E, evidenciado, na zona central do anfibolito, por magníficas dobras métricas (Borges et al., 1985, 1987).

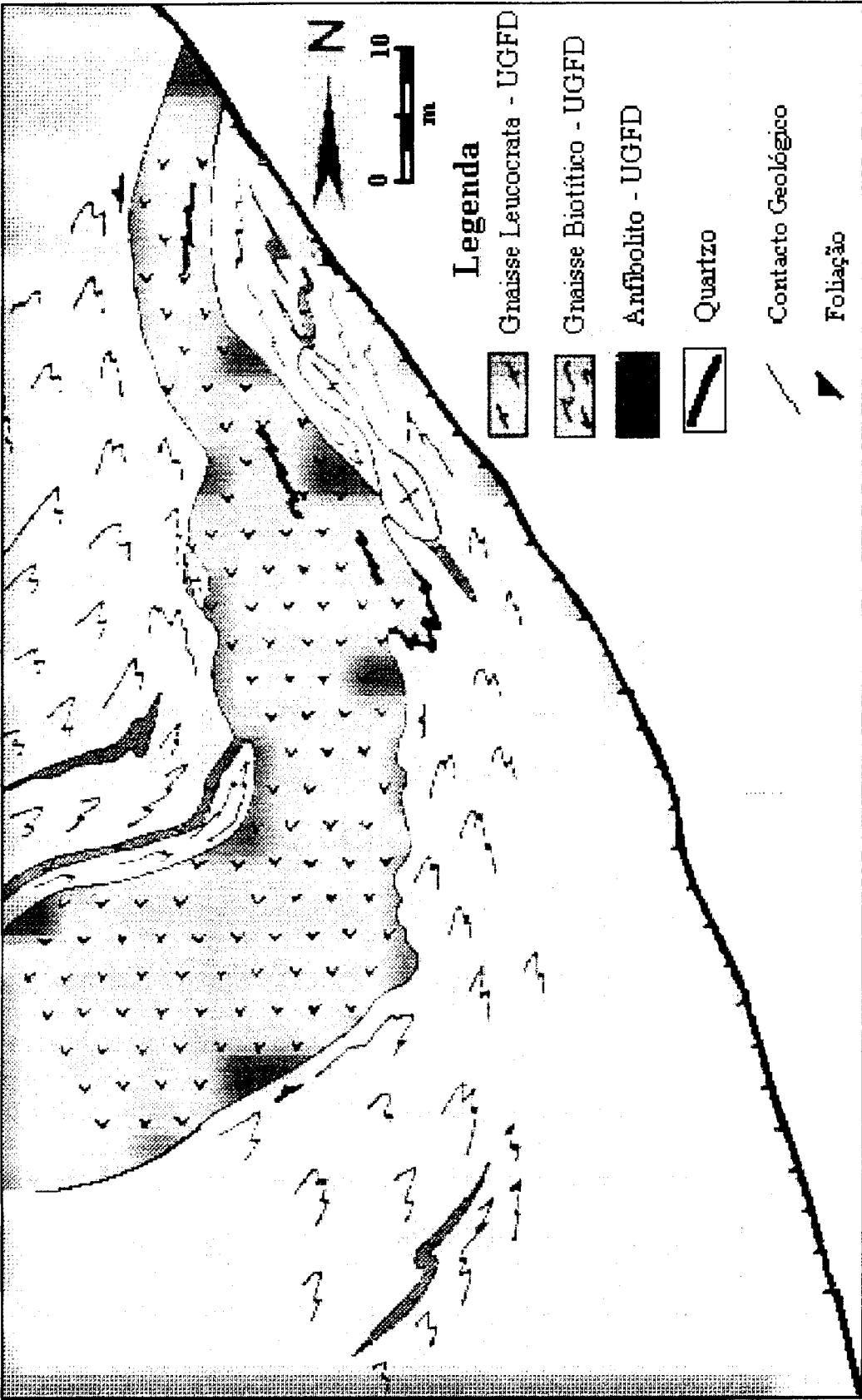


Figura 53 – Esboço Geológico da Paragem Quatro (modificado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)

Localmente, graças à presença de estreitos filonetes de quartzo distribuídos no seio do corpo anfibolítico, é ainda possível observar um microdobramento isoclinal anterior ao dobramento regional (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

A textura é nematoblástica evidenciando tendência granonematoblástica nas variedades de maior granularidade. Neste último tipo abundam cristais de anfíbola subédricos, alongados, com inclusões vermiculares poecilíticas de plagioclase, demonstrando recristalização conjunta. Os minerais essenciais são a hornblenda verde magnésiana e a plagioclase cálcica. Associada à anfíbola existe, acessoriamente, diópsido, apatite, esfena, quartzo, um carbonato, um mineral do grupo do epidoto e plagioclase saussoritizada (Bravo & Abrunhosa, 1978).

Estes anfibolitos apresentam composição química de basaltos deprimidos do tipo MORB (“Mid-Ocean Ridge Basalts”) e uma idade modelo de 1,05 Ga (Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998).

- **Gnaisses Biotíticos - UGFD**

São rochas mesocratas de composição tonalítica, evidenciando, por vezes, diferenciações mais leucocratas. Constituídos essencialmente por quartzo, plagioclase, biotite e granada, não apresentam feldspato potássico, andaluzite e/ou cordierite e silimanite (fibrolite) (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 1994; Noronha e Leterrier, 1995; Leterrier e Noronha, 1998; Noronha, 2000; Marques M. et al., 2000; Chaminé et al., 2000). Ocorrem normalmente associados a rochas anfibolíticas, metassedimentares e a gnaisses leucocratas (Fig. 53) (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994, 2000).

Esta litologia, cuja idade corresponde ao Prê-cambriço superior, terá tido uma origem profunda com contribuição de uma fonte mantélica (Noronha & Leterrier, 1995).

- **Gnaisse Leucocrata - UGFD**

São pouco significativos os retalhos de gnaisse leucocrata nesta paragem. Surgem sob a forma de pequenos filões alongados, associados, normalmente, ao gnaisse biotítico. É notório evidenciar a existência de contactos com diferentes litologias em zonas muito restritas (Fig. 53).

Petrograficamente apresentam uma composição granítica (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994; Noronha & Leterrier, 1995, Noronha, 2000) e são essencialmente constituídos por quartzo + feldspato potássico + plagioclase + andaluzite ± silimanite (fibrolite) ± cordierite (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994).

• **Quartzo**

Surge sob a forma de pequenos filões passíveis de serem cartografados. Não possuem uma orientação definida, encontrando-se nitidamente dobrados. Normalmente estão associados ao grande corpo anfibolítico, intruindo-o ou bordejando-o.

Na cartografia de pormenor, figura 54, é possível efectuar a sua localização.

Contactos Geológicos

Com os quadro 20 e 21 e a figura 54 pretende-se descrever e localizar os cinco contactos geológicos desta paragem.

Quadro 20 – Localização dos contactos geológicos

LOCAL (veja-se Fig. 54)	CONTACTO GEOLÓGICO
A	Anfibolito – Gnaiss Biotítico
B	Anfibolito – Gnaiss Leucocrata
C	Anfibolito – Quartzo
D	Gnaiss Biotítico – Quartzo
E	Gnaiss Biotítico – Gnaiss Leucocrata

Estruturas Geológicas

Podem-se estudar, essencialmente, **dobras e dobras/falha**.

• **Dobras**

Embora em número significativo, são quatro as dobras estudadas, quer pelo seu valor didáctico, quer pela sua clareza e facilidade de estudo.

Estas estruturas encontram-se localizadas nos locais A, B e C da figura 55. Com o quadro 22 pretende-se efectuar a síntese das características principais de cada uma delas.

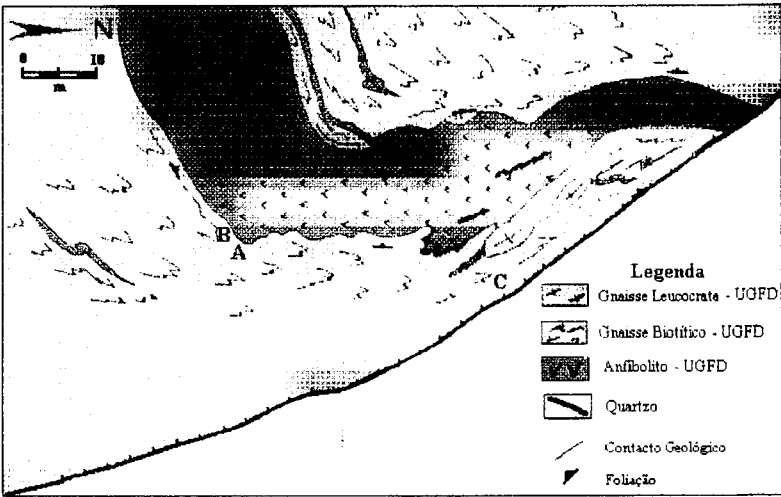


Figura 55 – Esboço Geológico da Paragem Quatro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000).

Quadro 21 – Síntese das características dos contactos geológicos

CONTACTO GEOLOGICO	DESCRIÇÃO
Anfibolito – Gnaiss Biotítico	• O grande corpo anfibolítico é claramente bordejado pelo gnaiss biotítico, onde este último alterna nitidamente com retalhos dessa rocha; • No gnaiss biotítico é possível observar-se o dobramento regional conjuntamente com os metassedimentos associados, onde a atitude das suas dobras coincide com a atitude do dobramento maior observado nos anfibolitos (Borges et al., 1985, 1987); • As duas rochas distinguem-se com bastante facilidade, visto que apresentam tonalidades e características muito próprias: ✓ O anfibolito possui uma tonalidade mais escura quando comparado com o gnaiss biotítico, mais claro; ✓ O gnaiss biotítico apresenta uma foliação dobrada bastante evidente; ✓ O anfibolito distingue-se facilmente do gnaiss biotítico pela presença e clara orientação dos cristais de anfibolas.
Anfibolito – Gnaiss Leucocrata	• A distinção entre estas duas rochas baseia-se basicamente, ao nível do afloramento, pela tonalidade e pela presença ou não de foliação: ✓ O anfibolito é nitidamente mais escuro que o gnaiss leucocrata; ✓ O anfibolito possui cristais de anfibola orientados; ✓ O gnaiss leucocrata possui uma foliação evidente. • Na figura 53 existe um local onde o gnaiss leucocrata encontra-se bordejado por anfibolito. Trata-se de um facto pouco comum, visto que o primeiro se encontra normalmente associado ao gnaiss biotítico.
Anfibolito – Quartzo	• O quartzo apresenta-se no interior do anfibolito na forma de filões dobrados (de dimensões centimétricas) e em filonetes dobrados. Existem zonas onde estes filões bordejam o extenso corpo anfibolítico (Borges et al., 1985, 1987); • A distinção entre as duas litologias baseia-se na tonalidade (anfibolito: cor escura; quartzo: cor clara); • Em determinados locais o quartzo pode ser confundido com gnaiss leucocrata. Porém, apesar da sua tonalidade, este último apresenta uma foliação evidente.
Gnaiss Biotítico – Quartzo	• Situa-se numa estreita franja, entre o gnaiss biotítico e o anfibolito; • Tal como no caso anterior, a distinção entre as duas litologias baseia-se no facto de: ✓ O quartzo apresentar cor clara e o gnaiss biotítico cor escura; ✓ O gnaiss biotítico apresentar uma foliação evidente dobrada.
Gnaiss Biotítico – Gnaiss Leucocrata	• O gnaiss leucocrata encontra-se normalmente associado ao gnaiss biotítico a partir de corpos estirados que, em determinadas zonas, se apresentam dobrados; • O contacto entre as duas litologias é bastante nítido, devido à diferença de tonalidade (gnaiss biotítico – tonalidade escura; gnaiss leucocrata – tonalidade clara); • O gnaiss biotítico ao evidenciar diferenciações mais leucocratas, poderá induzir a alguns erros de análise no campo.

CONTACTOS GEOLÓGICOS

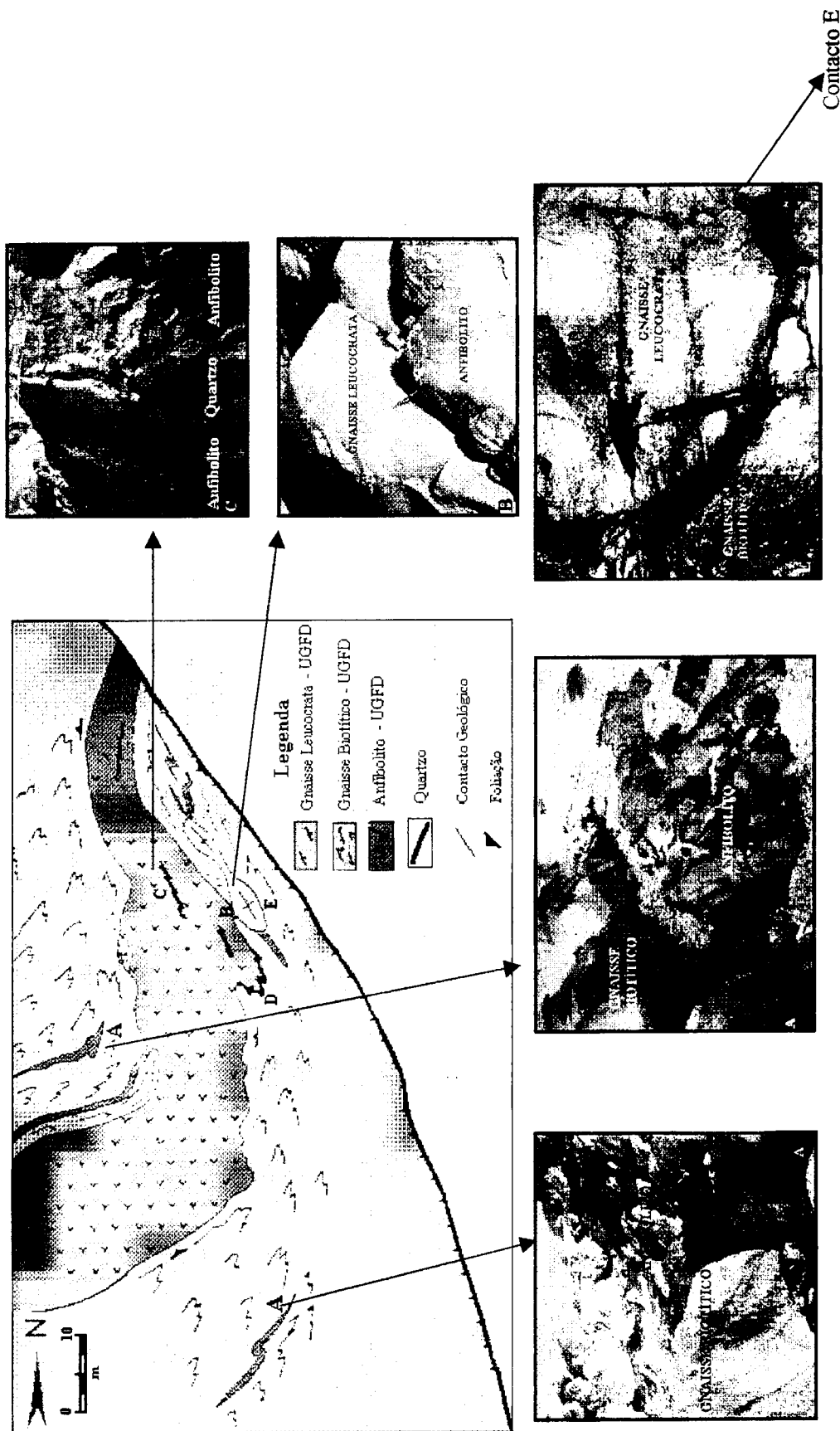
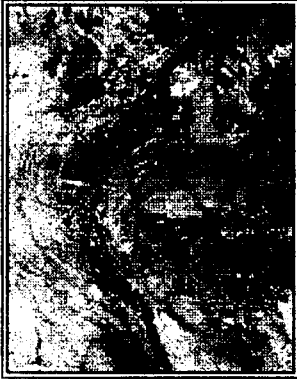
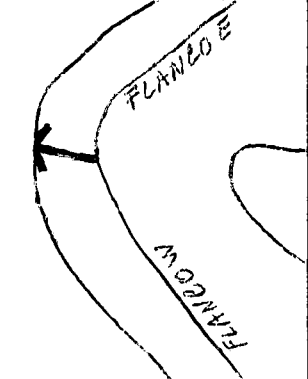
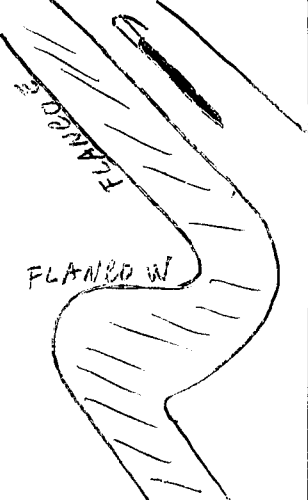
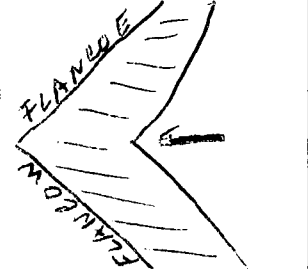


Figura 54 – Esboço geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro: contactos geológicos (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000)

Quadro 22 – Síntese das principais características das quatro dobras

	DOBRA 1	DOBRA 2	DOBRA 3	DOBRA 4
LOCALIZAÇÃO (Fig 55)	Local A	Local A	Local B	Local C
ATTITUDE DO FLANCO W	N152°; 60° W	N93°; 71° NE	N79°; 71° N	N256°; 76° N
ATTITUDE DO FLANCO E	N110°; 68° NE	N176°; 71° W	N171°; 76° W	N312°; 76° SW
ATTITUDE DO PLANO AXIAL	N137°; 70° NE	N127°; 82° NE	N122°; 80° NE	N288°; 85° SSW
ATTITUDE DO EIXO DE DOBRA	36° → N305°	60° → N300°	68° → N310°	62° → N282°
ABERTURA DA DOBRA (Segundo Fleuty, citado por Borges, 1984a)	Transição Aberta/Fechada	Aberta	Aberta	Fechada
ASPECTO NO TERRENO				
ESQUEMA				

Note-se que, embora o estudo tenha recaído sobre estas quatro dobras, existem outras, que pelo seu carácter didáctico, merecem uma referência.

São pequenos filonetes de quartzo, dobrados, presentes no grande corpo anfibolítico e que Borges (1984a) classifica como sistema de dobras (Fig. 56).

Segundo o autor, este sistema constitui uma superfície dobrada que exhibe uma sequência de dobras espacial e geneticamente relacionadas, que se podem formar e desenvolver simultaneamente ou sequencialmente¹².

Estes dobramentos são bastante evidentes nos afloramentos. Aliás, existem superfícies onde é possível observa-los em alto relevo, devido ao facto do quartzo ser mais resistente à meteorização. Isto permite que os alunos se apercebam dos elementos caracterizadores de uma dobra, agora numa nova perspectiva, que só seria possível através do recurso a literatura especializada ou a efeitos informáticos.

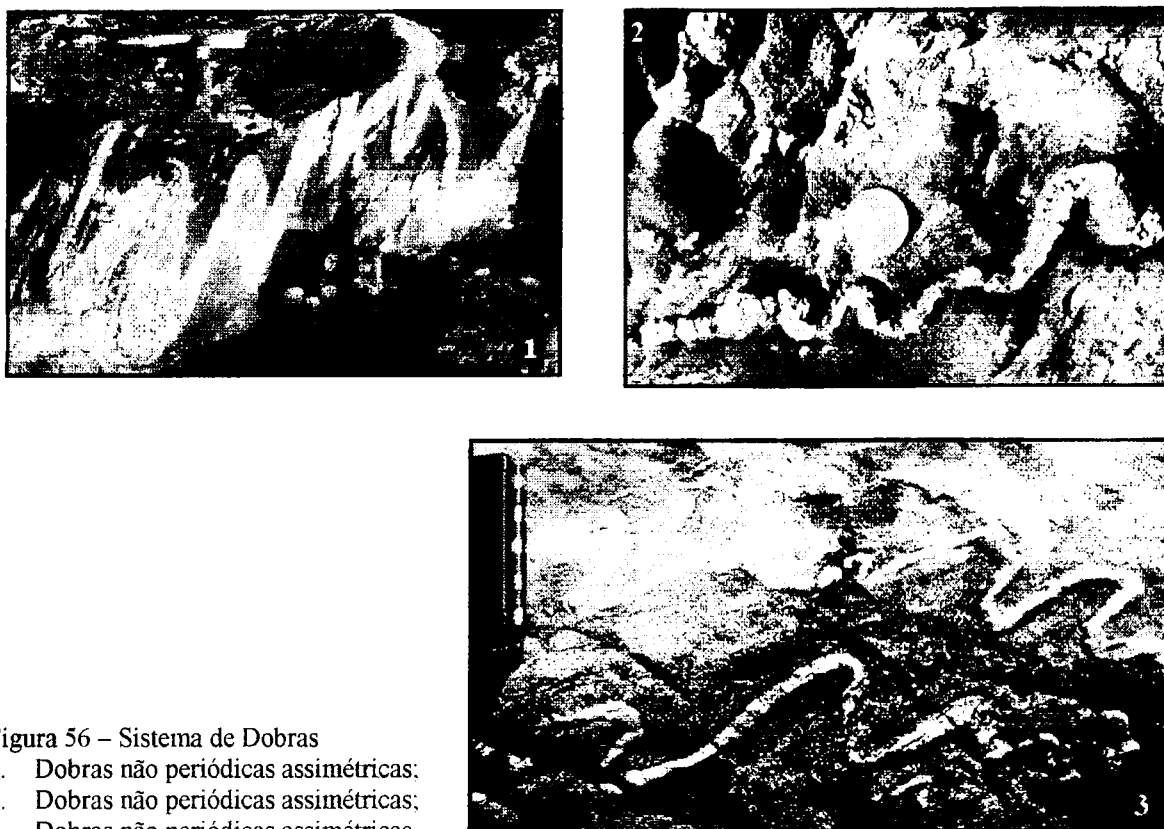


Figura 56 – Sistema de Dobras

1. Dobras não periódicas assimétricas;
2. Dobras não periódicas assimétricas;
3. Dobras não periódicas assimétricas.

¹² O sistema de dobras patenteado por uma superfície define uma ondulação, periódica ou irregular, que oscila entre duas superfícies limitantes que se designam por envolventes. As linhas de inflexão que delimitam as sucessivas dobras definem a chamada superfície mediana. As duas superfícies podem ser planas, ou não, e permitem distinguir dobras simétricas de dobras assimétricas e periódicas de aperiódicas (Borges, 1984a).

• Dobra/Falha

São duas as dobras/falha com potencialidade didáctica (Figs. 57 e 58).

A sua formação encontra-se intrinsecamente relacionada com o facto de que, quando o esforço ultrapassa o limite de deformação das rochas, pode provocar uma ruptura das mesmas, originando dobras deslocadas por uma falha (Decourt & Paquet, 1986; Galopim de Carvalho, 1997).

Não se pretende analisar exaustivamente cada uma destas estruturas, visto apresentarem uma complexidade incompatível com o grau de ensino para que este trabalho é dirigido. Somente será efectuada a sua localização (Fig. 55 – B) e esquematização (Fig. 57 – B e 58 – B).

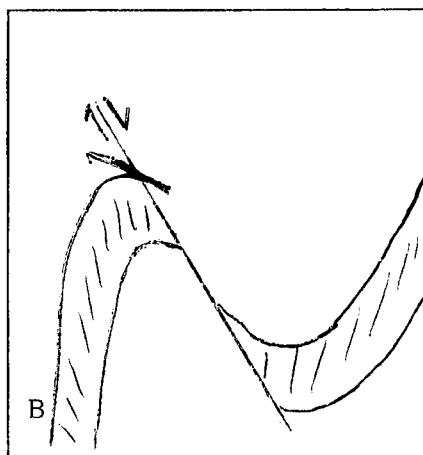
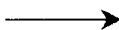


Figura 57 – Dobra/falha 1

A – Aspecto no Terreno;

B – Representação Esquemática.

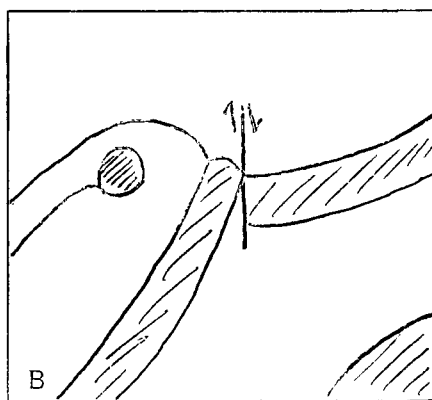
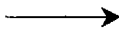


Figura 58 – Dobra/falha 1

A – Aspecto no Terreno;

B – Representação Esquemática.

Aspectos Geomorfológicos

Este sector situa-se numa zona situada poucos metros acima do nível do mar (2 a 4 metros) e que é frequentemente invadida pelas águas na preia-mar. Quando a ondulação é forte, principalmente no inverno e na época de marés vivas, as ondas embatem violentamente sobre os afloramentos, ajudando a criar formas próprias que se individualizam na topografia da área. São disso exemplo as **marmitas litorais** e os arcos de **abrasão marinha** (Fig. 59).

Com variados diâmetros e profundidades, as marmitas apresentam-se em número significativo, surgindo isoladas ou em grupo. Coexistem, normalmente, em zonas sob influência das marés.

Os dois principais arcos de abrasão marinha resultam de processos erosivos e de modelação de relevo, desenvolvidos pelo mar, nomeadamente sob as rochas que se situam próximas do nível da água. O mar, conjuntamente com inertes em suspensão, desgasta a base da rocha conferindo-lhe a forma de um arco.



Figura 59 – Arco de abrasão marinha

Um dos aspectos que caracteriza esta paragem é a sua quase total ausência de praia (Fig. 60). Somente em pontos muito restritos é possível observar uma delgada língua de areia grosseira. As rochas encontram-se bastante polidas pela acção erosiva do mar, o que permite observar algumas das suas características com grande nitidez.



Figura 60 – Ausência quase total de praia.

Note-se que o estudo desta zona só é possível durante a baixa-mar, facto que requer um bom conhecimento das marés.

Paragem 5: Praia da Sr.^a da Luz

Brecha Ígnea da Sr.^a da Luz e Rochas Associadas

Litologias

A quinta paragem inicia-se na praia de Sr.^a da Luz e estende-se até norte da praia dos Ingleses. As figuras 61 e 62 conjuntamente com quadro 23 localizam e sintetizam as litologias.

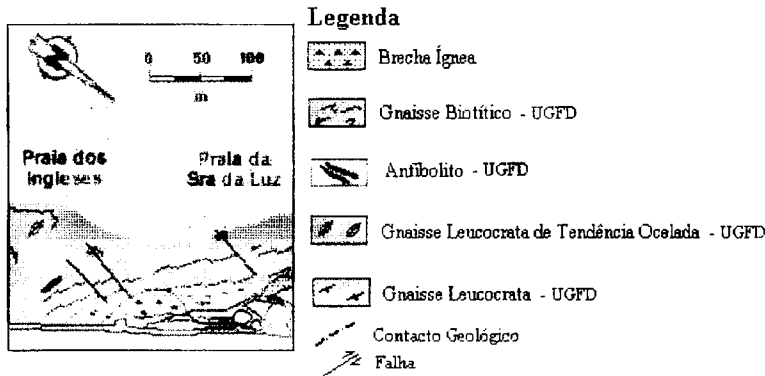


Figura 61 - Mapa geológico da zona entre a praia da Sr.^a da Luz e da praia dos Ingleses (adaptado de Borges et al., 1985,1987; Marques M. et al., 2000)

Quadro 23 – Litologias

LITOLOGIAS	REPRESENTATIVIDADE CARTOGRÁFICA (veja-se Fig. 61)
Brecha Ígnea	Sim
Rochas Ígneas	Não
Gnaiss Biotítico – UGFD	Sim
Metassedimentos – ULO	Sim
Gnaiss Leucocrata – UGFD	Sim
Anfibolito – UGFD	Sim
Pegmatito	Não

Devido à grande deposição de areia na Praia dos Ingleses, foi literalmente impossível efectuar o estudo da geologia da área. Como que a agravar este facto, existem vários bares situados sob as rochas, que impedem a observação dos afloramentos. Neste sentido, optou-se pela zona imediatamente anterior, compreendida, como referido, entre a praia da Sr.^a da Luz e a Praia dos Ingleses.

Não se pretende realizar um estudo aprofundado estudo a cada uma das litologias da paragem cinco. Somente será efectuada uma referência aos aspectos mais relevantes presentes nos afloramentos (Quadro 24), que, sem dúvida, são uma sùmula de quase todo o CMFD.

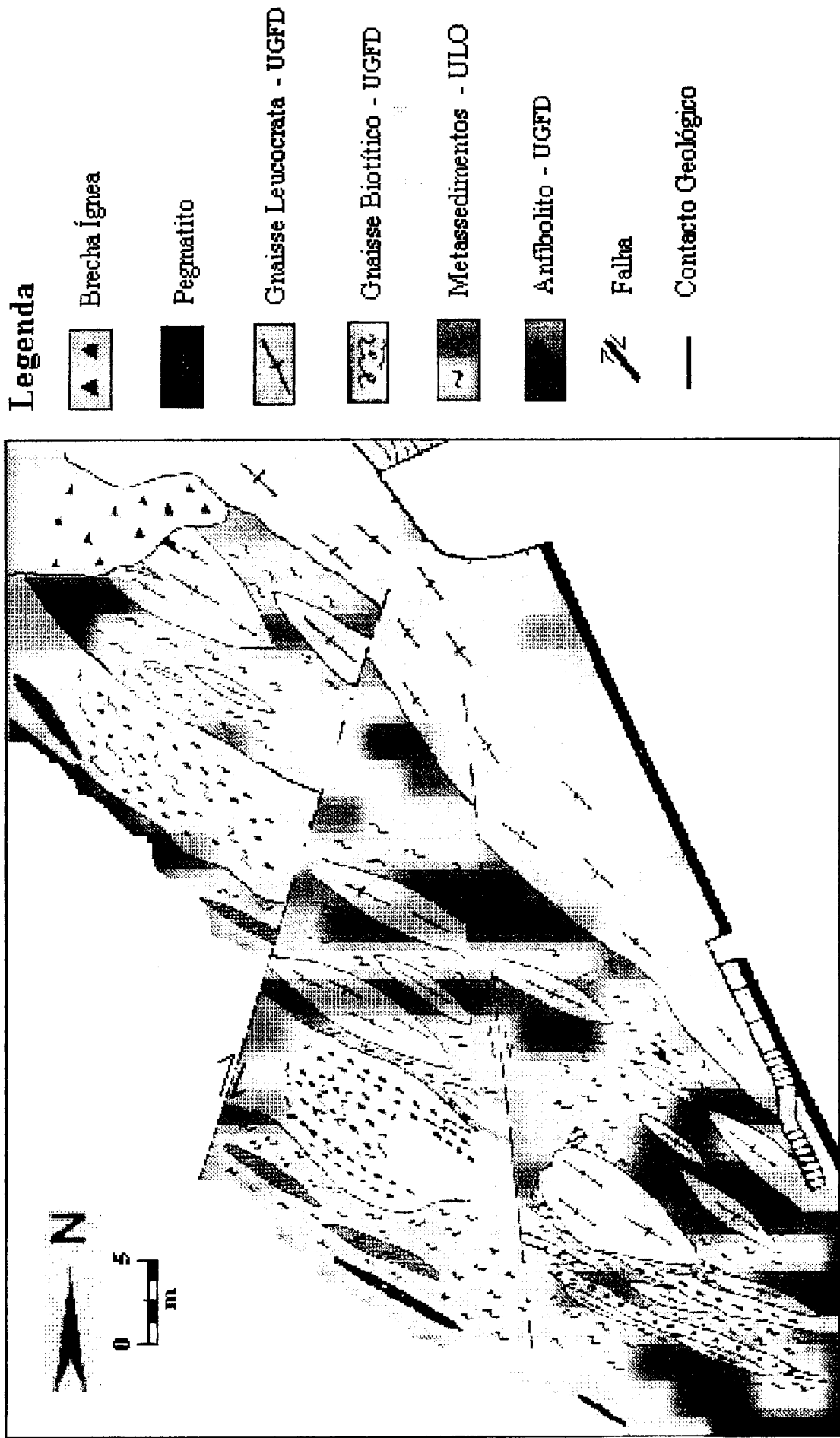


Figura 62 – Esboço Geológico da Paragem Cinco (adaptado de Borges et al., 1985, 1987 Marques M., 2000)

Quadro 24 – Síntese das Principais Litologias

LITOLOGIA	DESCRIÇÃO
Brecha Ígnea	- Teixeira (1970) realça certas estruturas de tipo brechóide, constituídas por pequenos corpos linguiformes escuros, biotíticos, xistentos, muito numerosos, distribuídos por entre os megacristais de feldspato; - A brecha ígnea encontra-se relacionada com a intrusão de granitos variscos (como o do Castelo do Queijo), na qual se reconhecem elementos de toda a faixa metamórfica (Fig. 63) (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994; Pereira M. et al., 1994; Noronha 2000; Pereira M. et al., 2000).
Rochas Ígneas	- Segundo Assunção (1962) e Teixeira (1970), na zona da praia da Luz observam-se algumas pequenas ilhotas de granito porfíroide, por entre os gnaisses acompanhadas por granito de grão grosseiro. Grandes megacristais de feldspato, geralmente branco, às vezes em acumulações densas, prefiguram no primeiro granito (Fig. 63). Estes megacristais apresentam-se muitas vezes zonados e exibem a geminação de Carlsbad. A sua extraordinária concentração constitui amplos domínios da rocha. - Costa & Teixeira (1957b) sublinham que o granito porfíroide da Sr.^a da Luz apresenta biotite com numerosos halos e núcleos de zircão; - Embora a brecha ígnea se encontre relacionada com granitos variscos (rochas ígneas), optou-se por diferenciar as duas litologias, no sentido de evitar possíveis confusões de terminologia.
Gnaiss Biotítico	- Apresenta um aspecto ligeiramente distinto do que se observa na restante faixa metamórfica (Fig. 63) (Borges et al., 1985, 1987); - É uma rocha mesocrata de grão fino com fraca blastese de plagioclase (Borges et al., 1985, 1987); - A análise modal aponta para uma rocha de composição tonalítica, sem feldspato potássico, mas rica em plagioclase e biotite. A foliação regional de orientação N120° E é definida pela orientação de cristais de biotite e apresenta um microdobramento de eixo mergulhante de 70° para N300° E (Borges et al., 1985, 1987); - Nesta fácies são frequentes diferenciações leucocratas igualmente dobradas e cortadas, em vários pontos, pelos gnaisses leucocratas (Borges et al., 1985, 1987); - Evidencia deformação dúctil, traduzida, essencialmente, por estiramento (Borges et al., 1985, 1987).
Metassedimentos	- Associados aos gnaisses biotíticos ocorrem intercalações de rochas metassedimentares intensamente dobradas (Fig. 63) (Borges et al., 1985, 1987); - O contacto entre essas duas rochas e os gnaisses biotíticos só é visível em zonas muito restritas, mas permite evidenciar o carácter intrusivo daquele gnaiss. De facto, nesses locais, a foliação do gnaiss biotítico é claramente discordante da foliação dobrada dos metassedimentos (Borges et al., 1985, 1987).
Gnaiss Leucocrata	- Rocha de composição granítica que apresenta sistematicamente andaluzite e/ou cordierite e mais raramente silimanite (fibrolite) (Fig. 63) (Borges et al., 1985, 1987); - A foliação, mal definida, tem uma orientação N120° E e apenas evidencia um dobramento de eixo sub-horizontal. Estas rochas afloram em grandes corpos, estirados paralelamente à orientação geral da faixa metamórfica, embora localmente seja possível observar o seu contacto discordante com os gnaisses biotíticos (Borges et al., 1985, 1987); - Evidencia deformação dúctil, traduzida, essencialmente, por estiramento (Borges et al., 1985, 1987).
Anfibolito	Esta rocha apresenta-se num pequeno corpo, exibindo dobras com eixo vertical (Borges et al., 1985, 1987).
Pegmatito	- Rocha que se apresenta em pequenos corpos estirados paralelamente à orientação geral da faixa metamórfica; - Encontra-se associada aos metassedimentos, podendo também surgir associada aos gnaisses biotíticos; - Só é visível em locais muito restritos.

LITOLOGIAS

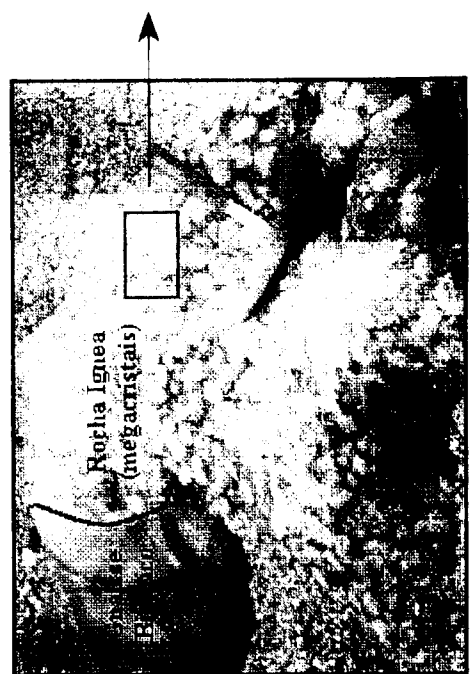


Figura 63 – Litologias
 A – Brecha Ígnea
 B – Gnaiss Biotítico
 C – Gnaiss Leucocrata
 D – Rocha Ígnea e pormenor dos megacristais
 E – Metassedimentos

Contactos Geológicos

São bastante diversos os contactos geológicos que ocorrem neste sector. Com o quadro 25 e a figura 62 pretende-se efectuar a sua sistematização.

CONTACTOS GEOLÓGICOS
Brecha Ígnea – Anfíbolito
Brecha Ígnea – Gnaiss Leucocrata
Brecha Ígnea – Metassedimentos
Gnaiss Leucocrata – Metassedimentos
Gnaiss Leucocrata – Gnaiss Biotítico
Pegmatito – Metassedimentos
Anfíbolito – Metassedimentos
Gnaiss Biotítico – Metassedimentos
Gnaiss Biotítico – Rocha Ígnea
Gnaiss Biotítico – Pegmatito
Pegmatito – Gnaiss Biotítico

Estruturas Geológicas

Não é o objectivo principal desta paragem analisar as diferentes estruturas geológicas. Porém, uma situação particularmente interessante merece a nossa atenção.

Trata-se de um filonete de quartzo, de dimensões centrimétricas, que se encontra a cortar nitidamente a foliação de um gnaiss biotítico (Fig. 64). Este filonete localiza-se nas imediações da brecha ígnea, antes da praia dos Ingleses.

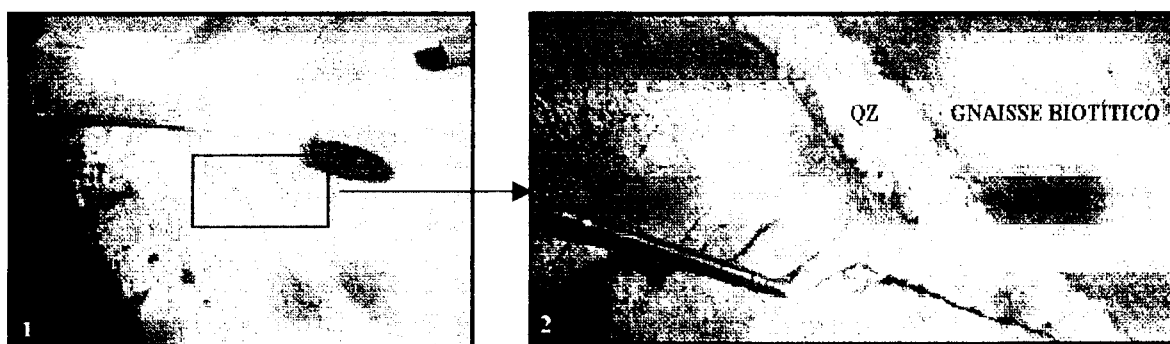


Figura 64 – Filonete de quartzo a cortar a foliação do gnaiss biotítico

1 – Aspecto no Terreno;

2 – Pormenor da imagem anterior.

Aspectos Geomorfológicos

Na preia-mar, quando a ondulação é forte, as ondas embatem violentamente num afloramento que pode atingir cerca de 4 metros de altura. No inverno e na época de marés vivas, as ondas acentuam a sua acção sobre as rochas, ajudando a criar formas próprias que se individualizam na topografia do local. Dois desses exemplos são as marmitas litorais e aos arcos de abrasão marinha (Fig. 65).



Figura 65 – Arco de abrasão marinha

A norte da praia dos Ingleses, na área onde se efectuou o estudo das litologias, a ausência de praia é evidente e os declives são acentuados; a sul desse local, existe uma extensa língua de areia que cobre, quase por completo, todas as rochas e contactos representados no esboço geológico da figura 62. Nesta zona os declives são bastante suaves.

Refira-se a importância do conhecimento da preia-mar e a baixa-mar no estudo das litologias, visto que as águas sistematicamente invadem os afloramentos mais importantes.

Paragem 6: Praia dos Ingleses

Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada e Rochas Associadas

Litologias

A sexta paragem inicia-se na Praia dos Ingleses e estende-se até norte da Praia do Ourigo. As figuras 66 e 67 conjuntamente com o quadro 26 localizam e sintetizam as litologias.

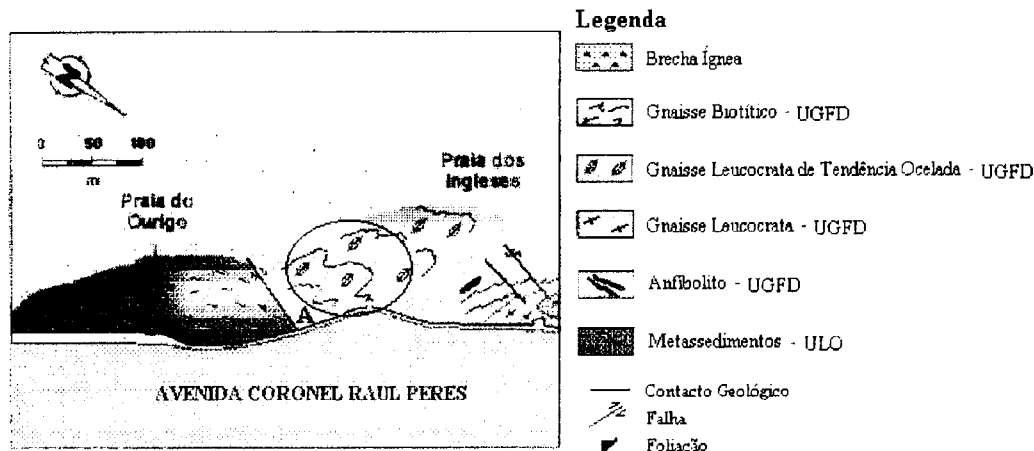


Figura 66 - Mapa geológico da zona entre a praia dos Ingleses e a praia do Ourigo (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)
A – Contacto geológico descrito no texto.

Quadro 26 – Litologias

Litologias	Representatividade Cartográfica (Fig. 66)
Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada – UGFD	Sim
Filões Leucocrata Deformados – UGFD	Não
Metassedimentos – ULO	Sim

• **Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada - UGFD**

Somente nesta área é possível observar e estudar esta litologia (Fig. 67).

É uma rocha leucocrata de grão médio a grosseiro, localmente com aspecto ocelado. Distribui-se por um grupo composicional granítico-adamelítico e é essencialmente constituída por quartzo + feldspato potássico + plagioclase ± granada + andaluzite ± silimanite (fibrolite) ± cordierite, sendo pobre em biotite. Apresenta um incipiente desenvolvimento de porfiroblastos de feldspato potássico e uma nítida foliação penetrativa dobrada (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 1994; Leterrier & Noronha, 1998; Marques M. et al., 2000).

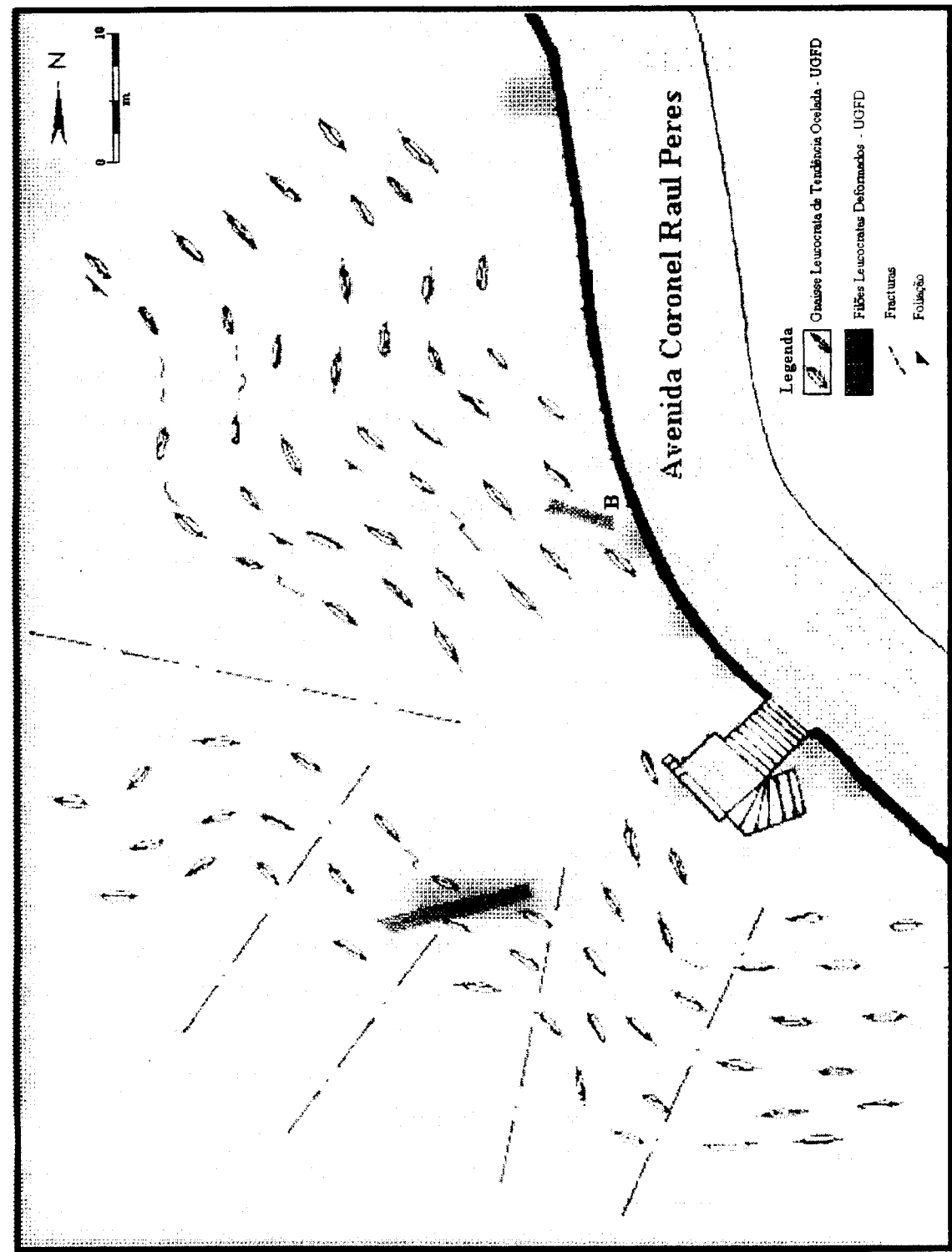


Figura 67 – Esboço geológico da paragem seis (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Estes gnaisses apresentam uma foliação nítida e dobras com eixo mergulhante de 70° → N 300° E (Borges et al., 1985, 1987) (Fig. 68).

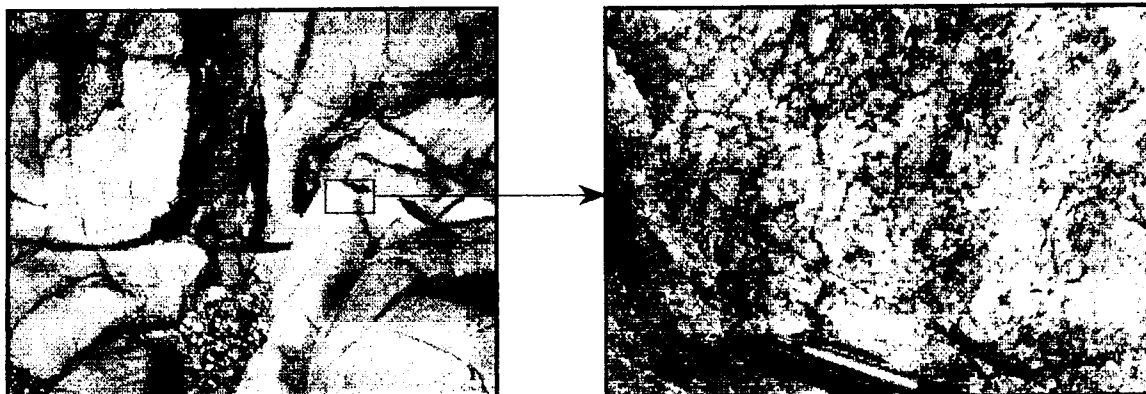


Figura 68 – Gnaiss leucocrata de tendência ocelada (GLTO)
1 – Em afloramento;
2 – Pormenor da imagem anterior.

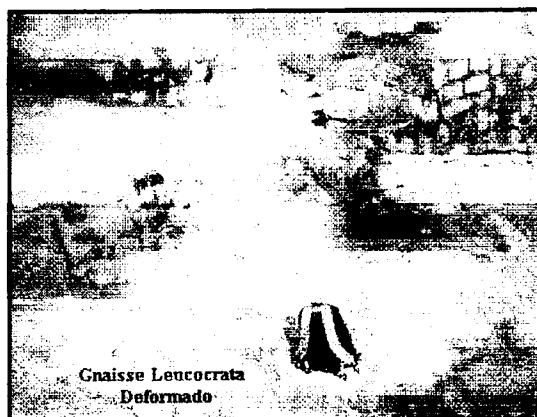
Esta litologia apresenta uma deformação intensa, traduzida quer por um cisalhamento quer por um dobramento de atitude semelhante ao verificado nos gnaisses biotíticos (Borges et al., 1985, 1987). Ao microscópio verificar-se que a deformação é inteiramente dútil, representada essencialmente por estiramento, à semelhança do que ocorre com os gnaisses biotíticos e leucocratas. A composição mineralógica, semelhante a estes últimos gnaisses, dificulta a distinção das duas fácies em lâmina delgada. A individualização do GLTO é possível apenas pela observação das estruturas mesoscópicas que apresenta (Borges et al., 1985, 1987) e que se podem analisar muito bem em afloramento.

Refira-se, ainda, que nestes gnaisses são frequentes corredores de rochas milonitizadas (Marques M. et al., 2000).

• Gnaisses Leucocratas Deformados - UGFD

É bastante difícil estudar esta litologia. A sua visualização encontra-se obstruída por areia e construções humanas que impedem a sua observação (Fig. 69). Nesta fase, somente se referem os dados de natureza bibliográfica.

Figura 65 – Gnaiss leucocrata deformado Vs construções humanas



É uma rocha com uma foliação evidente e geralmente discordante da foliação da rocha encaixante. Porém, frequentemente é paralela ao cisalhamento do GLTO (Fig. 67) (Borges et al., 1985, 1987).

No esboço geológico de pormenor (Fig. 67 – A) assinala-se a localização desta litologia.

• **Metassedimentos - ULO**

São essencialmente micaxistos silimaníticos a que se associam, por vezes, anfibolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos. Apresentam-se nitidamente dobrados (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994; Noronha e Leterrier, 1995; Pereira M., 1999; Noronha, 2000).

Localizam-se no extremo sul da faixa metamórfica (Fig. 66).

Contactos Geológicos

São poucos os contactos geológicos que ocorrem neste sector. Com o quadro 27 pretende-se efectuar a sua identificação e com as figuras 66 e 71 as suas localizações.

Quadro 27 – Contactos geológicos e suas características

CONTACTO	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO
GLTO – Filões Leucocratas Deformados	Fig. 71 – A	- Estes filões apresentam uma foliação evidente geralmente discordante da foliação da rocha encaixante, mas frequentemente paralela ao cisalhamento do gnaiss (Borges et al., 1985, 1987). - Apesar de presente no mapa da figura 71, não é possível observar este contacto no terreno.
GLTO - Metassedimentos	Fig. 66 – A	- Contacto por falha de direcção N10° E (Borges et al., 1985, 1987); - Apesar de cartografado, não é possível observar o contacto por falha no terreno; - Em zonas restritas é possível observar o contacto directo entre as duas litologias (Fig. 70).

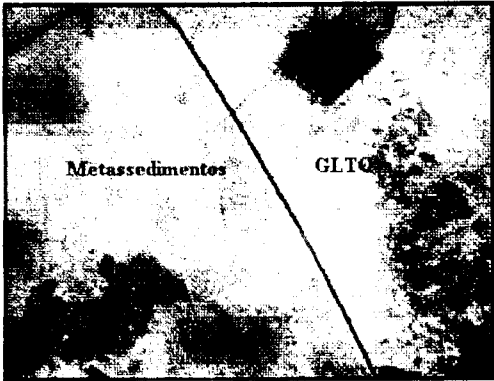


Figura 70 – Contacto entre os metassedimentos (ULO) e o gnaiss leucocrata tendência ocelada (GLTO)

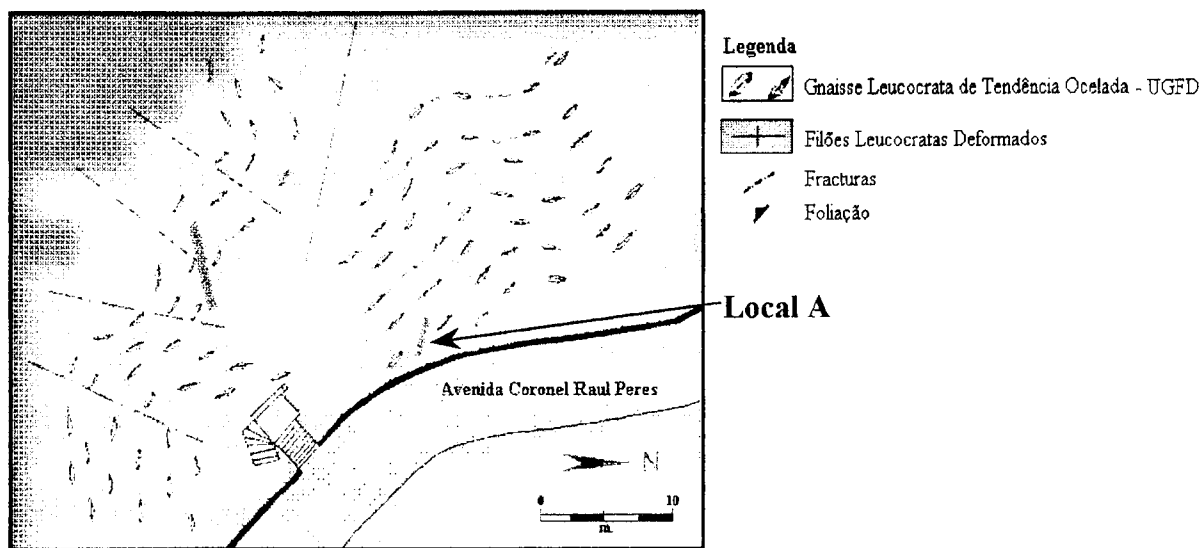


Figura 71 – Esboço Geológico da Paragem Seis (adaptado de Borges et al., 1985, 1987)

Aspectos Geomorfológicos

A praia dos Ingleses é uma zona de declives bastante suaves, com alguns metros de extensão de areia fina (10 a 20 m). A sul desta praia, numa arriba rochosa com cerca de 4 metros de altura, aflora o maciço de GLTO que a separa da Praia do Ourigo.

Neste maciço rochoso é possível observar algumas formas caprichosas que resultaram da acção do mar conjuntamente com outros factores. São as marmitas litorais, os arcos de abrasão marinha e as cavernas.

As marmitas litorais, embora pouco frequentes, possuem variados diâmetros e profundidades, sendo observáveis durante a baixa-mar

Os arcos de abrasão marinha e as cavernas, estas últimas visíveis somente nesta paragem, existem ainda que em número reduzido (Fig. 72).



Figura 68 – Caverna

Logo após este afloramento, surge a Praia do Ourigo (Fig. 73), local onde ocorre o contacto entre o GLTO e os Metassedimentos da Unidade de Lordelo do Ouro (não visível no terreno).

É uma praia de areia fina, relativamente extensa, com declives bastante suaves.



Figura 73 – Praia do Ourigo

4.4 – Problemas Ambientais

O litoral adquiriu no presente século uma importância jamais igualada. A faixa costeira mundial totaliza apenas 500.000 Km de comprimento, mas nela habitam entre 60% a 80% da população mundial, apesar da sua largura ser relativamente reduzida (Freire de Andrade, 1997; Morais & Garção, 1997). Em consequência, esta faixa alberga a maioria dos centros de decisão política e técnica dos diversos países e a maioria das indústrias e das actividades económicas de maior rentabilidade. Estes factores são responsáveis pelo estabelecimento e pela manutenção da tendência migratória das populações, que se deslocam para a periferia dos continentes na procura de melhores condições de vida, sobrelotando o litoral e contribuindo para o abandono e a desertificação das regiões interiores.

O litoral¹³ é, por natureza, uma região altamente dinâmica, provida de mobilidade, independentemente de ser ocupado por praias, campos dunares, estuários ou qualquer outro conteúdo geomorfológico. Raramente a ocupação humana da faixa litoral aceita convivência pacífica com as consequências dessa mobilidade, que se traduz pela erosão costeira, pelos processos de assoreamento, pelas transformações sazonais do perfil de praia, entre outros. De facto, a história da ocupação humana da faixa litoral mostra que ela foi sempre acompanhada de tentativas de estabilização, ou de protecção contra a agressão dos elementos do clima, em particular contra a actividade destrutiva das ondas do mar. No entanto, esta mobilidade é apenas a tradução de um estado de equilíbrio dinâmico que envolve os agentes modeladores do litoral, os sedimentos nele residentes e as formas resultantes. As obras de defesa costeira perturbam seriamente este estado natural e podem ter consequências desastrosas se não forem cuidadosamente planeadas em função dos novos padrões de equilíbrio que introduzem na sua área de influência (Freire de Andrade, 1997).

Apenas nas últimas décadas os problemas de gestão, conservação e defesa do litoral mereceram a atenção do público em geral e dos órgãos de comunicação social, em particular. Desde essa altura deixaram de ser campo de trabalho de um número restrito de técnicos e investigadores e passaram a constituir preocupação dos governos e prioridade nacional em termos de política ambiental e de gestão do território. Desta modificação resultou a multiplicação dos estudos sobre a faixa costeira, que continuam a produzir a informação básica sobre o seu comportamento natural e que servirão de apoio a correctas políticas de ordenamento.

¹³ A separação dos domínios continentais e marinhos não é uma linha, tal como surge nas cartas topográficas, mas uma *faixa litoral* ou simplesmente *litoral* na qual actuaam vários processos geológicos (Carvalho, 1985).

Uma nova forma de encarar e valorizar a faixa costeira pode produzir no futuro um padrão de ocupação racional, que respeite os valores ambientais característicos do litoral e que contribua para o seu desenvolvimento sustentado, pondo termo ao processo de ocupação desordenado que tem desfigurado ou destruído largos trechos do litoral nacional desde o início do século passado.

4.4.1- O Litoral: Alguns Conceitos

O conceito de *litoral*, ou *faixa costeira*, varia consoante os autores ou utilizadores deste termo. Neste trabalho é privilegiada a nomenclatura proposta por Carvalho (1985).

A faixa litoral actual compreende (Carvalho, 1985):

- Uma zona limitada pelo nível máximo da maré alta e pelo nível mínimo da maré baixa;
- Uma zona, sempre submersa, que se estende para além do limite atingido pela maré baixa e na qual a ondulação ao rebentar vai originar várias correntes que movimentam os sedimentos que constituem a faixa litoral (em geral, areias e cascalhos).

A faixa litoral é limitada ao lado do continente por uma *arriba*, pelo início de uma *campo de dunas* ou por uma zona onde a vegetação se fixou com certa permanência.

Morfologia da Faixa Litoral

Num perfil transversal de uma faixa litoral é possível reconhecer as seguintes partes constituintes: a *arriba* ou as dunas e a *praia*. Esta última compreende: a *antepraia*, a *praia propriamente dita* e a *prepraia* (Fig. 74 e Quadro 28).

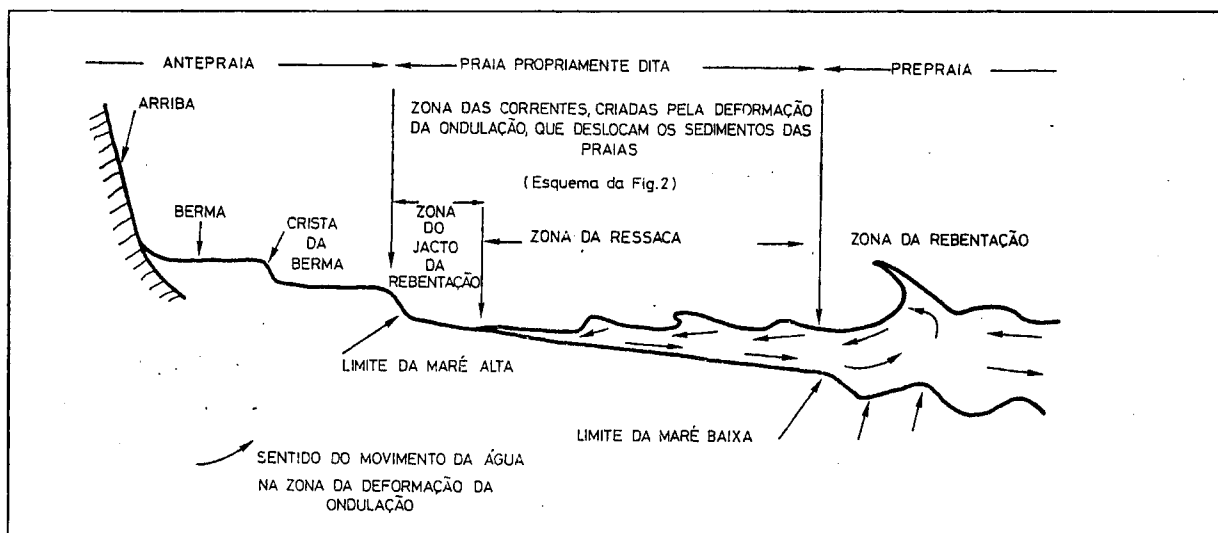


Figura 74 – Morfologia das praias com a indicação das zonas de dinâmica das águas (Carvalho, 1985)

Quadro 28 – Descrição dos sectores que constituem a faixa litoral (Carvalho, 1985; Freire de Andrade, 1997)

Terminologia	Descrição		
Arriba/Dunas	• Genericamente, arriba é uma escarpa litoral originada pela erosão marinha. • As dunas são sistemas formados por pequenas elevações de areia que constituem uma barreira natural entre o mar e terra, impedindo assim o avanço da água sobre o continente.		
Praia	Antepraia	Berma da Praia	• Quando existe, é uma superfície quase horizontal que se estende para além do limite normal atingido pelo jacto de rebentação.
		Crista da Berma	• É o limite da berma para o lado do mar, • Corresponde a uma saliência ou salto no perfil da praia.
			• Zona entre a crista da berma e o limite da praia do lado do continente. Apenas é atingida pelo jacto de rebentação durante as tempestades; • Pode corresponder a uma arriba, a um cordão de dunas actuais ou fósseis e pode, por sua vez, delimitar uma laguna interior.
	Praia Propriamente Dita		• Local onde ocorre uma acumulação de sedimentos não consolidados (geralmente areia ou cascalho); • Zona existente entre o limite da maré baixa e a crista da berma; • Corresponde ao limite máximo atingido pelo jacto da rebentação (tempestades ou marés vivas).
	Prepraia		• Zona situada além do limite da maré baixa e, por isso, sempre submersa, quer as marés sejam vivas ou não; • Apresenta <i>cristas pré-litorais</i> e <i>sulcos pré-litorais</i>, orientados paralelamente à faixa litoral.

4.4.2 – As Características da Faixa Litoral

A faixa litoral situada a Norte de Espinho, na qual se inclui a zona em estudo, é caracterizada (Carvalho et al., 1986):

- **por praias pouco largas**, cuja extensão ou é interrompida por afloramentos rochosos ou evidenciam afloramentos entre as acumulações de areia ou cascalho;
- **por praias delimitadas por dunas fósseis quaternárias**;

4.4.3 – Causas da Evolução do Litoral

O extenso litoral português constitui uma zona de múltiplas e variadas potencialidades, sendo insubstituível quer como espaço lúdico, quer como espaço criador de riqueza. Constitui um valioso recurso natural que, no entanto, é finito e, em grande parte, não renovável à escala temporal humana. Quando as suas potencialidades são degradadas, muito dificilmente se consegue a sua recuperação. É notória, desde algumas décadas, a degradação sistemática da nossa zona litoral. Com base nas tendências e estratégias de actuação, é previsível que brevemente todo o litoral português se encontre irremediavelmente deteriorado, se para tal não forem adoptadas medidas correctivas apoiadas em estudos rigorosos (Dias, 1990; Granja, 1992).

São muitas e variadas as agressões a que o litoral português se encontra sujeito, nomeadamente as que se referem aos aspectos geológicos, biológicos e paisagísticos. Neste

trabalho dar-se-á ênfase à problemática relacionada com o recuo da linha de costa, facto que se verifica na maioria dos litorais mundiais e com grande acuidade no nosso litoral, e com outros problemas ambientais com que a zona em estudo se debate.

A posição da faixa litoral dos nossos dias é condicionada pela intervenção de vários fenómenos, que se iniciaram no passado e cuja actividade se prolonga pelos nossos dias (Carvalho, 1985). O recuo da linha de costa deve-se fundamentalmente a quatro factores principais (Carvalho, 1985; Carvalho et al., 1986; Dias, 1990; Granja, 1992):

- elevação do nível do mar;
- diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral;
- destruição das defesas naturais;
- obras pesadas de engenharia costeira, nomeadamente as que são implantadas para defender o litoral.

Elevação do nível do mar

A elevação do nível médio global do mar encontra-se relacionado com a variabilidade climatológica natural da Terra e com as perturbações induzidas pela actividade humana (Dias, 1990).

Tem-se constatado que, a transgressão marinha verificada a nível mundial, iniciada com a fusão dos gelos das calotes glaciárias existentes sobre os continentes, durante o quaternário, provocou uma subida do nível do mar (Carvalho, 1985; Carvalho et al., 1986; Press & Siever, 1998). Este fenómeno, embora não uniforme em todas as costas (pois encontra-se dependente de muitos factores locais) tem sido acentuado, segundo alguns autores, pelo chamado “efeito de estufa”¹⁴, responsável pelo aumento da temperatura na atmosfera, com consequente fusão dos gelos da Antárctida, Gronelândia, dos glaciares de montanha e pela expansão física da água dos oceanos (Carvalho, 1985; Carvalho et al., 1986; Dias, 1990; Granja, 1992; Montgomery, 1997a). A subida generalizada do nível médio das águas do mar constitui uma preocupação à escala internacional, com previsíveis efeitos preocupantes num horizonte de algumas dezenas de anos exigindo, desde já, a sua consideração em termos de ordenamento (Gomes & Pinto, 1997), visto ser também um dos muitos factores responsáveis pelo recuo da linha de costa (Granja, 1992).

¹⁴ O “efeito de estufa” embora possa ser considerado uma causa natural, tem por base acções desencadeadas pelo Homem moderno, resultado da crescente industrialização e excessivo alargamento da sociedade de consumo registado nos últimos anos (Granja, 1992).

Diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral

A diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral tem atingido amplitude exponencialmente crescente ao longo deste século. Em parte, essa diminuição encontra-se relacionada com a elevação do nível do mar. No entanto, são as actividades antrópicas as maiores responsáveis por essa diminuição (Dias, 1990).

São muitas as actividades humanas localizadas quer no interior, quer nas zonas ribeirinhas, que contribuem para esta diminuição no abastecimento de sedimentos ao litoral. A título exemplificativo referem-se as florestações, os aproveitamentos hidroeléctricos, as obras de hidráulica agrícola, as obras de regularização dos cursos de água, as explorações de inertes nos rios, entre outros. A simples análise da redução da área que é directamente drenada para o mar, devido à construção de barragens, permite deduzir que a diminuição dos volumes sedimentares transportados por via fluvial é extremamente significativa¹⁵. O rio Douro, por exemplo, que em regime natural debitaria cerca de $1,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ de carga sólida transportada junto ao fundo, terá esse valor reduzido para cerca de $0,25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, quando todas as obras previstas para o rio estiverem concluídas (Dias, 1990).

Destruição das defesas naturais

A degradação antropogénica das formas costeiras naturais afecta o litoral já de si debilitado pela elevação do nível do mar e pela diminuição do abastecimento de sedimentos (Dias, 1990). Estas estruturas constituem as melhores defesas contra a aceleração do recuo da linha de costa. Entre as muitas acções degradativas das estruturas naturais podem referir-se, a título meramente exemplificativo: o pisoteio das dunas; o aumento da escorrência devido às regas; as estradas improvisadas e a construção de edifícios nos topos das arribas; explorações de areia, construção de edifícios e estradas na antepraia e mesmo na praia, etc. (Carvalho, 1985; Carvalho et al., 1986; Dias, 1990; Granja, 1992; Montgomery, 1997a, 1997b).

Na faixa litoral da cidade do Porto, onde se localiza o Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD), a ocupação humana na zona de antepraia é claramente visível. Foram construídas habitações de luxo (que remontam ao início do século XX), blocos de apartamentos, uma avenida e uma zona pedonal com esplanadas e restaurantes, apagando qualquer vestígio das dunas que eventualmente aí existiriam. Nesta zona, um incontestável local de lazer e convívio dos habitantes da cidade e arredores (Silva J. C., 2000), pouco ou

¹⁵ Considera-se que os aproveitamentos hidroeléctricos e hidroagrícolas das bacias hidrográficas que desaguardam em Portugal, embora indispensáveis para o fornecimento de energia renovável à sociedade, são responsáveis pela retenção de mais de 80% dos volumes de areias que eram transportadas pelos rios antes da construção dos aproveitamentos aludidos (Dias, 1990; Gomes & Pinto, 1997).

nada poderá ser implementado no sentido de colmatar esta situação, visto que os interesses económicos, a par dos interesses de todo um tecido social, histórico-cultural e afectivo, são extremamente fortes (Fig. 75 – 1).

Na zona de praia propriamente dita existem, porém, situações pouco pacíficas de “convivência” entre esta e construções precárias de bares e/ou esplanadas (Fig. 75).

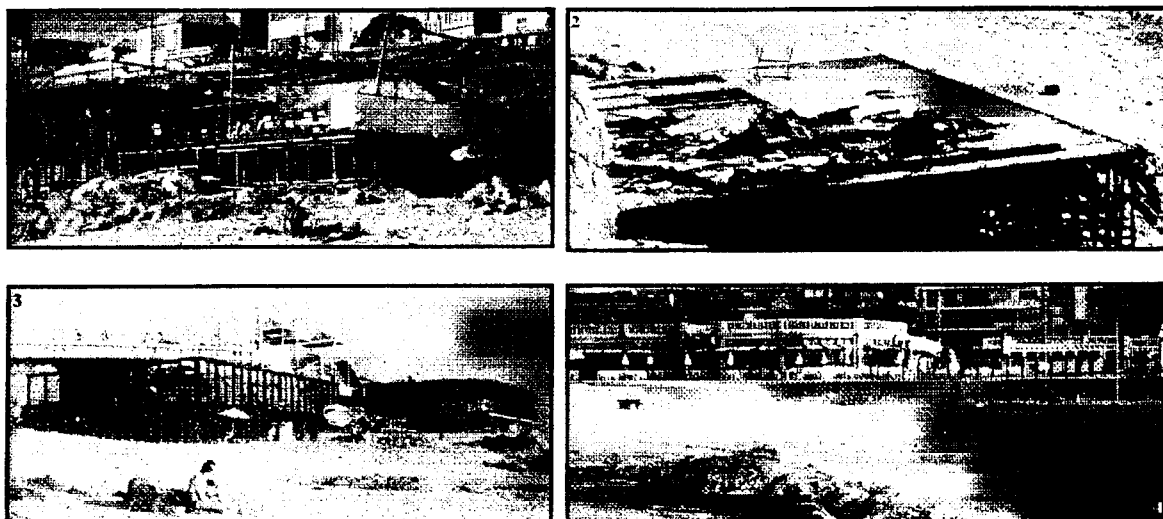


Figura 75 – Bares e esplanadas construídos nas praias do CMFD

1- Bar/esplanada da praia dos Ingleses (Verão);

3- Bares e esplanadas da praia do Ourigo (Verão);

2 - Bar/esplanada da praia dos Ingleses (Inverno);

4- Esplanada do Molhe (Outono).

Da análise da figura 75 verifica-se que a zona do CMFD encontra-se povoada por bares construídos sob a praia. Nos meses de Inverno, devido às tempestades, muitos desses bares ficam destruídos devido à fúria do mar, conferindo às praias um aspecto desolador. Acrescente-se que, ao ficarem ao abandono muitas destas estruturas podem transformar-se num foco propagador de doenças às populações circundantes, o que pode gerar um problema de saúde pública.

Estas construções, que degradam paisagística e ambientalmente a faixa litoral da cidade do Porto, contribuem para uma aceleração dos processos destrutivos das praias, ao quebrarem o equilíbrio dinâmico das mesmas não favorecendo a estabilização do areal (Granja, 1992; Gomes & Pinto, 1997). Aliás, muitas destas obras situam-se sob os afloramentos, como é o caso da figura 75 (1 e 2), impedindo, por razões de segurança a sua observação.

Obras pesadas de engenharia costeira

As obras pesadas de engenharia costeira funcionam, regra geral, como indutores suplementares da intensa erosão costeira. Consequentemente, são também responsáveis pelo recuo acelerado da linha de costa (Dias, 1990; Granja, 1992).

As obras de engenharia costeira podem agrupar-se em três grandes classes: **obras portuárias** (p. ex.: os quebra-mares de Leixões); **obras de estabilização de embocaduras**; **obras de defesa costeira**, destinadas a proteger o litoral (p. ex.: esporões e paredões) (Dias, 1990).

Todas estas obras, mesmo as que pretendem adiar o recuo da linha de costa, trazem, por via de regra, consequências profundamente nefastas ao litoral. Todavia, parte destas intervenções são imprescindíveis para o desenvolvimento económico e social do País. É o caso, por exemplo, das instalações portuárias que, por mais degradativas do litoral que sejam, têm de existir. Porém, são indiscutíveis os problemas ambientais por eles causados.

O Porto de Leixões, construído entre a praia de Matosinhos e a praia de Leça, é um exemplo de uma estrutura transversal que interrompe o normal trânsito litoral de areias (Fig. 76). Estas, ao acumularem-se contra o porto, no lado montante (relativamente ao sentido da deriva litoral) provocam propagação e incremento da erosão na zona a juzante da obra, local onde se localiza o CMFD. Modo de actuação semelhante ocorre com a construção de esporões ao longo da costa. Porém, estes não existem em toda a zona de trabalho (Carvalho, 1985; Carvalho et al., 1986; Dias, 1990; Granja, 1992; Montgomery, 1997a, 1997b ; Press & Siever, 1998).

Note-se na figura 76, a probabilidade de ocorrer o assoreamento do canal que dá acesso ao porto. Para se manter a acessibilidade à zona portuária, em condições de segurança, são extraídos, anualmente, milhões de m³ de areia ao mar. O porto de Leixões, é dos poucos portos em Portugal que não utiliza o volume de areia extraído somente para a construção civil. Contudo, parte destes inertes deveriam ser reutilizados para alimentar, de tempos a tempos, as praias do Porto e Matosinhos, no sentido de as proteger contra à erosão (Gomes & Pinto, 1997).

Uma outra estrutura, na zona do CMFD, que interrompe o trânsito normal de areias é o antigo porto de abrigo de Carreiros (vulgo, Molhe). Devido à sua disposição, também este funcionará como uma estrutura transversal (tipo esporão), com as areias a acumular-se contra o porto, no lado montante (relativamente ao sentido da deriva litoral), verificando-se uma propagação e incremento da erosão na zona a juzante do mesmo (Carvalho, 1985; Carvalho et al., 1986; Dias, 1990; Granja, 1992; Montgomery, 1997a, 1997b; Press & Siever, 1998). A maior acumulação de areia verifica-se, portanto, no lado norte do porto de Carreiros (paragens 1, 2 e 3), facto que contrasta com a zona a sul do mesmo, onde as praias são inexistentes ou bastante mais pobres nestes inertes (paragens 4, 5 e 6) (Fig. 77).

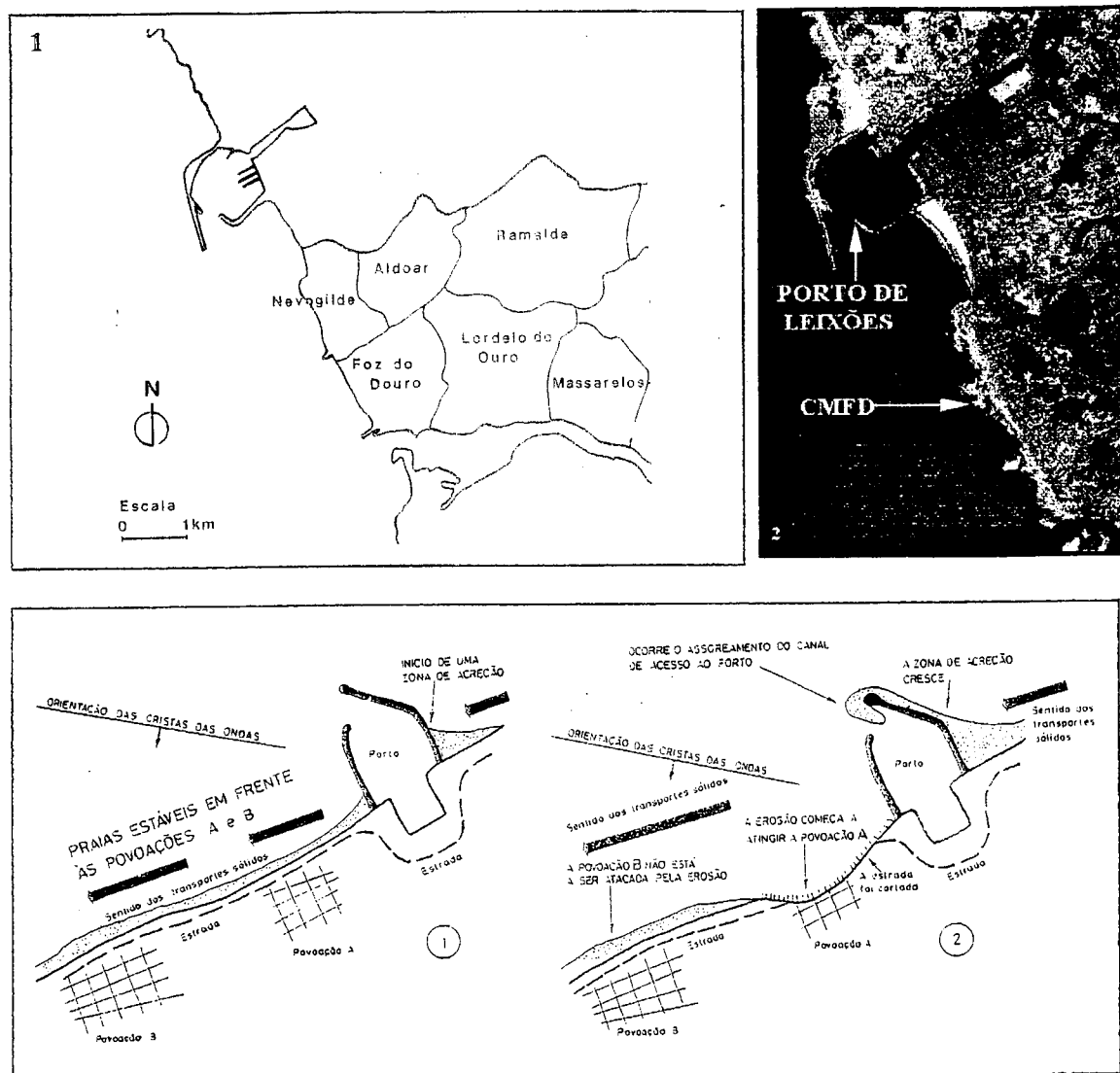


Figura 76 – O Porto de Leixões, exemplo de estrutura transversal

1. Localização do Porto de Leixões (Monteiro A., 1997);
2. Imagem de satélite – SPOT p+xs (10 m resolução, composição 3, 2, 1) (Jorge et al., 2000);
3. Esquemas onde se evidencia a erosão das praias devido a uma obra portuária (Carvalho, 1985).



Figura 77 – Porto de Carreiros (vulgo Molhe) (Jorge et al., 2000)

4.4.4 – Outros Problemas

Do que acima foi exposto pode verificar-se que, as duas estruturas transversais acima referidas são um dos grandes factores responsáveis pela diminuta parcela de praia existente ao longo da faixa litoral da cidade do Porto, a par dos três outros aspectos. Porém, não são os únicos problemas ambientais aí presentes. Existem outros, alguns bastante subtis, que povoam estas praias. O quadro 29 apresenta aqueles que serão os principais problemas, assim como a sua avaliação. A figura 78 evidencia dois desses problemas.

Quadro 29 – Avaliação dos problemas ambientais nas praias do Complexo Metamórfico da Foz do Douro

Problema Ambiental	Ocorrências	Descrição
Esgotos	Sete (visíveis)	- São vários (total de sete) os esgotos que correm a céu aberto pelas praias do CMFD; - As águas dos esgotos, produzidas nas habitações e quem sabe algumas com origem industrial, são despejadas sem qualquer tratamento nas praias do CMFD; - O odor nauseabundo associado à poluição da água do mar cria um grave problema de saúde pública, visto que estas praias não estão vedadas ao uso das populações (Silva, N., 2000b); - Recentes análises das águas do mar denunciam elevados índices de poluição, que se têm agravado nos últimos anos. Os testes revelam a existência de substâncias (“<i>coliformes fecais</i>”) que atingem valores muito superiores aos permitidos pelas leis portuguesa e comunitária, provocando contaminações (Silva, N., 2000a; Silva, N., 2000b); - O professor Bordalo e Sá, das Ciências Biomédicas Abel Salazar, alertou para o facto de “os esgotos no Porto serem descarregados tal como saem das sanitas, sem qualquer tratamento”, em particular nas praias da frente ribeirinha (Silva, N., 2000b); - Os esgotos prejudicam, igualmente, o teor de oxigénio dissolvido na água. Ao contrário da contaminação por matérias fecais, este teor não representa uma ameaça directa para a saúde pública mas sim para a fauna e flora locais (Correia et al., 1997).
Resíduos sólidos dispersos pela areia	Toda a faixa litoral	- Apesar do aspecto francamente inestético, são várias as ocorrências de resíduos sólidos disperso pela areia em toda a faixa litoral; - A grande maioria destes resíduos (madeiras, plásticos e vidro) são devolvidos pelo mar e acumulam-se na zona de praia; - Devido à frequência com que se instalam nas praias, deveriam ser removidos mais assiduamente pelos responsáveis camarários, no sentido de evitar problemas de saúde pública. Porém, este facto não se verifica com a necessidade exigida (Silva J. C., 2000); - Na época balnear também se acumulam resíduos sólidos nas praias, visto que uma certa fatia da população que as frequenta, ainda não criou o hábito de se dirigir a um ecoponto (distribuídos pelas praias); - Estes ecopontos, apesar de louváveis, encontram-se bastante dispersos. De referir que a sua presença só se faz sentir durante o período balnear; - É igualmente de referir que, em frente à fachada ocidental do Forte S. Francisco Xavier foram despejadas rochas sobre os afloramentos, no sentido de proteger esta fortificação contra as investidas do mar.
Resíduos sólidos dispersos pelas rochas	Toda a faixa litoral	- Tal como na areia, também é possível encontrar resíduos sólidos dispersos por entre as rochas; - Estes resíduos são de natureza variada (madeiras, plásticos e vidros) e, tal como no caso anterior, ou são devolvidos pelo mar ou são colocados pelas pessoas nos afloramentos; - Também estes causam uma grande repugnância, necessitando de ser regularmente removidos.
Construções de “mau gosto”	Dispersas pela faixa litoral	As construções de “mau gosto”, que se estabeleceram nas praias da faixa litoral da cidade do Porto, são essencialmente bancos e mesas de tijolo e cimento; protecções toscas contra o vento; zonas aplanadas em cimento sobre os afloramentos; bares e esplanadas sobre as praias e zonas de protecção para canos de esgoto.

Quadro 29 – Avaliação dos problemas ambientais nas praias do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (continuação).

Problema Ambiental	Ocorrências	Descrição
Vandalismo	Algumas, no sector sul da faixa litoral	- Os problemas de vandalismo para com os afloramentos do CMFD ocorrem, sobretudo, nas imediações da praia da Sr.ª da Luz; - Alguns dos gnaisses leucocratas e gnaisses biotíticos aí existentes, foram pintados por indivíduos que demonstram uma total ignorância geológica e um desrespeito pelo conteúdo científico intrínseco desses afloramentos; - As informações contidas nestas rochas encontram-se seriamente ameaçadas ou até poderão estar irremediavelmente perdidas.; - Note-se que em algumas zonas, dispersas no CMFD, verificam-se inscrições nos afloramentos.
Ruídos e/ou fumos	Toda a faixa litoral	- O ruído e o fumo existente nesta faixa litoral é proveniente do tráfego automóvel que se desloca pela avenida marginal; - O efeito do ruído não é mais intenso, pois as praias encontram-se “protegidas” por um paredão a todo o comprimento da referida faixa; - Por vezes, na zona norte do CMFD, são percebidos odores provenientes da zona industrial da cidade de Matosinhos.



Fig. 78 – Outros problemas ambientais nas praias do CMFD
1 – Resíduos sólidos sobre os afloramentos
2 - Vandalismo

4.4.5 – Futuro da Faixa Litoral da Cidade do Porto

A faixa litoral da cidade do Porto é uma belíssima zona de convívio e lazer que desenvolveu formas próprias na fusão da cidade com o mar. No entanto, possui, como referido, graves problemas a nível ambiental (Silva J. C., 2000).

Há que preservar a zona costeira e para tal é urgente tomarem-se medidas preventivas de modo a evitarem-se situações aberrantes, como algumas das que hoje se podem observar de norte a sul do país. Nesse sentido, sugerem-se algumas medidas que poderão colmatar alguns dos problemas acima referidos:

- A faixa litoral da cidade do Porto sofre de um grave problema de abastecimento de sedimentos nas suas praias. Para tal contribuem a destruição das defesas naturais e as obras pesadas de engenharia (ex. Porto de Leixões). Devido a este fraco abastecimento sedimentar, todas as construções que se situam nas imediações da praia sofrem normalmente penosos danos na época de inverno, fruto das impiedosas investidas do mar. Estes fenómenos seriam

ainda mais gravosos se não existissem numerosos afloramentos rochosos (CMFD), que retardam um aumento dos fenómenos erosivos. Uma das soluções apontadas pela literatura, ainda que com algumas restrições, para minorar este problema de carência sedimentar (Carvalho 1985; Carvalho et al., 1986; Dias, 1990; Granja, 1992; Gomes & Pinto, 1997) prende-se com a realimentação artificial da praia nas áreas mais vulneráveis, pela injeção de volumes de areias que possibilitem a reconstituição natural da praia e reponham os quantitativos envolvidos na deriva litoral. Porém, a aplicação desta técnica deverá ser previamente analisada em cada uma das situações, uma vez que implica algumas restrições, especialmente relacionadas com o problema da estabilidade e durabilidade do projecto, função do desenho e da granulometria da areia introduzida¹⁶. Note-se, ainda, que este processo que corrige os défices sedimentares é bastante dispendioso;

- Não autorizar a implantação de quebra-mares extensos para possíveis novos portos de pesca ou de recreio. Estes deverão ficar inseridos nas instalações portuárias existentes, as quais constituem uma rede suficientemente densa para as características da costa portuguesa e fluxos de tráfego existentes e potenciais (Gomes & Pinto, 1997);

- Para a resolução dos outros problemas é conveniente sensibilizar a população residente e utente das praias para este tipo de problemas, os quais, na realidade, atingem todos os cidadãos. A sensibilização deverá efectuar-se não só a nível das escolas – é fundamental esta acção junto das crianças e adolescentes os quais serão os futuros cidadãos deste país – mas também a nível das autarquias – é muito importante chamar a atenção e explicar os “como” e os “porquês” aos políticos responsáveis¹⁷, sob pena de transformar esta faixa numa lixeira a céu aberto;

- Fomentar uma verdadeira política de Ambiente na zona costeira é fundamental para resolver muitos destes problemas (Granja, 1992), nomeadamente aqueles que se relacionam com as águas residuais. É imperativo construírem-se mais estações de tratamento destes afluentes, de forma a não colocar em xeque vastas zonas balneares amplamente frequentadas todos os anos;

¹⁶ Contam-se alguns casos (esporádicos) de realimentação artificial das praias a norte do Castelo do Queijo, no sentido de proteger uma estrada. Contudo, o mar tem remobilizado os sedimentos ficando esta zona, de ano para ano, cada vez mais pobre naqueles inertes.

¹⁷ Tanto mais importante quando a cidade é este ano Capital Europeia da Cultura 2001.

- Não permitir em situação alguma a ocupação da praia e anteparaia por bares, esplanadas e/ou outro qualquer tipo de construção, de modo a que toda a praia possa evoluir o mais naturalmente possível, diluindo consequentemente o efeito inestético destas obras;

- Sensibilizar a população para o vasto património geológico presente nesta faixa litoral, através da comunicação social e das novas tecnologias de informação e comunicação. A sua preservação seria uma prioridade máxima no sentido de evitar a sua destruição e/ou vandalismo. Percursos geológicos alargados a toda a comunidade seriam aqui uma excelente aposta no sentido da preservar este georrecurso. O programa “Geologia no Verão” é uma iniciativa do Ministério da Ciência e Tecnologia que, em colaboração com as instituições locais ligadas ao ensino e/ou investigação da Geologia, tem conseguido divulgar e implementar essa sensibilidade geológica à população em geral;

- Reforçar a aquisição de conhecimentos e desenvolver investigações científicas sobre as zonas costeiras e oceanos, segundo abordagens multi e interdisciplinares e através do fortalecimento das ligações da comunidade técnica com as entidades gestoras, poderá ser uma das chaves para a requalificação de todo um litoral.

Para proteger efectivamente o litoral é necessário compreender o ambiente natural em que este se integra e as suas tendências evolutivas. É necessário, ainda, avaliar os impactes produzidos pelas actividades antrópicas, quer as que se desenvolvem no próprio litoral, quer as que se verificam nas bacias de drenagem de que a zona costeira depende. É necessário, sobretudo, encarar o litoral na sua globalidade e entendê-lo como zona dinâmica complexa e interdependente em que qualquer acção local tem consequências ao nível regional. Em Portugal, a aquilatar pelo estado em que a zona costeira se encontra, não tem havido, aparentemente, qualquer preocupação em defender efectivamente o litoral. A responsabilidade pelo estado de degradação que amplos sectores da nossa costa atingiram não é, em geral, directamente imputável a qualquer organismo governamental singular. As responsabilidades diluem-se numa trama complexa de tutelas e de atribuições, de conflitos de objectivos e de poderes, de interesses políticos e económicos, de vácuos legislativos e de indefinições no plano executivo. Porém, e numa última análise, a responsabilidade por tal estado de coisas é de todos nós, que assistimos impassivelmente à degradação de um recurso insubstituível, finito e não renovável à escala humana (Dias, 1990).

Apresenta-se no anexo A.3 o quadro institucional e legal para a zona costeira. Com este quadro espera-se complementar a análise efectuada neste subcapítulo.

4.5 – Complexo Metamórfico da Foz do Douro: Exemplo de Património Geológico a Preservar

As rochas são a memória da Terra e da vida a que deu berço e suporta, memória que pode ser lida e contada, basta que se aprenda a conhecer os caracteres dessa escrita e interpretar a sua história. Ao geólogo cabe a tarefa de identificar, por exemplo, rochas, minerais e fósseis que as integram. A curto prazo todas essas janelas para o substrato geológico estarão tapadas pelo betão e pelo asfalto, ocultando-se assim um aspecto importante à cultura geral do cidadão, na medida em que as rochas e os solos a elas associadas constituem o suporte físico da realidade social e cultural onde vive e onde, muitas vezes, nasceu e cresceu. A tendência actual vai no sentido de cobrir a maioria dos taludes resultantes da abertura de rodovias e ferrovias (tradicionais e utilíssimos locais de observação geológica e paleontológica) não só nas grandes cidades como nas estradas e, ultimamente, nas auto-estradas (Galopim de Carvalho, 1998), tudo fruto do progresso social e tecnológico, e pouco do progresso histórico-cultural da sociedade.

O Porto, exemplo de cidade florescente nomeadamente neste último quarto de século, tem progredido a um ritmo avassalador. Novas estradas foram rasgadas, novos complexos habitacionais foram erguidos, novos espaços foram criados e/ou recriados. A zona da Foz do Douro, parte integrante desta cidade, também não fugiu à regra. São múltiplos os projectos propostos no sentido de revitalizar a marginal marítima e espaços envolventes. No entanto, pouco ou nada tem sido efectuado no sentido de proteger os afloramentos desta faixa costeira. Estas rochas encontram-se literalmente ao abandono e ao vandalismo consciente, ou não, daqueles que frequentam as praias da Foz. Numa primeira tentativa para as proteger é imprescindível considerá-las como monumentos naturais, isto é, **geomonumentos** que, à semelhança de qualquer património construído pelo Homem, possuem características de monumentalidade pelo seu carácter grandioso em termos físicos e culturais (Galopim de Carvalho, 1998).

Os geomonumentos são uma ferramenta cultural importantíssima, pois ajudam-nos a conhecer e interpretar os fenómenos que modelaram o nosso planeta no passado. Exemplos de georrecursos não renováveis, caracterizam-se pelo seu valor científico e didáctico, pela sua utilidade museológica e turística e pela sua relevância local, regional, nacional e, nalguns casos, internacional (Elízaga Muñoz, 1988).

Este **património geológico** que permite reconhecer, estudar e interpretar a evolução da história geológica da Terra e dos processos que a transformaram (Valcarce & Cortés, 1996) encontra-se bem patente nos afloramentos rochosos do CMFD. É um património com o qual não poderemos avivar ou transmitir a memória de vivências, como sucede com outros patrimónios. No entanto, as suas litologias encontram-se carregadas com uma “memória histórica” que encerra em si o passado da Terra e dos fenómenos que a caracterizam. Estas rochas, que traduzem a imensidão do tempo geológico, ajudar-nos-ão a adquirir a consciência da nossa identidade como filhos do Universo e do nosso papel com a natureza circundante (Póvoas & Lopes, 1998). No entanto, para promover uma intervenção ambiental e cívica recorrendo ao poder da memória, neste caso da memória da Terra, ter-se-á de estabelecer uma política selectiva e voluntária dos objectos geológicos que temos em mãos (Póvoas & Lopes, 1998).

A identificação destes objectos geológicos, susceptíveis de integração no âmbito do conceito de património geológico, depende de variáveis distintas, tais como “... tradição histórica ou turística, boa visualização, simplicidade de exposição didáctica e comodidade de acesso, espectacularidade, expressividade da evolução dos processos geológicos, excepionalidade...” (Elizaga Muñoz, 1988). Ao analisarmos o CMFD rapidamente constatamos que as suas características preenchem, praticamente, na integra os requisitos propostos. No quadro 30 descrevem-se cada uma destas variáveis.

Quadro 30 – Descrição das variáveis a considerar na preservação do CMFD como património geológico.

VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO
Tradição histórica e/ou turística	São extensos os elementos histórico – culturais de toda a área envolvente ao CMFD, onde Homem e paisagem, numa cega cumplicidade, transformaram todo o espaço, que se estende desde o Castelo do Queijo até à Foz do Douro, num excelente cartão de visitas desta cidade. Esta faixa litoral, diariamente visitada por locais, turistas nacionais e estrangeiros, procurou sempre a harmonia entre a paisagem natural e humana, o que em certa medida foi possível (embora existam muitos erros de cariz ambiental, agora dificilmente remediáveis).
Boa visualização	Os afloramentos do CMFD encontram-se bem expostos ao longo de toda a faixa litoral da cidade do Porto. Pelo facto de não estarem cobertos por construções ou estradas que lhes poderiam barrar o acesso, toda a frente marítima caracteriza-se por um nível de exposição litológica excepcional.
Simplicidade de exposição didáctica e comodidade de acessos	Os afloramentos do CMFD possuem um interesse didáctico invulgar. Esse interesse é repartido pela idade dos afloramentos conjuntamente com a variedade litológica e estruturas apresentadas. Aliada a toda esta exposição didáctica acrescente-se a comodidade de acessos ao local. Toda a zona envolvente ao CMFD encontra-se repleta de uma densa rede de comunicações, que passam por estradas principais; autocarros, eléctricos; vastas zonas de estacionamento, etc.. Acrescente-se, ainda, que todos os afloramentos situam-se em zonas protegidas das vias públicas, o que permite observar/analisar os aspectos geológicos em segurança.
Espectacularidade	O CMFD possui magníficos afloramentos rochosos, litologicamente variados e únicos. Quer pela sua riqueza quer pela sua espectacularidade é inegável o potencial científico – didáctico destes conjuntos rochosos.
Excepionalidade	Litologicamente variados e únicos, os afloramentos do CMFD possuem um grande interesse científico sob o ponto de vista geológico, uma vez que neles se encontram bem expostas “...rochas das mais antigas existentes em Portugal...” (Noronha, 1994). Este facto confere-lhe um carácter de excepionalidade, aliado ao facto de serem magníficos afloramentos de cidade, afloramentos estes cada vez mais raros.

Embora Elizaga Muñoz (1988) só tenha referido como exemplo as variáveis supracitadas, é possível adicionar outras variáveis como elementos a considerar no inventário, classificação e catalogação deste património. São elas a proximidade a populações; o número de habitantes do local e suas condições sócio – económicas; a fragilidade perante a possibilidade/probabilidade de intervenções humanas; o grau de ameaça actual ou potencial; possíveis actividades a desenvolver no local; o grau de conhecimentos ou investigações existentes sobre o local; a extensão superficial; a presença de diversos elementos de interesse; entre outros (Uceda 1996a, 1996b). No entanto, como uma parte significativa destes aspectos já foram enumerados em subcapítulos anteriores, optou-se por não efectuar, de novo, a sua discriminação de forma exaustiva.

Apesar dos intensos esforços actualmente desenvolvidos no sentido de preservar o vasto património geológico português, é notória a baixa consideração existente, por parte da população, entre este tipo de património e outros “patrimónios culturais”. Para este facto concorrem duas possíveis causas fundamentais, a saber (Uceda, 1996a):

1. Condicionantes emotivos, no sentido em que as pessoas sentem um maior interesse pelos seres vivos do que pelos “elementos inanimados” do meio natural;
2. A divulgação em Geologia para o grande público, durante muitos anos, praticamente atingiu valores próximos do nível zero. Isso traduziu-se num desinteresse generalizado e, mais grave, numa escassa sensibilidade e interesse face ao que a Geologia representa.

Para inverter este cenário, é imprescindível divulgar amplamente o programa de conservação de locais com interesse geológico, de forma a que possam ser reconhecidos, considerados úteis e apoiados pela população em geral, assim como pelo poder político (Araújo, 1997). O CMFD, exemplo de património geológico a preservar, possui magníficos afloramentos com litologias, estruturas, contactos e aspectos geomorfológicos de interesse didáctico. Este motivo, conjuntamente com outros de carácter mais amplo, justificam a sua conservação, numa tentativa de salvaguardar o património natural legado pela nossa antiga Terra, e que hoje se expõe em formidáveis afloramentos de cidade. Assim, e com base em Uceda (1996a), o CMFD:

- É um importante componente do Património Natural;
- Representa uma importante herança cultural, de carácter único;
- Constitui uma base imprescindível para a formação de cientistas, profissionais e professores;
- Constitui um elemento de protecção de recursos estéticos e recreativos;

- Representa um recurso de alto potencial educativo e de formação intelectual;
- Apresenta-se como um recurso científico – cultural único, onde afloramentos e paisagem antrópica se fundem para criar uma paisagem com enorme potencial turístico e de lazer.

Este último ponto, em particular, poderá ser o trampolim para a criação de um exomuseu em Geologia nesta zona (Galopim de Carvalho, 1998; Póvoas & Lopes, 1995, 1998). Provavelmente constituiria uma séria aposta, visto que musealizar no local é ainda um dos modos mais directos para nos dirigirmos ao grande público. Ao facilitar o acesso à problemática inerente à compreensão do planeta em que vivemos no próprio local, estaríamos a remover a barreira que a entrada dum museu ainda constitui para alargados sectores da população (Póvoas & Lopes, 1998). Ao criar um museu ao ar livre não estaríamos a depreciar o conceito de museu. Este permaneceria vivo, com chama (Póvoas & Lopes, 1998). Somente diferia dos tradicionais museus pelo facto dos objectos geológicos não terem sido arrancados do local a que pertencem. Ao permanecerem “*in situ*” estaríamos a estudá-los e a conciliá-los simultaneamente com a paisagem que todo este espaço natural/urbano nos proporciona.

A musealização de um sítio geológico¹⁸, sobretudo realizado com o envolvimento das populações, poderá ser mais um pólo num processo global de dinamização da zona da Foz. Além da sua importância cultural e científica, poderá também trazer benefícios para a economia local pelo emprego e mão de obra que poderão envolver (Póvoas & Lopes, 1998).

Sistematizando o que atrás foi descrito, os sítios geológicos musealizados poderão ser considerados lugares de memória. Uma memória transcrita em belíssimos afloramentos rochosos, autênticos livros de história natural que contêm os principais acontecimentos de milhões e milhões de anos de evolução da nossa velha Terra. Estes lugares de poder, até mesmo de esquecimento, poderão ser lugares de contemplação e constituírem, assim, espaços de reencontro connosco próprios, espaços de resistência à voragem da vida actual (Póvoas & Lopes, 1998). Ao nele penetrarmos tomaremos consciência da imensidão do tempo e, compenetrados na nossa pequenez, iremos descobrir o fio condutor da história da Terra e da Vida onde nos filiamos. Para não ficarmos sem memória, vamos manter vivos estes espaços que encerram o próprio tempo. Pois, caso contrário, estaremos condenados à nossa própria pequenez.

¹⁸ Este tipo, entendido à escala hectométrica, refere-se a áreas maiores quando comparadas com um único afloramento. Nele o visitante tem a possibilidade de circular no seu interior, observando de perto os seus vários elementos e pormenores (Galopim de Carvalho, 1998).

4.6 – O Homem e a Paisagem

"Foz! Saudosa Foz! Residência querida da minha infância tão afastada já - ai de mim! d'estes annos duros! Com que terno prazer que eu te saúdo, sempre que se assisto, ou penso em ti! Estamos bem mudados ambos, velha amiga! Tu do que foste, eu do que era! No tempo em que eu ia de chapéu de palha e de bibe, à tarde, apanhar conchinhas na costa, pela mão da minha avó, tu eras grave, simples, burguesa, recolhida e silenciosa como uma horta em pleno campo." Ramalho Ortigão (1876).

A Foz é um espaço que comunga de uma beleza impar e cativante, detentor de uma localização privilegiada, voltada para o mar e para o rio (Maia, 1988). Constituída por um conjunto patrimonial rico e variado, que se estende desde os valores arquitectónicos até aos valores científico – naturais, como é o caso do Complexo Metamórfico da Foz do Douro, impõem toda a sua magnificência neste recanto oeste da cidade. Sendo assim, seria impossível finalizar este trabalho sem antes conhecermos, ainda que de forma breve, a história sociocultural desta área que exerce um "fascínio quase hipnótico sobre o Homem" (Maia, 1988). Esta visão de fundo é imprescindível, pois só assim conheceremos globalmente a natureza desta faixa litoral, que se assume como um dos locais mais agradáveis da cidade do Porto. Um local de reconciliação com nós próprios e com a história natural e humana que possui.

4.6.1 – Elementos Históricos

É remota a fixação humana na Foz do Douro e diversos testemunhos apontam para a sua continuada ocupação (Fernandes J., 1989). Vários autores se referem à Foz de então como uma importante póvoa marítima do Norte de Portugal que "além de oferecer uma abrigo como ancoradouro, franqueava a penetração na Cale, no seu Porto - em Portucale" (Maia, 1988).

Data de 1 de Outubro de 1145 a carta de doação pela qual D. Afonso Henriques doa a Roberto e confrades do cenóbio de Santa Maria e S. Miguel Arcanjo, tudo quanto possuía na Ermida de S. João da Foz do Douro. Nova doação foi efectuada posteriormente a Soeiro Mendes Maia o qual, por sua vez, doou em favor do mosteiro beneditino de Santo Tirso de Riba d'Ave (Fernandes J., 1987, 1989; Maia, 1988).

Em 1211 D. Mafalda, filha de D. Sancho I, confirma a doação designado por Couto da Foz a propriedade na posse de D. Mendo, abade do referido mosteiro e que inclui tudo o que o mosteiro tinha em S. João da Foz do Douro e Nevogilde. O couto é então delimitado por Gondarém, rio de Portuzelo, umas lagoas, Monte do Viso, Lordelo e Pedras Ruivas (localizadas entre a Cantareira e Sobreiras). Dentro do couto, Nevogilde afirma-se como um pequeno povoado de vocação eminentemente rural, enquanto S. João da Foz, prospera, voltado para o rio e para o mar (Fernandes J., 1987, 1989; Maia, 1988).

O Couto da Foz foi-se desenvolvendo e ampliando a sua dimensão ao longo dos séculos XIV e XV, se bem que as lutas entre os abades do mosteiro e as administrações de Bouças (Matosinhos) e do Porto, tenham marcado épocas algo conturbadas (Fernandes J., 1987, 1989)

A 27 de Maio de 1590 ocorre a dissociação da Foz relativamente ao Porto. Este facto histórico fica claro quando D. Beatriz, mãe de D. Sebastião, determina a construção de uma fortaleza fora da cidade do Porto, a erguer em terras do Couto de S. João da Foz (Fernandes J., 1987, 1989).

Para se ter uma ideia da importância da Foz e da humildade de Nevogilde, lembre-se que um rol d'almas apresentado em 1623 por D. Rodrigo da Cunha, Bispo do Porto, mostrava que o grosso da população, no actual território concelhio, residia intra-muros, sendo que apenas as zonas ribeirinhas da Foz e Massarelos apresentavam quantitativos superiores ao milhar fora do recinto muralhado (1571 e 1049, respectivamente), enquanto que Nevogilde contava tão somente 79 pessoas (Fernandes J., 1987, 1989)

Data de 1789 a "*Planta Geográfica da Barra da Cidade do Porto*", misto de planta e perspectiva, que dá uma imagem da Foz vista de sul, onde sobressai a sua fortaleza, a ermida do Anjo e as Igrejas de S. João da Foz e dos Beneditinos (Fig. 79) (Andrade M., 1943a).



Figura 79 – Planta geográfica da barra cidade do Porto (Maia, 1988)

Por volta de 1832, as ligações do Porto para a Foz faziam-se por duas vias diferentes: pelo velho caminho, que do priorado passava junto à igreja de Lordelo e Pasteleira, antes de chegar à Foz pela Rua Central (a actual Padre Luís Cabral) e pelo que ia ao longo da margem direita do Rio Douro, o "caminho novo" (Fernandes J., 1987).

Em 1834 as ordens religiosas são extintas e, dois anos depois, um decreto datado de 26 de Novembro declara a anexação ao conselho do Porto de S. João da Foz do Douro que, até aí, constituiu durante alguns meses concelho de freguesia única, com a câmara situada no pequeno largo onde se encontra a capela de Santa Anastácia. Nevogilde é inicialmente incluído no concelho do Bouças (Matosinhos), sendo depois, por decreto de 21 de Novembro de 1895, integrado na administração do Porto, perdendo o lugar de Prado, que permaneceu integrado em Matosinhos (Fernandes J., 1987, 1989). Segundo Basto (1955), ainda em meados do século XIX S. João da Foz era apenas uma povoação de pescadores.

Se a Foz dispunha das potencialidades, foi o desenvolvimento dos transportes que facilitou o sucesso conseguido como lugar privilegiado para o turismo balnear, que veio complementar, nos meses de Verão, a sua vocação eminentemente piscatória.

Inicialmente foi o barco, o burro e o carroção¹⁹, depois o “chars-à-bancs” (Fernandes J., 1987, 1989) e, em 1870, o Barão da Trovisqueira consegue autorização para “...estabelecer à sua custa, na estrada pública entre o Porto e a povoação da Foz, podendo prolongar-se até Matosinhos, um caminho de ferro para transportes de passageiros e mercadorias, servido por cavalos (rail road)” (Fiel, 1983). Aparece assim, dois anos depois, o popular “americano” que, pela marginal ao rio, é capaz de ir da Porta Nova à Foz em 25 a 30 minutos (Fernandes J., 1987, 1989).

Após a autorização outorgada a Vieira de Castro e Evaristo de Pinto para estabelecerem, pelo “sistema americano”, o caminho de ferro pelas ruas da cidade, cria-se a Companhia de Carris de Ferro do Porto que o povo designa por “companhia de cima”, por oposição à anterior “companhia de baixo” (Companhia Carril de Ferro de Americano do Porto à Foz e Matosinhos). A Foz passa a ser acessível por dois traçados ferroviários – o marginal e o que unia a Praça Carlos Alberto com o Largo de Cadouços (actualmente Praça Capitão Pinheiro Torres Meireles), passando pela Boavista (inaugurado em Agosto de 1874) (Fernandes J., 1987, 1989).

Se o desenvolvimento dos transportes foi a grande mola do progresso do turismo de Verão na Foz, os bons ares e as curas pela água do mar (fortemente iodada) tornavam-na altamente conceituada. Neste cenário, que ajuda a compreender o forte crescimento nos finais do século XIX, não se pode deixar de realçar o papel desempenhado pelos estrangeiros, nomeadamente o da extensa colónia inglesa no Porto, que aí possuíam habitações (Basto, 1939): “O bairro ocidental é o inglês, por ser especialmente aí o habitat destes novos

¹⁹ “O carroção era uma casa de andar com cinco respiradouros e quatro rodas a que uma junta de bois ia persuadindo movimento” (Leitão, 1907).

hóspedes. Predomina a casa pintada de verde escuro, de roxo terra, de cor de café, de cinzento, de preto...até de preto! – Arquitectura despretensiosa, mas elegante; janelas rectangulares; o peitoril mais usado que a sacada. – Já uma manifestação de um viver mais recolhido, mais íntimo, porque o peitoril tem muito menos de indiscreto do que a varanda. Algumas casas ao fundo de jardins assombrados de acácias, tílias e magnólias e cortados de avenidas tortuosas...” (Dinis, 1959).

No Verão, com a chegada dos banhistas juntamente com os que procuravam apenas a suavidade das temperaturas e/ou o acompanhar as exigências da moda (Fig. 80), a Foz (da segunda metade do século XIX) transformava-se num local verdadeiramente cosmopolita. As praias mais frequentadas eram as do Caneiro (Grande e Pequeno) e a que, por ser preferencialmente procurada por parte de cidadãos britânicos, se veio a chamar dos Ingleses. A época balnear estendia-se de Agosto a Outubro, sendo a Foz servida por três hotéis, três restaurantes e diversos cafés. Directamente relacionados com as praias, existiam vários serviços de banhos (frios e quentes), aplicados em instalações existentes para o efeito e que evitavam aos veraneantes – vindos da cidade (mais numerosos em Agosto) ou do interior (que acorriam sobretudo em Setembro e Outubro) – a deslocação à praia de madrugada, onde banheiros se colocavam à disposição, para “aplicação” dos banhos de mar. (Monteiro 1873a, 1873b; Fernandes J., 1987, 1989)

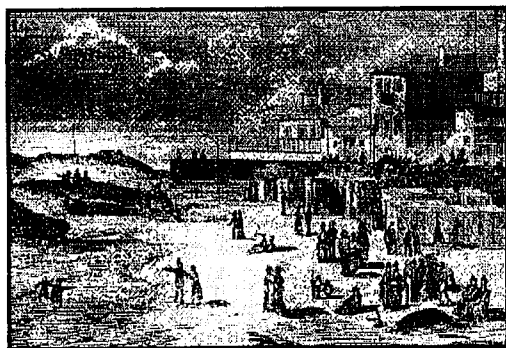


Figura 80 – Moda dos banhos (finais do século XIX)

1. Praia do Caneiro (Softideia, 1997);
2. Moda dos Banhos nos finais do século XIX (Maia, 1988)

“Morar ali todo o ano (contudo) parecia horrível à gente do Porto” (Basto, 1939). Porém, para lá da comunidade de pescadores, começavam já a fixar-se alguns portugueses, outros portugueses e mais ingleses que vão dar, sobretudo ao prolongamento da Foz para norte, (“Foz Nova”, a que pertence sobretudo a freguesia de Nevogilde) um cariz muito especial. Para o interior entretanto, os núcleos de Nevogilde e Passos cresciam um pouco, impulsionados pela maior facilidade de comunicação e consequente melhoria no escoamento dos produtos agricultados. Embora estivesse ainda longe da dimensão de S. João da Foz do

Douro, a freguesia de Nevogilde tem já, em 1900, uns respeitáveis 1149 habitantes (o sêxtuplo do registado 36 anos antes), aumento este contudo que não é tanto fruto do desenvolvimento dos dois núcleos rurais, como da expansão a que aludimos já, da mancha construída da Foz para norte, para território administrativo de S. Miguel de Nevogilde. É a “Foz Nova”! A “Foz Velha”, se a confundirmos grosseiramente com a freguesia de S. João da Foz do Douro, albergava na mesma altura mais de cinco milhares e meio de habitantes, cerca de 85% mais que os residentes em 1864 (Fernandes J., 1987, 1989).

O século XX traz os sucessores do “americano”. A tracção animal é substituída pelo vapor, podendo ver-se ainda hoje testemunhos do percurso da “máquina”. Pouco depois é a electricidade que faz mover uma frota crescente que se serve de linhas diversificadas (Fig. 81) (Fernandes J., 1987, 1989). O processo é imparável e chegam o automóvel e o autocarro, que vêm dar uma mobilidade antes impensada, capaz de colocar a alguns minutos do local de trabalho, residentes afastados largos quilómetros. O Porto cresce consideravelmente e uma fixação próxima ao centro da cidade não responde já aos interesses de muitos dos moradores, com capacidade, em muitos dos casos, de pagar o elevado preço que se começa a praticar na Foz, por um solo inflacionado devido a razões de natureza paisagística e até a um certo prestígio advindo do estabelecimento da colónia britânica e da qualidade das moradias que se vão edificando (Fernandes J., 1987, 1989). Esta área vê assim largamente incrementada a recepção de “estranhos” à sua vocação piscatória e rural e, para lá da ocupação de interstícios entre construções previamente edificadas, assiste-se à urbanização ao longo da Avenida Marechal Gomes da Costa e ao espriar da mancha construída da “Foz Nova”: o crescimento da população da freguesia de Nevogilde é de cerca de 800% entre 1878 e 1930 e o ritmo manter-se-á significativamente superior ao do Porto até 1960 (Fernandes J., 1987, 1989).



Figura 81 – Eléctrico na Avenida de Carreiros (Av. Brasil) em frente à praia de Gondarém (Branco, 1995).

O carácter turístico amplia-se e transforma-se. Às praias inicialmente frequentadas do Caneiro (hoje praia da Nossa Senhora da Luz) e dos Ingleses, acresce-se o aproveitamento de toda a linha de costa do concelho do Porto; a “Foz Nova” retira à “Velha” alguma da sua importância em matéria de quantidade e sobretudo qualidade de comércio e serviços (Fig. 82) (Fernandes J., 1987, 1989).

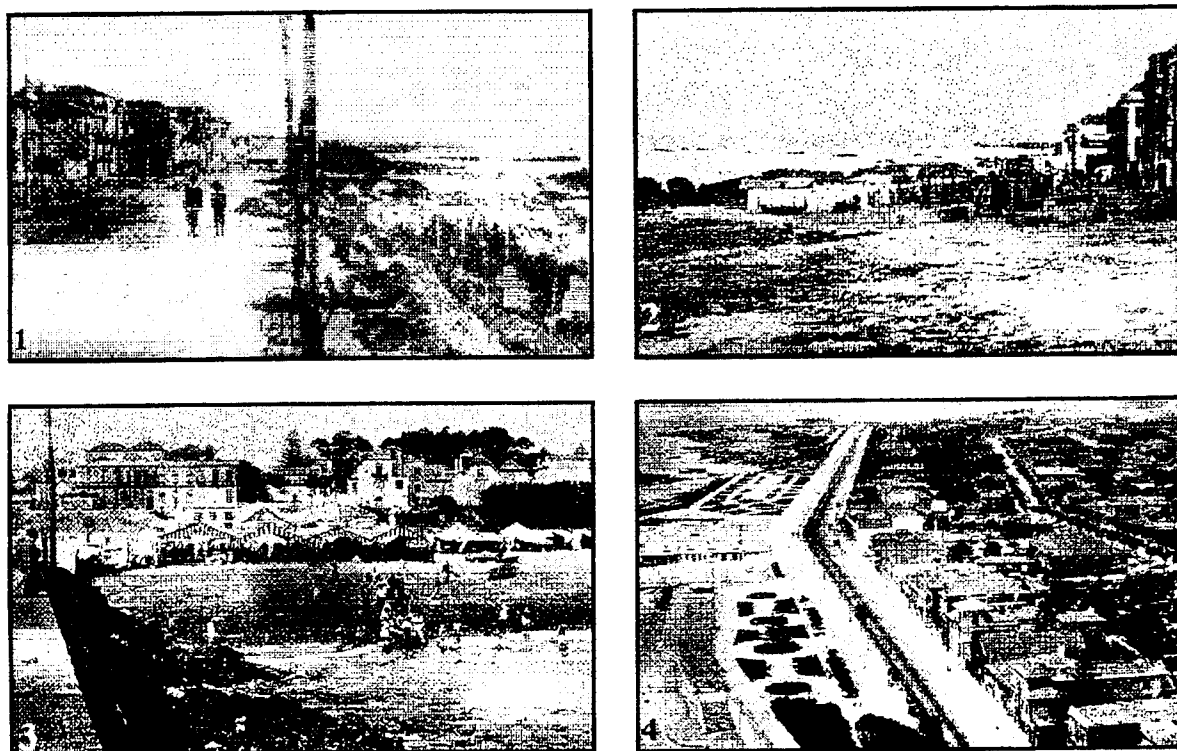


Figura 82 – A Foz de outros tempos

1. Avenida de Carreiros (actual Av. Brasil) (Maia, 1988);
2. Praia do Caneiro (actual praia do Ourigo) (Softideia, 1997);
3. Praia do Molhe (anos trinta) (Softideia, 1997);
4. A Foz (Freguesia de Nevogilde) vista do ar (Softideia, 1997).

4.6.2 – Património Histórico-Cultural

Forte São Francisco Xavier (Castelo do Queijo)

No final da Avenida de Montevideu, na Praça de Gonçalves Zarco, encontra-se um dos monumentos mais significativos da Foz, o Forte São Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo) (Fig. 83). Segundo a tradição, no local onde foi edificado existia uma enorme rocha de forma arredondada, semelhante a um queijo. Por ter sido assente sobre tal rochedo adveio-lhe o nome que sempre possuiu (Fernandes N., 1997).

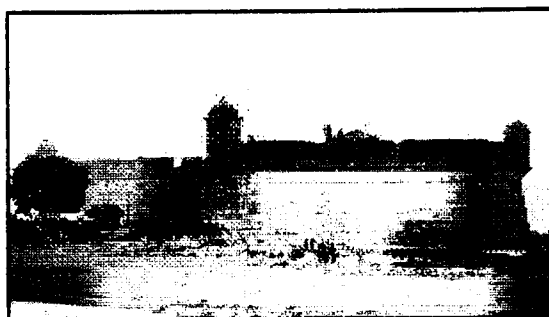


Figura 83 – Castelo do Queijo

Segundo Ferreira D. (1999), na zona onde se situa este monumento nenhum desembarcadouro havia. Somente existia “pedraria e costa brava” (Brandão, 1983).

A sua construção, iniciada por volta de 1661 ou 1662 durante a guerra da Restauração, justificava-se pelo facto de a Armada da Galiza constituir uma ameaça para a cidade e para o país (Callixto, 1986). Apesar de uma existência um tanto ou quanto atribulada, encontra-se, actualmente, sob a tutela da Associação de Comandos.

Refira-se que, curiosamente, o actual brasão da Freguesia de Nevogilde (Fig. 84) possui uma figura representativa do Forte suprarreferido, assim como de um importante recurso turístico – natural: o mar.

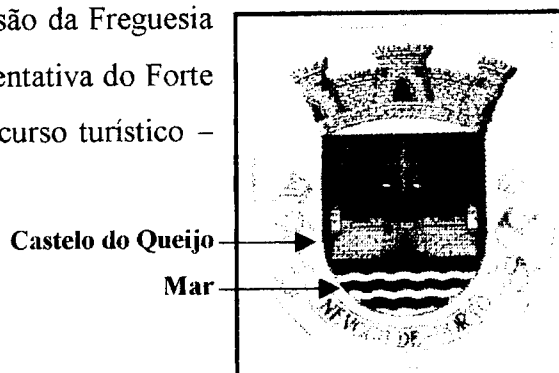


Figura 84– Brasão da Freguesia de Nevogilde (Fernandes N., 1997)

Porto de Carreiros

O paredão do Molhe, assim como também é conhecido o Porto de Carreiros (Fig. 85 - 1), foi construído em 1838. O molhe é constituído por duas partes, uma baixa e uma alta; o molhe baixo e parte do molhe alto estão assentes em gnaiss biotítico e a parte restante, a da ponta para o mar, assente em gnaiss leucocrata. O comprimento total do molhe é de 165 metros, 115 metros pertencentes à parte baixa e 50 à parte alta. Esta estrutura funcionava como um porto de abrigo, que possibilitava o desembarque de passageiros, correio e bagagens a partir de navios que não podiam entrar na barra do douro (Vieira de Oliveira, 1989).

Foi nas *Farpas* que Ramalho Ortigão se referiu à sua *Flor Granítica* (Fig. 85 - 2): “No paredão do quebra-mar (i.e. Carreiros) sobressai da superfície plana da cantaria uma ponta de rocha negra, áspera, duramente recortada, com uma grande flor granítica. Essa rocha, em que eu me sentei em criança, com o meu chapéu de palha...reconhecia com a mesma ternura saudosa com que se torna a ver um velho móvel de família! Boas Pedras!...” (Basto, 1939). Esta *Flor Granítica* a que Ramalho se refere pertence aos gnaisses biotíticos.



Figura 85 – Porto de Carreiros

1. Porto de Carreiros propriamente dito (Softideia, 1997)
2. “*Flor Granítica*” de Ramalho Ortigão, na parte baixa do Porto de Carreiros

Igreja de Nevogilde

Como parte do importante património da Foz, não se pode deixar de referir uma das mais bonitas igrejas da cidade do Porto – a Igreja de Nevogilde (Fig. 86).

Construída no século XVIII sob a orientação de discípulos de Nicolau Nasoni, pese o facto da sua pequena dimensão, destaca-se pela elegância das suas dramáticas e enérgicas linhas barrocas e pelo seu magnífico enquadramento (Brandão, 1983; Fernandes N., 1997).



Figura 86 – Igreja de Nevogilde

Castelo de São João da Foz do Douro

O Castelo de São João da Foz do Douro (Fig. 87) é, sem dúvida alguma, uma das mais antigas fortificações da costa portuguesa, sendo o início da sua construção datada de 1560, devido ao desejo da Rainha Regente D. Catarina pôr cobro ao comércio ilícito praticado pelos Ingleses, nos mares de Portugal. Foi construído num local ocupado por um mosteiro, ficando este no interior dos muros da fortaleza. (Maia, 1988).

Actualmente encontra-se sob a tutela dos Serviços do Ministério da Marinha (Maia, 1988).

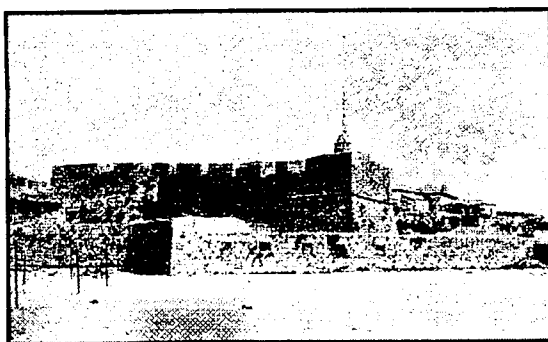


Figura 87 – Castelo de São João da Foz Do Douro (Softideia, 1997)

Outros locais de interesse histórico – cultural

A partir dos anos trinta, a Câmara Municipal do Porto desenvolveu esforços no sentido de embelezar a Avenida de Montevideu e Avenida do Brasil, trajectos que efectuem a ligação entre as freguesias de Nevogilde e Foz do Douro (Branco, 1995; Fernandes N., 1997).

Para o efeito, foram construídas três importantes obras que constituem uma homenagem aos homens do mar em Carreiros e às gentes do Porto, a saber (Branco, 1995; Fernandes N., 1997):

- A belíssima **Pérgula**, construída em 1931, simultaneamente imagem do amor e do orgulho dos portuenses pela Praia de Carreiros (Fig. 88 – 1);
- A **Estátua do Homem do Leme** (1934) idealizada por Américo Gomes, representa um daqueles bravos homens que, nos tempos dos barcos à vela, tinham a responsabilidade de os guiar aos respectivos destinos (Fig. 88 – 2);
- A **Estátua do Salva – Vidas** (1937) de Henriques Moreira, versão de um barco semiafundado com o homem do salva-vidas, de bóia na mão, para atirá-la a quem dela necessita (Fig. 88 – 3).

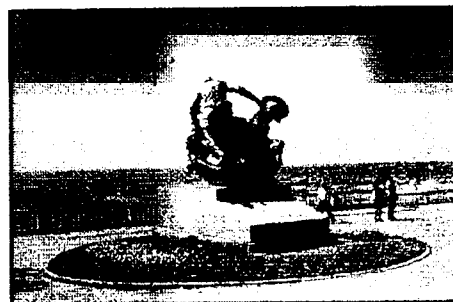
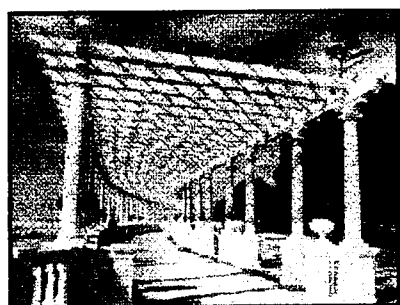


Figura 88 – Locais com interesse histórico – cultural

1. A Pérgula
2. Estátua do Homem do Leme
3. Estátua do Salva-Vidas

Não nos podemos igualmente esquecer do **Parque da Cidade**, o maior espaço verde do Porto, que ainda não funcionando totalmente na sua plenitude, possui já as características de um espaço de passeio e lazer e o **Farol da Cantareira** (Fig. 89), situado mesmo na Foz do Rio Douro.

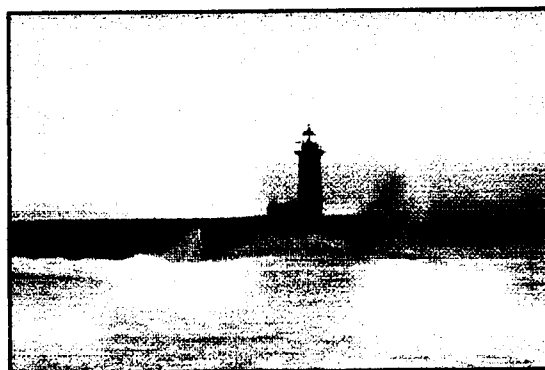


Figura 89 – Farol da Cantareira (Softideia, 1997)

4.6.3 – O Geoturismo

Actualmente, vivemos em Portugal uma época de franco desenvolvimento económico e progresso tecnológico. Estradas, auto-estradas, blocos habitacionais, enfim, um não mais acabar de empreitadas que moldam a paisagem que nos envolve e que são a prova cabal das vastas obras públicas implementadas em todo o país. Com o advento da geotecnia e da geologia aplicada à engenharia civil e, mais recentemente, ao ordenamento do território, fez-se rapidamente uma necessidade utilizar uma linguagem geológica acessível. Porém, para que a Geologia possa chegar aos especialistas e à maioria da população, a fim de que ambos possam ser cativados para a importância do solo que ocupam e utilizam, ou da paisagem que observam, ter-se-ão que implementar medidas que auxiliem na sua concretização (Barbosa et al., 1999). Utilizar a Geologia com a finalidade de inventariação e/ou reconhecimento dos recursos naturais – em que matérias primas ou substâncias naturais úteis formam uma parte substancial – constitui uma forma redutora e ultrapassada de aplicar o conhecimento geológico (Barbosa et al., 1999). Embora exista uma longa história de investigação e divulgação da Geologia em círculos restritos e fechados, coloca-se hoje como necessidade fundamental sensibilizar e envolver os cidadãos para o debate sobre o que é o Homem e qual o seu papel na Natureza (Lopes et al., 1991). A Geologia assume-se, assim, como uma disciplina de ponta, que conjuntamente com outras áreas do saber, poderá ajudar a definir e clarificar este problema.

A forma como, hoje, se pretende dispor da divulgação do conhecimento geológico como meio de informação para o cidadão comum, pode constituir um suporte de maior entendimento e aproximação do Homem com o ambiente onde se insere. A fruição da natureza, realizada em itinerários ou percursos geoturísticos com fins científicos, para além do didatismo que veicula, não esquece a componente cultural e lúdico-desportiva que o passeio proporciona (Barbosa et al., 1999). No entanto, estes itinerários terão de ser alargados ao cidadão comum que, ao desfrutar da paisagem em toda a sua magnificência, retirará daí a beleza, o prazer, o sossego e todos os outros sentimentos que a mesma transmite. A informação científica da estrutura geológica que suporta a paisagem em si, e que completa/valoriza todos estes sentimentos, não só ajudará a apreender o local como um todo, como ampliará o conhecimento e respeito para com os “componentes inertes”, que são as rochas.

Implementar o geoturismo na zona onde se insere o Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD), é uma das soluções que permitirão preservar e potenciar todo o património geológico desta faixa marítima. **Preservar** porque, ao considerá-lo como geomonumento estarão criadas todas as condições para que gerações futuras desfrutem do manancial informativo (científico – didáctico) nele contido; **potenciar** porque, o entendimento da Geologia em percursos de campo é um modo de a promover. O projecto “Geologia no Verão” veio demonstrar como esta área disciplinar pode entusiasmar os leigos e chegar ao cidadão comum. Pese embora o facto do projecto suprarreferido ser de suma importância – um passo em frente rumo a uma maior promoção da Geologia em Portugal – não é de forma alguma o fim em si. Considera-se mais como um trampolim, uma rampa de lançamento, para novos projectos que visam dar corpo e alma a estes locais com memória.

Países europeus, como a França (Debelmas, 1984, 1994) e a nossa vizinha Espanha, encetaram esforços no sentido de inventariarem afloramentos com vista à criação de locais com interesse geológico e arqueológico (Barbosa et al., 1999). Depois de delimitarem a localização desses locais, elaboraram guias geológicos explicativos para determinadas áreas, como a *Costa dos Dinossauros*, nas Astúrias, promovendo esta zona em termos turístico – didácticos (Garcia-Ramos et al., 2000). Em Portugal, Ribeiro M. & IGM, (1997) e Ribeiro M. & Ramalho (1998), realizaram uma das primeiras acções de divulgação geológica com fins didácticos e turísticos, neste caso, para a área do Parque Natural de Sintra – Cascais. Fazendo publicar um nota explicativa muito elucidativa e bem ilustrada, explanam algumas das principais estruturas geológicas presentes neste parque.

Antes, Henriques et al. (1996) publicam quase tudo sobre os nossos parques e reservas naturais, nomeadamente em termos de paisagem, fauna e flora. Este trabalho peca, porém, por um suporte geológico ou geomorfológico comparativamente menor, quando comparado com as outras variáveis envolvidas (*in*, Ribeiro M. & Ramalho, 1998).

No caso do CMFD, seria igualmente interessante efectuarem-se percursos geológicos acompanhados por guias descritivos e elucidativos, seja com fins turísticos, didácticos ou culturais. Este trabalho a ser efectuado a nível das autarquias conjuntamente com as juntas de freguesia de Nevogilde e Foz do Douro e em parceria com os geólogos portugueses, nomeadamente da Faculdade de Ciências desta cidade, traria uma valorização didáctico – cultural importantíssima a toda esta zona da cidade (Silva J. C., 2000). A par do que foi realizado em Valongo, com a criação do Parque Paleozóico (Couto & Dias, 1998a, 1998b), onde foram definidos diferentes itinerários passíveis de se observarem aspectos geológicos, mineiros, etnográficos, paisagísticos, faunísticos, etc., também aqui os itinerários

desempenhariam um papel didáctico importante, contribuindo para uma profunda sensibilização e educação ambiental de respeito pela Natureza, ajudando simultaneamente a enriquecer e projectar todo este vasto património.

É fundamental que o CMFD seja perspectivado como um elemento turístico – cultural a preservar. Um motivo de orgulho, um expoente da cultura magnificamente exposto nas praias do Porto. Esta cidade, antiga pela sua história, também o é pelo substracto rochoso que a suporta. Um substracto que timidamente surge por entre os edifícios e construções humanas, e que, na Foz, surge com toda a sua pujança, como que impune às investidas do mar. Este património legado pela nossa antiga Terra, um lugar de cultura, contemplação e lazer, é uma janela para o passado que deverá permanecer aberta. O geoturismo é uma oportunidade única de divulgar estes monumentos naturais, estes locais com história que, na imensidão do tempo, nos ajudam a criar um sentido cívico de respeito pela Natureza.

CAPÍTULO 5
CONSIDERAÇÕES FINAIS

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Situado na faixa litoral da cidade do Porto, o Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD) é exemplo de um magnífico conjunto litológico constituído por gnaisses, metassedimentos e anfibolitos recortados por granitos variscos (Borges et al., 1985, 1987). Estes conjuntos litológicos, serão provavelmente das rochas mais antigas existentes em Portugal (Noronha, 1994) e apresentam-se excelentemente preservados e expostos ao longo da orla marítima compreendida entre o Forte S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo) e o Molhe de Felgueiras (Borges et al., 1985, 1987).

Com litologias únicas pela sua singularidade, exposição e conteúdos geológicos, o CMFD é um verdadeiro geomonumento, onde a materialização do próprio espaço e tempo é claramente evidente. Através destas rochas, autênticas e importantíssimas ferramentas culturais, é possível perscrutar a história de muitas épocas, nomeadamente dos fenómenos que modelaram o nosso planeta no passado (Elizaga Muñoz, 1988; Galopim de Carvalho, 1998; Reis, 1999). Estes georrecursos culturais (Elizaga Muñoz, 1988) que encerram em si grandes potencialidades, quando convenientemente explorados poderão ser uma mais valia para o enriquecimento de toda uma zona.

Devido à sua boa localização, ao bom nível de acessos e condições de segurança assim como ao elevado número de escolas existentes nas imediações da área de trabalho, considera-se que o CMFD reúne condições excelentes para uma aplicação directa no processo de ensino-aprendizagem. Estas potencialidades didácticas, que aliam o magnífico nível de exposição dos afloramentos e a clareza com que se apresentam muitos dos aspectos geológicos, são inequivocamente trunfos que não poderão nunca ser ignorados na concretização de um trabalho de campo.

Dada a escassez de informação geológica e ao facto desta se encontrar dispersa e confinada aos meios académicos, foi pensada a construção de materiais didácticos que auxiliassem os professores na concretização das aulas de campo no CMFD. Estes materiais didácticos passam por um livro-guia com roteiro para professores e um CD-ROM, cujo conteúdo será posteriormente convertido para linguagem HTML, isto é, para uma *site* da *Internet*.

Considera-se que o livro-guia é uma poderosa ferramenta didáctica que poderá auxiliar os professores na organização, planeamento e consecução de uma viagem de campo com os seus alunos. Baseado numa cartografia de pormenor elaborada por Borges et al. (1985, 1987) e posteriormente modificada por Marques M. et al. (2000), assim como em tabelas e outros elementos susceptíveis de aplicação didáctica, o livro-guia, que inclui um conjunto de seis paragens, contém elementos geológicos que poderão contribuir para uma considerável diminuição das dificuldades internas sentidas pelos professores (Praia & Marques L., 1997). Aliás, considera-se que as informações nele contido, poderão servir de base para a construção de novos materiais didácticos e, porque não, para o desenvolvimento de uma dissertação na área da Didáctica da Geologia.

O CD-ROM é um importante material didáctico que poderá contribuir, conjuntamente com o livro-guia, para a diminuição do *novelty space* (Praia & Marques, L., 1997). Com esta ferramenta multimédia, considera-se que os professores, conjuntamente com os seus alunos, poderão analisar a área de trabalho numa fase de preparação da viagem de campo e esclarecer eventuais dúvidas que existam numa unidade pós-viagem. Este CD-ROM inclui, ainda, uma viagem virtual pelos ambientes histórico-culturais da Foz do Douro, uma análise aos seus principais problemas ambientais e tece considerações sumárias a algumas noções básicas de geologia, que poderão ser aplicadas no trabalho de campo a efectuar/desenvolver.

Os conteúdos presentes no CD-ROM serão totalmente vertidos na grande auto-estrada da informação, que é a *Internet*, permitindo divulgar a um grande número de pessoas qual é a geologia da Foz do Douro e a forma como esta se enquadra nesta zona da cidade. Considera-se que este *site* poderá ajudar a divulgar sítios com interesse geológico em Portugal, trazendo à luz a problemática para os muitos locais que carecem de musealização (Brilha et al., 1999). Sem qualquer sombra de dúvida, os afloramentos do CMFD constituem um exemplo de património geológico a preservar, fruto das suas inequívocas potencialidades.

Considera-se que a *Internet*, como nova tecnologia da informação e comunicação, pode ser o ponto de partida para o desenvolvimento e troca de ideias e experiências de indivíduos que já visitaram, ou não, o CMFD. Inclusivamente, o *site* poderá servir de guia para a construção de novas viagens de campo a outras localizações com interesse geológico. Este *site* apesar de concluído, poderá ser continuamente melhorado e actualizado, à medida que novas informações sobre o Complexo forem surgindo. Aliás, seria particularmente interessante debater e planear novas estratégias com profissionais da área da informática, com vista a melhorar, futuramente, o ambiente de navegação na WWW.

Com estes dois últimos elementos didácticos, considera-se possível combater uma lacuna existente em Portugal, lacuna que se encontra intimamente relacionada com a inexistência ou escassez de *software* informático em língua portuguesa. Embora existam algumas páginas pessoais, assim como *sites* de instituições públicas e Universidades com informação geológica, é notória a dispersão de conteúdos, por vezes sem qualquer alusão directa sobre o que é a geologia e seus objectos de trabalho. Pensa-se, assim, que a *Internet* conjuntamente com o CD-ROM que acompanha esta dissertação, são uma aposta segura que poderá projectar a Geologia a um grande número de indivíduos, permitindo, simultaneamente, alertar o cidadão comum para as fragilidades dos conjuntos litológicos. Embora esta consciencialização se inicie nas nossas escolas, é fundamental reforçar a ideia que as rochas são um património não renovável, e que uma vez perdido nunca mais poderá ser recuperado. Se este facto suceder no CMFD, será a destruição de um fabuloso livro de história que a nossa antiga Terra nos legou. Milhares de milhões de anos de importantes factos serão apagados da superfície, empobrecendo significativamente o património desta cidade.

Com base na ideia anterior, está a ser desenvolvido um projecto conjunto entre a Câmara Municipal do Porto e o Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, no sentido de preservar este património geológico. Através deste projecto, é possível divulgar a um grande número de pessoas, a geologia do CMFD. Para o efeito, seria importante incluir este Complexo no roteiro turístico da cidade do Porto. A partir de um conjunto de visitas guiadas às paragens definidas, o visitante tomaria contacto com os mais importantes aspectos geológicos desta orla litoral, ao mesmo tempo que desenvolve uma consciencialização para a sua preservação. Um dos outros aspectos que poderão contribuir para a salvaguarda deste vasto património, é a inclusão de placares com informação da zona em locais estrategicamente definidos. Este placares, que poderão ser desenvolvidos em parceria com as instituições locais, nomeadamente a Câmara Municipal do Porto, ajudarão a difundir as litologias e a criar uma consciência geológica.

Porém, o visitante não poderá ficar indiferente aos problemas ambientais com que a zona se debate. Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram analisados alguns dos muitos problemas ambientais com que se deparam as praias da Foz do Douro. Considera-se que, salvo aqueles que não têm solução possível, como o caso do Porto de Leixões, são muito graves as agressões contra o ambiente da faixa litoral da cidade do Porto. Esgotos a céu aberto, resíduos sólidos espalhados sobre os areais, deficiente limpeza das praias, construções de “mau gosto” sobre as litologias e actos de vandalismo praticados contra o património

geológico, são muitos dos problemas que merecem resposta urgente. Através do CD-ROM e do *site* na *Internet* pretende-se alertar a comunidade para este grave flagelo. Estas praias, frequentadas na época banhar por milhares de veraneantes, não podem ser continuamente esquecidas. É importante sensibilizar o cidadão comum para estes flagelos, pois só através de uma consciencialização crescente e de uma tomada de decisão política, é possível resolver estes problemas.

No CMFD é possível desenvolver vários projectos com vista à sua rentabilização e projecção. Como local privilegiado para o estudo e prática da Geologia, considera-se que o projecto "Geologia no Verão" promovido, desde 1998, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia em colaboração com o Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, é um importante trunfo, uma forte aposta na divulgação da geologia da zona. Aficionados ou simplesmente curiosos, muitos têm sido os interessados que participam neste tipo de iniciativa. Com o contributo deixado por esta dissertação, nomeadamente através do seu livro-guia, será agora possível desenvolver viagens de campo com maior qualidade, focalizando-nos, agora, em aspectos específicos da faixa litoral.

Como se pode verificar, o CMFD e toda a zona envolvente encontram-se recheados de motivos de interesse (Amorim, 1983). Aliada a toda a paisagem natural existe uma paisagem humana historicamente rica e culturalmente variada. Os monumentos que se podem visitar, apesar de dispersos, demonstram o carinho que a população do Porto depositou numa área de lazer, como a Foz do Douro. O património geológico complementa toda esta riqueza, e quantos não ficariam orgulhosos em saber que a sua cidade possui afloramentos rochosos importantes do ponto de vista didáctico e científico. Apesar de actualmente a zona litoral se encontrar em profundas modificações estéticas, seria importante alertar o poder político para o património natural aí existente. Estes esforços já começaram a ser desenvolvidos pelo Departamento de Geologia, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Estamos convictos que serão ouvidos todos os principais intervenientes e que esta orla litoral, apesar de bela, o será em toda a sua plenitude.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- Abranches, M. C. B., Canilho, M. H. & Canêlhas, M. G. S., 1979. Idade absoluta pelo método do Rb-Sr dos granitos do Porto e de Portalegre (Nota preliminar). *Bol. Soc. geol. Portg.*, Lisboa, 21, 2/3: 239-248.
- Amorim, D. P., 1983. Foz: um espaço a preservar no quotidiano e na História. In: *O Tripeiro, Porto, Série Nova*, Ano II, 7/8: 232-238.
- Andrade, M., 1943a. Plantas Antigas da Cidade: Século XVIII e primeira metade do século XIX, p. 3-5. Câmara Municipal do Porto, Gabinete de História da Cidade. Porto.
- Andrade, M. M., Borges, F. S., Marques, M. M., Noronha, F. & Serrano Pinto, M., 1983b. Contribuição para o conhecimento da faixa metamórfica da Foz do Douro (Nota prévia). In: *Resumos, I Congresso Nacional de Geologia*. Universidade de Aveiro, Sociedade Geológica de Portugal. Aveiro.
- Andrade, M. M., Marques M., Noronha, F. & Lemos de Sousa, M. J., 1979c. Livro-Guia das Excursões geológicas, VI Congresso sobre a Geologia do Oeste Peninsular, Porto, Oviado, 1979. *Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto*, 4ª Série, 91: 1-22.
- Antunes, M. T., 1991. Ensino da Geologia: perspectivas científicas, p. 9. Universidade Aberta. Lisboa.
- Araújo, M. A., 1997. O interesse científico e a necessidade de conservação da área do Sampaio (Labruge, Vila do Conde). *Territorium, Coimbra*, 4: 125-132.
- Arlegui, L. E., Pardo, A. & Gonzalvo, C., 1999. El hipertexto como herramienta docente en Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7, 1: 8-15.
- Assunção, C. T., 1955. Granito do Minho e do Porto – Notas petrográficas. *Rev.Fac.Ciênc.*, Lisboa, 2ª Sér., C – Ciências Naturais, 5: 85-110.
- Assunção, C. F. T., 1962. Rochas Graníticas do Minho e Douro. Novos elementos para o seu conhecimento. *Mem. Serv. geol. Portg.*, Lisboa, N.S., 10: 33-65.
- Barbosa, B., Ferreira, N. & Barra, A., 1999. Importância da Geologia na Defesa do Património Geológico, no Geoturismo e no Ordenamento do Território. *Geonovas*, Lisboa, 13: 22-33.
- Barnes, J. W., 1995. *Basic Geological Mapping*. 3rd Ed., 122 pp. John Wiley & Sons Ltd. New York, N.Y.
- Basto, A. M., 1939. A Foz há 70 anos. Colégio Brotero. Porto.
- Basto, A. M., 1955. Alberto Pimentel e a Foz. *O Tripeiro, Porto, Série V*, 6: 161.
- Borges, F. S., 1984a. Dobras. In: *Geologia Estrutural (Parte I)*. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Policopiado).
- Borges, F. S., 1984b. Estruturas Planares. In: *Geologia Estrutural (Parte I)*. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Policopiado).
- Borges, F. S., 1984c. Falhas. In: *Geologia Estrutural (Parte I)*. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Policopiado).
- Borges, F. S., 1998. Mecanismos de deformação-fracturação: breve revisão. In: Chaminé, H. I., Dias, A. G., Ribeiro, M. A. & Borges, F. S., *Coords, 4ª Conferência Annual CGET, Porto, 1998. GEOLOGOS*, Porto, 2: 7-14.
- Borges, F. S., Noronha, F. & Marques, M., 1985. Excursão Geológica no Complexo Gnáissico da Foz do Douro. In: *Livro-guia das excursões geológicas da IX Reunião de Geologia do Oeste Peninsular, Porto, 1985*. Universidade do Porto.

- Borges, F. S., Noronha, F. & Marques, M., 1987. Metamorphic terrains of Foz do Douro. In: Ribeiro, A., Dias, R., Pereira, E., Merino, H., Borges, F. S., Noronha, F. & Marques, M., Coords, Guide-book for the Miranda do Douro-Porto Excursion. Conference on Deformation and Plate Tectonics, Oviedo, p. 11-19.
- Boswell, J., 1980. Manual de Sobrevivência. 3ª Ed., p. 33-36. Publicações Europa-América. Lisboa.
- Branco, R., 1995. Mediana - Guias das Freguesias do Porto: Nevogilde, p. 7-33. Mediana/Edições Afrontamento.
- Brandão, D. P., 1983. São Miguel de Nevogilde (Porto): A sua Igreja – breves apontamentos sobre a história da freguesia. Igreja de S. Miguel de Nevogilde, Porto.
- Bravo, M. S. & Abrunhosa, M. J., 1978. Sobre a petrografia, composição e origem dos anfíbolitos da Foz do Douro (Porto-Portugal). Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 4ª Sér., 95: 7-26.
- Brilha, J. B., Dias, G., Mendes, A., Henriques, R., Azevedo, I. & Pereira, R., 1999. A Internet e a divulgação do património geológico. In: Comunicações, I Seminário sobre o Património Geológico Português. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, Alfragide.
- Brilha, J. B. R. & Henriques, R., 2000. Desenvolvimento de aplicações educativas em Geologia: um exemplo. In: Ciências da Terra – Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação em Geologia, Monte da Caparica, 2000. Número Especial, 4: 37-42. Centro de Estudos Geológicos, Faculdade Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Brilha, J. B. R. & Legoinha, P. A. R. R., 1998. Internet: uma nova estratégia para o Ensino das Ciências da Terra. In: Azerêdo, A., Coord., Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Resumos Alargados, Lisboa, 1998. Comun. Inst. geol. min., Lisboa, 84, 2: H8-H11.
- Callixto, C. P., 1986. Apontamentos para a História do Forte de São Francisco Xavier do Queijo. Juntas de Freguesia de Nevogilde e Foz do Douro. Porto.
- Carvalho, G.S., 1985. A Evolução do Litoral (Conceitos e Aplicações). Geonovas, Lisboa, 8/9: 3-15.
- Carvalho, G.S., Alves, A. C. & Granja, H., 1986. A Evolução e Ordenamento do Litoral do Minho – A Norte do Rio Ave até ao Rio Minho. In: Comunicação, II Congresso Nacional de Geologia. Lisboa.
- Chaminé, H. G. I. O., 2000. Estratigrafia e Estrutura da Faixa Metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): Implicações Geodinâmicas, 497 pp. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Tese de Doutoramento).
- Chaminé, H. I., Fonseca, P. E., Noronha, F., Ribeiro, A. & Lemos de Sousa, M. J., in prep. Tectonoestratigrafia da faixa metamórfica de Porto-Albergaria -a-Velha.
- Chaminé, H. I. & Gaspar, A. F., 1995. Estudo da compartimentação de maciços rochosos pela Técnica de Amostragem Linear. Aplicação a uma travessa da Mina de Carvão de Germunde. Estud., Notas e Trab., Inst.geol.min., Porto, 37: 97-111.
- Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI, 1996. Educação: um tesouro a descobrir.. Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI, p. 164. 2ª Ed., Edições ASA. Porto.
- Compton, R. R., 1985. Geology in the field, p. 10-47. John Wiley & Sons. New York. N.Y.
- Coque, R., 1977. Geomorphologie, p. 9-33. Armand Colin. Paris.
- Correia, M. L. M., Fidalgo, M. L. & Baleux, B., 1997. Conservation des zones littorales du nord-ouest de Portugal. In: Actes du Colloque Bordomer 97 – Amenagement et Protection de L'Environnement Littoral. Palais des Congrès de Bordeaux, Bordeaux, 1997.
- Costa, D. A., 1958. A Foz de outros tempos. In: O Tripeiro, Porto, Série V, Ano XIV, 5: 142.

- Costa, J. C., 1938. Geologia. In: Bastos, C., Coord., Nova Monografia do Porto, p. 25-35. Porto.
- Costa, J. C., 1941. Do conhecimento geológico de Portugal Continental. An. Fac Ciênc. Porto, Porto, 26: 207-229.
- Costa, J. C., 1945. Um esboço geológico. Bol. Soc. geol. Portg., Porto, 4, 3: 223-228.
- Costa, J. C. & Teixeira, C., Coords., 1957a. Carta Geológica de Portugal, escala 1/50 000, folha 9-C - Porto. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Costa, J. C. & Teixeira, C., 1957b. Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000. Notícia Explicativa da Folha 9-C - Porto, p. 19-29. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Couto, H. & Dias, A. G., 1998a. Parque Paleozóico - Exemplo de património geológico. In: Azerêdo, A., Coord., Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Resumos Alargados, Lisboa, 1998. Comun. Inst. geol. min., Lisboa, 84, 2: G14-G17.
- Couto, H. & Dias, A. G., 1998b. Parque Paleozóico de Valongo – Património Geológico. Câmara Municipal de Valongo. Valongo. (Prospecto de Divulgação).
- Dallmeyer, R. D. & Martínez-García, E., 1990. Introduction to the Pre-Mesozoic Geology of Iberia. In: Dallmeyer, R. D. & Martínez-García, E., Eds, Pre-Mesozoic Geology of Iberia, p. 3-4. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Davis, G. H. & Reynolds, S. J., 1996. Structural Geology of Rocks and Regions, p. 704-730. John Wiley & Sons, Inc.
- Debelmas, J., Pecher, A., Barfety, J. P., 1989. Guide géologique du Parc National des Écrins - Itinéraires de découverte. BRGM Éditions, Parc national des Écrins.
- Debelmas, J. & Rampnoux, J. P., 1994. Guide géologique du parc national de la Vanoise - Itinéraires de découverte. BRGM Éditions, Parc national de la Vanoise, Conseil général de Savoie.
- Dercourt, J. & Paquet, J., 1986. Geologia – Objectos e Métodos, p. 267-268. Livraria Almedina. Coimbra.
- Delgado, J. F. N., 1905. Contribuições para o estudo dos terrenos paleozóicos. Commun. Commiss. Serv. geol. Portg., Lisboa, 6: 56-122.
- Dias, J. M. A., 1990. A Evolução Actual do Litoral Português. Geonovas, Lisboa, 11: 15-29.
- Dias, R. & Ribeiro, A., 1993. Porto-Tomar shear zone, a major structure since the beginning of the Variscan orogeny. Comun. Inst. geol. min., Lisboa, 79: 31-40.
- Dias, R. & Ribeiro, A., 1995. The Ibero-Armorican Arc: A collision effect against an irregular continent? Tectonophysics, Amsterdam, 246: 113-128.
- Dinis, J. 1959. Uma Família Inglesa, p. 50. Livraria Figueirinhas. Porto.
- Elizaga Muñoz, E., 1988. Georrecursos Culturales. In: Geologia Ambiental, p. 85-100. Instituto Geologico y Minero de España. Madrid.
- Falkplan, S.d. Roteiro da Cidade do Porto, escala 1/17500. Falk-Verlag. AG. Hamburg.
- Fernandes, [J.] A. R., 1989. A Foz - Entre o Rio, o Mar e a Cidade. In: O Progresso da Foz, p. 19-41. Associação de Cultura e Turismo da Foz (Nevogilde e Foz do Douro)/Juntas de Freguesia da Foz do Douro e de Nevogilde. Porto.
- Fernandes, [J.] A. V. R., 1987. A Foz. Rev.Fac. Letras-Geografia, Porto, I Série, 3: 13-21.

- Fernandes, N., 1997. S. Miguel de Nevogilde - O Homem, o espaço e o lazer. In: O Progresso da Foz, p. 15-96. Junta de Freguesia de Nevogilde. Porto.
- Ferreira, [D.] V., 1999. Nevogilde há 50 anos. 1ª Edição, p. 20. O Progresso da Foz. Porto.
- Ferreira, J., Araújo, M. A. & Gomes, A. A., 1995. Contribuição para o conhecimento geológico e geomorfológico da praia de Lavadores (Vila Nova de Gaia). In: Borges, F. S. & Marques, M. M., Coords, IV Congresso Nacional de Geologia, Porto, 1998, Resumos Alargados. Mem. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 4: 411-415.
- Ferreira, N., Iglesias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A. & Ribeiro, M. L., 1987. Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J. C., López Plaza, M. & Rodríguez Alonso, M. D., Eds, Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico, Libro de Homenaje a L. C. García de Figuerola, p. 37-51. Editorial Rueda. Madrid.
- Fiel, J., 1983. Um Século da Atribulada História dos Transportes Públicos no Porto. O Tripeiro, Porto, Série Nova, Ano II, 7/8: 196.
- Fleury, E., 1919/1922. Les plissements hercyniens en Portugal (Ridements calédoniens et dislocations atlantiques). Comun. Serv. geol. Portg., 13: 65-83.
- Frade, A., Cunha, F. & Henriques, M. J., 1995. Dicionário Breve de Ciências da Natureza. 1ª Edição. Editorial Presença. Lisboa.
- Freeman, T., 1999. Procedures in Field Geology, p. 1-63. Blackwell Science. London.
- Freire de Andrade, C., 1997. Dinâmica, Erosão e Conservação das Zonas de Praia. Lisboa Expo '98[®]. Lisboa.
- Garcia-Ramos, J. C., Aramburu, C., Pifuela, L. & Lires, J., 2000. La costa de los dinosaurios - Rutas por el Jurásico de Asturias. Consejería de Educación y Cultura del Principado de Asturias. (Prospecto de divulgação).
- Galopim de Carvalho, A. M., 1984. Aspectos gerais da geomorfologia da Península Ibérica. Geonovas, Lisboa, 1, 7: 133-142.
- Galopim de Carvalho, A. M., 1997. Geologia - petrogénese e orogénese, p. 97-104. Universidade Aberta. Lisboa.
- Galopim de Carvalho, A. M., 1998. Geomonumentos - Uma reflexão sobre a sua classificação e enquadramento num projecto alargado de defesa e valorização do Património Natural. In: Azerêdo, A., Coord, Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Resumos Alargados, Lisboa, 1998. Comun. Inst. geol. min., Lisboa, 84, 2: G3-G5.
- Garcia de la Torre, E., 1994. Metodología y Secuenciación de las Actividades Didácticas de Geología de Campo. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2, 2/3: 340-353.
- Gomes, F. V. & Pinto, F. T., 1997. A opção "protecção" para a costa oeste portuguesa. In: Colectânea de Ideias Sobre a Zona Costeira de Portugal, 1997, p.163-190. Eurocoast Portugal.
- Gonçalves, L. S. M., 1985. Metamorfismo: Algumas Transformações Mineralógicas. Geonovas, Lisboa, 8/9: 31-50.
- Granja, H. M., 1992. Zona costeira: evolução e ordenamento. In: A Geologia e o Ambiente, Lisboa, 1992. Geonovas, Número especial 1: 57-63.
- Henriques, C., Ferreira, H., Pereira, P., Carvalho, V., Ferreira, N., Pereira, E., Futuro, A. & Leite, A., 2000. Os multimédia no ensino da geodinâmica Portuguesa. Projecto PETRA: um recurso em construção. In: Ciências da Terra - Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação em Geologia, Monte da Caparica, 2000, Número especial, 4: 31-36. Centro de Estudos Geológicos, Faculdade Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

- Jorge, F., Monteiro, A. & Menéres, A., 2000. O Porto visto do céu. Argumentum. Lisboa.
- Julivert, M., Fontboté, J. M., Ribeiro, A. & Conde, L. E. N., 1974. Mapa Tectónico de la Península Ibérica Y Baleares, Escala 1:1000 000. Memoria Explicativa, 113 pp. Instituto Geologico Y Minero de España. Madrid.
- Lacroix, A., 1933. Sur quelques granites des environs de Porto. Anais Fac. Ciênc. Porto, 18, 1: 43-48.
- Legoinha, P., Brilha, J. B. R. & Neves, L., 2000. Geologia e Internet em Portugal. In: Ciências da Terra – Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação em Geologia, Monte da Caparica, 2000, Número Especial, 4: 9-16. Centro de Estudos Geológicos, Faculdade Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Leitão, J., 1907. Guia Ilustrado da Foz, Mattosinhos, Leça e Lavadores, p. 3. Porto.
- Leterrier, J. & Noronha, F., 1998. Evidências de um plutonismo calcoalcalino Cadomiano e de um magmatismo tipo MORB no Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Porto). In: Azerêdo, A., Coord., Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Resumos Alargados, Lisboa, 1998. Comun. Inst. geol. min., 84, 1: B146-B149.
- Loczy, L. & Ladeira, E., 1981. Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica, p. 506-509. Edgard Blucher, Ltd. São Paulo.
- Lopes, C., Póvoas, L. & Galopim de Carvalho, A. M., 1991. Museus, Divulgação e Ensino de Geologia. Mein. Not., Coimbra, 112: 583-589.
- Macromedia, Ed., 1997. Macromedia® Director® 6 - Using Director. p. 9-13. Macromedia. San Francisco.
- Magalhães, J., 1995. Roteiro prático da Internet, p. 177. 2ª Ed. Quetzal Editores. Lisboa.
- Maia, S. O., 1988. Onde o rio acaba e a Foz do Douro começa. In: O Progresso da Foz, p. 13-141. Junta de Freguesia da Foz do Douro. Porto.
- Marques, [J.] E., 1999. Manual de orientação topográfica, p. 12-33. Agrupamento 465 do Corpo Nacional de Escutas. V. N. Gaia, Stº Ovídio.
- Marques, L., Praia, J. & Rebelo, D., S.d a. A Influência do Trabalho de Campo no Ensino e na Aprendizagem da Geologia. (Policopiado).
- Marques, L., Praia, J., Aurora, A. & Leite, A., 1997. Repensar o Trabalho de Campo em Ciências-Naturais: Uma Necessidade Epistemológica-Didáctica. Enseñanza de las Ciencias, V Congreso, Número Extra, p. 345-347.
- Marques, L., Praia, J., Futuro, A. & Leite, A., S.d b. Repensar el Trabajo de Campo en Ciencias-Naturales: Una Necesidad Epistemológico-Didáctica. (Policopiado).
- Marques, M., Flores, D., Pinto de Jesus, A. & Guerner Dias, A., Coords, 1994. Geologia dos Arredores do Porto. In: Livro-Guia da Excursão geológica do XIV Curso de Actualização de Professores de Geociências, p. 1-10. Braga.
- Marques, M., Noronha, F., Flores, D. & Rodrigues, B., 2000. Geologia da faixa costeira Lavadores-Porto. In: Livro-guia da excursão geológica do XX Curso de Actualização de Professores de Geociências, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto/Associação Portuguesa de Geólogos. Porto.
- Martins, F. M. C. P. F., 1999. Enquadramento Institucional e Legal. In: Curso de Formação: Ordenamento e Gestão da Zona Costeira, 1999, p.1-33. Associação Eurocoast – Portugal.

- Mendes, F., 1967/1968. Contribution à l' étude géochronologique, par la méthode au strontium, des formations cristallines du Portugal. Bol. Mus. Labor. Miner. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Lisboa, 11, 1: 3-155. (Tese de doutoramento).
- Monteiro, A., 1997. O Clima Urbano do Porto – Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território, p. 39-40. Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica. Lisboa.
- Monteiro, F. C., 1873a. A Foz em 1873: Despedida dos Banhistas. In: O Tripeiro, Porto, 1910. Série I, Ano III, 78: 86-87.
- Monteiro, F. C., 1873b. Scenas da Foz: A Praia dos Banhos. In: O Tripeiro, Porto, 1909. Série I, Ano II, 41: 70-71.
- Montgomery, C. W., 1997a. Environmental Geology, 5th Ed., p. 151-169. WCB/McGraw-Hill.
- Montgomery, C. W., 1997b. Fundamentals of Geology. 3rd Ed., p. 224-240. Wm. C. Brown (Publishers).
- Morais, J. & Garção, J., 1997. A Mudança Global e a Zona Costeira, 15 pp. Lisboa Expo'98[®]. Lisboa.
- Neiva, J. M. C., 1943. A idade dos granitos portugueses. Bol. Soc. geol. Portg., Porto, 3, 1/2: 49-69.
- Neiva, J. M. C., 1944. A idade dos granitos do Maciço Hespérico. An. Fac. Ciênc. Porto, Porto, 24: 223-227.
- Nobre, A., 1892. Traços Geológicos das Praias do Porto. Bol. Atheneu Commenc. Porto, Ano 2, p.129-139.
- Noronha, F., 1994. Geologia e Tectónica. In: Carta Geotécnica do Porto, Vol. 1, Tomo 1 – Memória, p. 36-49. Câmara Municipal do Porto, COBA, FCUP.
- Noronha, F., 2000. Enquadramento geológico da região do Porto. In: XX Curso de Actualização de Professores de Geociências, Porto, 2000, p.1-4. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Associação Portuguesa de Geólogos. Porto.
- Noronha, F. & Leterrier, J., 1995. Complexo Metamórfico da Foz do Douro. Geoquímica e geocronologia. Resultados preliminares. In: Borges, F. S. & Marques, M. M., Coords, IV Congresso Nacional de Geologia, Porto, 1998, Resumos Alargados. Mem. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 4:769-774.
- Noronha, F., Ramos, J. M., Rebelo, J. A., Ribeiro, A. & Ribeiro, M. L., 1979. Essai de corrélation des phases de déformation hercynienne dans le Nord-Ouest Péninsulaire. Bol. Soc. geol. Portg., 21, 2/3: 227-237.
- Oliveira, J. T., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, M. T. & Monteiro, J. H., Coords., 1992. Carta Geológica de Portugal à escala 1/500 000, 5^a Edição, 2 folhas. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Orion, N. & Hofstein, A., 1994. Factors that Influence Learning during a Scientific Field Trip in a Natural Environment. J. Res. Sci.Teaching, 31, 10: 1097-1119.
- Orion, N. & Hofstein, A., 1991. The measurement of students' attitudes to wards scientific field trips. Science Education, 75: 513-523.
- Ortigão, R., 1876. A Foz. In: O Tripeiro, Porto, Série I, Ano II, 62 (1910):142.
- Pena, A. & Cabral, J., 1996. Roteiros da Natureza - Região de Lisboa e Vale do Tejo. Temas e Debates.
- Pereira, D. I. & Brilha, J. B., 2000. Virtual field trip in the Mirandela region (NE Portugal) – An example of how to improve Geoscience education. In: Ciências da Terra – Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação em Geologia, Monte da Caparica, 2000. Número Especial, 4: 59-62. Centro de Estudos Geológicos, Faculdade Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

- Pereira, E. & Ribeiro, A., 1992. Paleozóico: Estratigrafia. In: Pereira, E., Coord., Carta Geológica de Portugal na escala 1/200 000. Notícia Explicativa da Folha 1, p. 9-22. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Pereira, E., Coord, 1989. Carta Geológica de Portugal, escala 1/200 000, Folha 1. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Pereira, [M.] F. C., 1999. Caracterização da estrutura dos domínios setentrionais da Zona de Ossa-Morena e seu limite com a Zona Centro-Ibérica, no nordeste alentejano, p.25-26. Universidade de Évora. (Tese de Doutoramento).
- Pereira, R., Brilha, J. & Dias, G., 2000. Percursos Virtuais no Parque Nacional da Peneda-Gerês – um contributo para o Ensino das Ciências da Terra. In: Ciências da Terra – Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação em Geologia, Monte da Caparica, 2000. Número Especial, 4: 43-50. Centro de Estudos Geológicos, Faculdade Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Pimentel, N. L., 1999. A Ponta do Telheiro (Costa Vicentina, SW de Portugal) – ideias para a valorização de um Geomonumento. In: Comunicações, I Seminário sobre o Património Geológico Português. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, Alfragide.
- Popp, J. H., 1998. Geologia Geral. 5ª Edição. Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. Rio de Janeiro.
- Póvoas, L. & Lopes, C., 1998. Construir uma Memória da Terra para o futuro. In: Azerêdo, A., Coord, Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Resumos Alargados, Lisboa, 1998. Comun. Inst. geol. min., Lisboa, 84, 2: G10-G13.
- Póvoas, L., Lopes, C., Moreira, F.J. & Galopim de Carvalho, A. M., 1995. Divulgação em Geologia e Cidadania. In: Borges, F. S. & Marques, M. M., Coords, IV Congresso Nacional de Geologia, Porto, 1998, Resumos Alargados. Mem. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 4:203-208.
- Praia, J. F., S.d. Para uma metodologia do trabalho de campo (TC). Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Policopiado).
- Praia, J. & Marques L., 1998. Educação em Geociências em Portugal: contributos para uma análise dos currículos dos 7º e 10º anos. In: Azerêdo, A., Coord., Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Resumos Alargados, Lisboa, 1998. Comun. Inst. geol. min., 84, 2: H16-H19.
- Praia, J. & Marques, L., 1997. Para uma Metodologia do Trabalho de Campo: contributos da Didáctica da Geologia. *GEOlogos*, Porto, 1: 27-33.
- Press, F. & Siever, R., 1998. Understanding Earth, 2nd, p. 418-435. W. H. Freeman and Company. New York. N. Y.
- Quesada, C., 1992. Evolución tectónica del Macizo Ibérico (una historia de crecimiento por acreencia sucesiva de terrenos durante el Proterozoico superior y el Palaeozoico). In: Gutiérrez Marco, J. G., Saavedra, J. & Rábano, I., Eds, Paleozoico inferior de Ibero-América, p. 174-190. Universidad de Extremadura.
- Rebelo, D., 1998. Descrição e Caracterização do Projecto de Investigação: A influência do Trabalho de Campo Alternativo e Investigativo no Ensino e na Aprendizagem da Geologia. In: Workshop, 1998. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro. Aveiro.
- Rebelo, D. [H. V. J], 1998. O Trabalho de Campo em Geociências na Formação de Professores, p. 1-34. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro. (Tese de Doutoramento).
- Rebelo, D., Marques, L. & Praia, J., 1999. O Trabalho de Campo no Ensino das Geociências: um Exemplo de Construção de Materiais Curriculares para o Cabo Mondego. *Geonovas*, Porto, 13: 58-64.

- Rebelo, J. A., S.d. As Cartas Geológicas ao serviço do desenvolvimento, p. 13-42. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa.
- Reis, R. P., 1999. O Conteúdo dos elementos do património geológico. Ensaio de qualificação. In: Comunicações, I Seminário sobre o Património Geológico Português. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, Alfragide.
- Ribeiro, A., 1974. Contribution à l' étude tectonique de Trás-os Montes Oriental. Mem. Serv. Geol. Portg., N.S., 24, 168 pp., Carte hors texte. (Tese de doutoramento).
- Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M. P., Rocha, R. B., Soares, A. F., Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D & Monteiro, J. H., 1979. Introduction à la géologie générale du Portugal, p. 1-45. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Ribeiro, A. & Pereira, E., 1992. Tectónica: Hercínica e Pré-Hercínica. In: Pereira, E., Coord., Carta Geológica de Portugal na escala 1/200 000. Notícia Explicativa da Folha 1, p. 51-57. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Ribeiro, A., Pereira, E. & Severo, L., 1980. Análise da deformação da zona de cisalhamento Porto-Tomar na transversal de Oliveira de Azeméis. Comun. Serv. geol. Portg., 66:3-9.
- Ribeiro, A., Quesada, C. & Dallmeyer, R. D., 1990. Geodynamic evolution of the Iberian Massif. In: Dallmeyer, R. D. & Martínez García, E., Eds, Pre-Mesozoic Geology of Iberia, p. 399-409. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Ribeiro, [M.] L. & IGM, 1997. A Geologia da Peninha - Sintra. Parque Nacional de Sintra-Cascais, Instituto da Conservação da Natureza.
- Ribeiro, [M.] L. & Ramalho, M. M., 1998. Notícia explicativa da carta geológica simplificada. Parque Nacional de Sintra-Cascais, Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa.
- Rosas da Silva, D. J., 1936. Granitos do Porto, p. 19-59. Porto.
- Serpa Pinto, R., 1932. Daniel Sharpe e a Geologia Portuguesa. An.Fac. Ciênc. Porto, Porto, 17: 193-203
- Serrano Pinto, M., 1984. Granitóides caledónicos e hercínicos na zona de Ossa-Morena (Portugal) - Nota sobre aspectos geocronológicos. Mem. Not., Coimbra, 97: 81-94.
- Serrano Pinto, M., 1985a. Carboniferous granitoids of Portugal: some geochemical and geochronological aspects. In: Lemos de Sousa, M. J. & Wagner, R. H., Eds, Papers on the Carboniferous of the Iberian Peninsula (Sedimentology, Stratigraphy, Palaeontology, Tectonics and Geochronology). An. Fac. Ciênc., Porto, Supl. Vol. 64 (1983): 15-33.
- Serrano Pinto, M., 1985b. Escala geocronológica de granitóides portugueses ante-mesozóicos: uma proposta. Mem. Not., Coimbra, 99: 157-166.
- Serrano Pinto, M., Casquet, C., Ibarrola, E., Corretgé, L. G. & Ferreira, M. P., 1987. Síntese geocronológica dos granitóides do Maciço Hespérico. In: Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J. C., López Plaza, M- & Rodríguez Alonso, M. D., Eds, Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico, Libro de Homenaje a L. C. García de Figuerola, p. 69-86. Editorial Rueda. Madrid.
- Serviço Cartográfico do Exército, 1981. Carta Militar de Portugal, escala 1/25 000, folha 122 - Porto. 2ª Ed.
- Sharpe, D., 1849. On the Geology of the neighbourhood of Oporto, including the Silurian Coal and Slates of Vallongo. Quart. J. Geol. Soc. London, 5: 142-153.
- Silva, A., Marques, L., Leite, A. & Praia, J., S.d. Para uma didáctica da aula de campo em Geologia. (Policopiado).

- Silva, [J. C.] V., 2000. A faixa marítima da Foz – Uma ambiente a preservar. *Jornal “O Progresso da Foz”*, 6, 60: 3.
- Silva, N., 2000a. Banhos perigosos nas praias da Foz. *Jornal de Notícias*, 113, 85: 3.
- Silva, N., 2000b. Perigo à espreita nas praias fluviais. *Jornal de Notícias*, 113, 61: 3.
- Simões, M., 1992. Paleozóico: Granitóides. In: Pereira, E., Coord., *Carta Geológica de Portugal na escala 1/200 000. Notícia Explicativa da Folha 1*, p. 27-46. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Soares de Andrade, A. A., 1985. Evolução (Paleogeográfica) do Território (Continental) Português. *Geonovas*, Lisboa, 8/9: 53-68.
- Soares, R. M. V., 1999. Abordagem didáctica ao património geológico de Arouca-Castelo de Paiva - Vale de Cambra. Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro. (Tese de Mestrado).
- Teixeira, C., 1943. O paleozóico ibérico e os movimentos caledónicos e hercínicos (breve ensaio de paleogeografia). *Bol. Soc. geol. Portg.*, Porto, 3, 1/2: 18-19.
- Teixeira, C., 1955. Notas sobre Geologia de Portugal. O Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordoviciano, p. 9-20. Lisboa.
- Teixeira, C., 1970. Aspectos geológicos da orla litoral do Porto e de V. N. Gaia. *Naturalia*, Lisboa, 10, 1: 13-29.
- Teixeira, C., 1976. Acerca da idade das rochas graníticas portuguesas. *Bol. Soc. geol. Portg.*, Lisboa, 20, 1/2: 131-163.
- Teixeira, C., 1979. O Precâmbrico de Portugal. *Bol. Soc. geol. Portg.*, Lisboa, 20, 2/3: 129-136.
- Teixeira, C., 1981. Geologia de Portugal, Vol. 1 – Precâmbrico, Paleozóico, p. 93-98. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Uceda, A. C., 1996a. El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. In: *El Patrimonio Geológico - Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*, p. 17-27. Sociedade Espanhola de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Comisión del Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid.
- Uceda, A. C., 1996b. Propuesta criterios para la clasificación y catalogación del patrimonio geológico. In: *El Patrimonio Geológico - Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*, p. 29-38. Sociedade Espanhola de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Comisión del Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid.
- Valcarce, E. G. & Cortés, A. G., 1996. Concepto de Patrimonio Geológico. In: *El Patrimonio Geológico - Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*, p. 11-16. Sociedade Espanhola de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Comisión del Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid.
- Victor Pinto, X. F. & Casas, A., 1998. Utilización de diferentes herramientas software para la enseñanza de la geología ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6, 3: 264-269.
- Vieira de Oliveira, H., 1989. Achegas para a história do Porto de Carreiros In: *O Progresso da Foz*, p. 21-83. Nevogilde. Porto.

SITES CONSULTADOS

[http://www. geo.ucalgary.ca/~macrae/timescale/timescale.html](http://www.geo.ucalgary.ca/~macrae/timescale/timescale.html) (consulta 23/01/2001, 22:33h).

SUPORTES CD-ROM

Microsoft® Encarta® Encyclopedia, 2000. Product ID: 51340-442-5019175-81719, Version: 9.0.0.0702. ©® 1993-1999 Microsoft Corporation.

Diciopédia® - O Poder do Conhecimento, 2001. Porto Editora Multimédia Lda. Porto.

Softideia, 1997. Conhecer Portugal – Volume 4: Concelho do Porto. Versão 1.0. Softideia – Informação Automática Lda.

ANEXOS

ANEXO 1

Livro-Guia com Roteiro Para Professores no Complexo Metamórfico da Foz do Douro

FACULDADE DE CIÊNCIAS – UNIVERSIDADE DO PORTO

Departamento de Geologia



José Carlos Borges Vieira da Silva

Porto, 2001

ÍNDICE

1. Enquadramento Geodinâmico e Geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro	167
1.1 – Enquadramento Geodinâmico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro	167
1.2 – Geologia do Complexo Metamórfico da Foz do Douro	171
2. Itinerário Geológico no Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD)	175
2.1 – Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD)	175
2.2 – Caracterização dos Afloramentos	178
<i>Paragem 1</i>	178
<i>Paragem 2</i>	184
<i>Paragem 3</i>	192
<i>Paragem 4</i>	198
<i>Paragem 5</i>	206
<i>Paragem 6</i>	211
Referências	216

**ENQUADRAMENTO GEODINÂMICO E GEOLÓGICO DO
COMPLEXO METAMÓRFICO DA FOZ DO DOURO (CMFD)**

1. ENQUADRAMENTO GEODINÂMICO E GEOLÓGICO DO COMPLEXO METAMÓRFICO DA FOZ DO DOURO (CMFD)

1.1 – Enquadramento Geodinâmico do CMFD

A Península Ibérica é essencialmente constituída por um fragmento da Cadeia Hercínica ou Varisca, limitado a SE e a N pela Cadeia Alpina e a W pelo Oceano Atlântico (Marques M. et al., 2000).

Uma significativa parcela das rochas que constituem a Península Ibérica resultaram de sedimentos que ter-se-iam depositado num antigo oceano cujo eixo teria a direcção NW-SE. Os sedimentos mais antigos depositaram-se no Pré-câmbrico e sofreram depois repetidos dobramentos e profundas modificações metamórficas, fruto principalmente de intrusões magmáticas. Sobre essas rochas já enrugadas e metamorfizadas, depositaram-se, posteriormente, os sedimentos paleozóicos em condições variáveis de profundidade e sedimentação (Marques M. et al., 2000).

No Carbonífero, sob a acção de forças resultantes da colisão de dois continentes, formou-se um novo dobramento com orientação NW-SE. Este longo e complexo processo de convergência, que inclui as etapas iniciais de subducção da crosta oceânica, culminando com a colisão de diversos blocos continentais, acabaria por originar a cadeia montanhosa Hercínica ou Varisca (Quesada, 1992; Chaminé, 2000; Marques M. et al., 2000).

A Península Ibérica caracteriza-se pela existência de várias zonas geotectónicas com características paleogeográficas, tectónicas, metamórficas e magmáticas distintas, que se dispõem paralelamente às linhas estruturais da Cadeia Ibérica (Julivert et al., 1974) (Fig. A1).

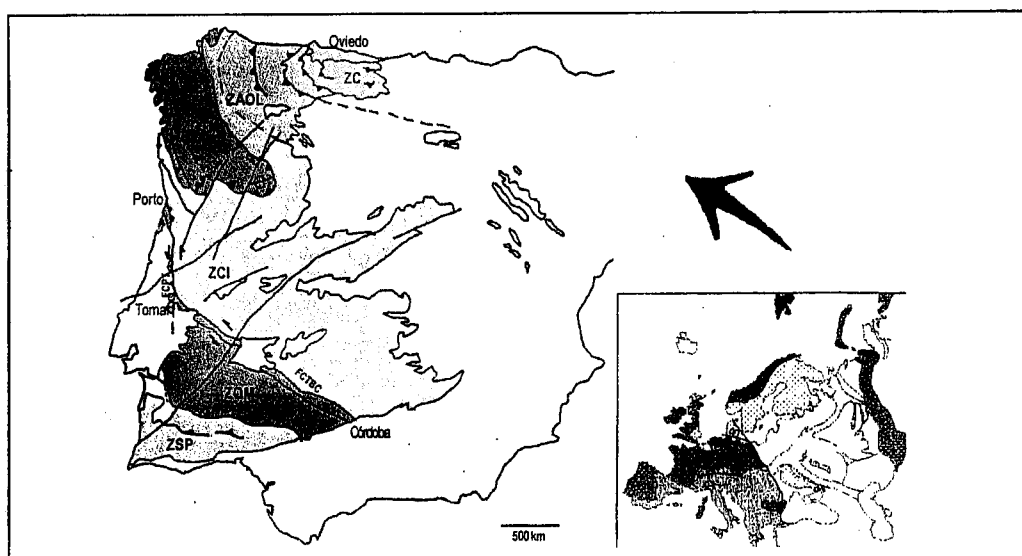


Figura A1 – Síntese das zonas geotectónicas da Pensínsula Ibérica (Chaminé, 2000)

Zc- Zona Cantábrica; ZAOL – Zona Astúrica-Occidental Leonesa; ZGTM- Zona Galiza-Trás-os-Montes; ZCI- Zona Centro-Ibérica; ZOM- Zona de Ossa Morena; ZSP- Zona Sul Portuguesa; FCPT- Faixa de Cisalhamento Porto - Tomar; FCTBC- Faixa de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba.

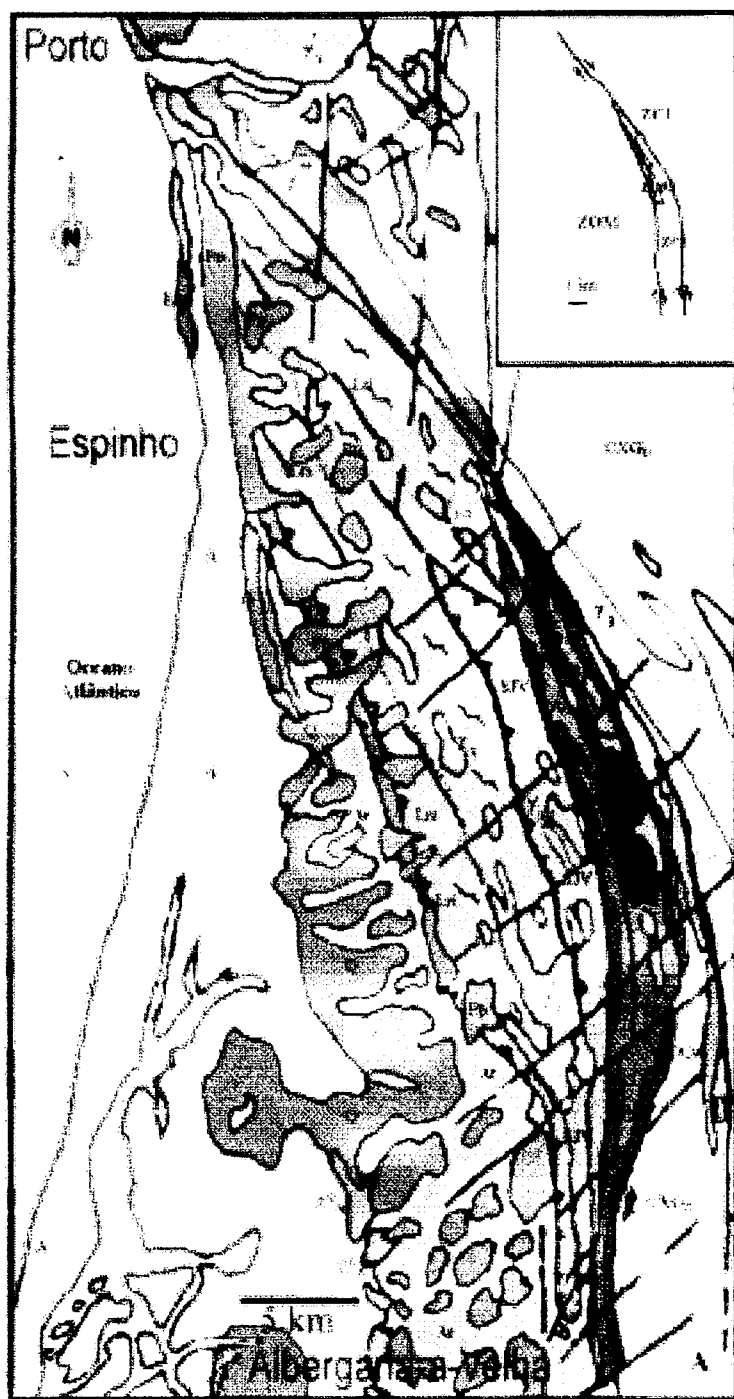
Interessa sobretudo referir o que se designa por Zona Centro-Ibérica (ZCI) e por Zona de Ossa Morena (ZOM).

Os terrenos da ZCI representam o autóctone do orógeno varisco, depois intruídos por intenso magmatismo granítico. São essencialmente constituídos por rochas metassedimentares do “Complexo Xisto-Grauváquico” (CXG) sobre as quais assentam, em discordância, as formações metassedimentares do Ordovícico, Silúrico e Devónico, principalmente bem visíveis a NE da cidade do Porto, na região de Valongo (anticlinal de Valongo) (Noronha, 2000). Os terrenos da ZOM são também predominantemente metamórficos e representam, na região do Porto, o soco Précâmbrico (Noronha, 2000).

Um dos principais contactos da cadeia Varisca da Península Ibérica efectua-se entre a ZOM e a ZCI (Chaminé, 2000; Noronha, 2000). A ZCI contacta a ocidente com uma faixa metamórfica de direcção geral de NNW-SSE, que se prolonga desde os arredores do Porto (Borges et al., 1985; Noronha, 1994) até Tomar (Oliveira et al., 1992), passando por Espinho e Albergaria-a-Velha (Chaminé, 2000, Chaminé et al., *in prep.*) (Fig. A2) e que se designa por faixa de cisalhamento de Porto-Tomar (Ribeiro A. et al., 1979) (Fig. A1). Esta faixa de idade proterozóica média-superior encontra-se incluída na ZOM (Chaminé, 2000; Chaminé et al., *in prep.*).

A região do Porto tem a particularidade de, sob o ponto de vista geológico, se situar no limite da ZCI com a ZOM, uma vez que a referida faixa de cisalhamento passa pela zona da Foz do Douro (Chaminé, 2000; Noronha, 2000).

A orogenia Varisca desempenhou um papel fundamental na geologia do NW da Península Ibérica. No entanto, não é unânime a opinião acerca do número e idade das fases tectónicas que actuaram sobre as formações ante-mesozóicas durante esta orogenia (Noronha, 1994, 2000, Noronha & Leterrier, 1995). Na região NW da Península é, contudo, habitual considerar a presença de três fases de deformação varisca (F1, F2 e F3) responsáveis pela estruturação da cadeia e consequentemente por foliações existentes nas rochas deformadas (Ribeiro A., 1974; Noronha et al., 1979). A presença simultânea das três fases e a sua importância relativa depende da posição no orógeno da área em estudo. Na região do Porto, devido ao seu posicionamento geotectónico, só são cartografáveis estruturas relacionadas com as fases F1 e F3 (Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995).



Cobertura Sedimentar

Holocénico: Aluviões; areias de duna e de praia (A)

Plio-plistocénico: Terraços fluviais e/ou marinhos (Q); terraços fluviais e lacustres (P_p)

Cretácico: C¹_A – Depósitos argilo-gresosos

Rochas Metassedimentares

Proterozóico médio-superior

Alóctone ZOM

Unidade de S. João-de-Ver (SJV)

Unidade de Pindelo (Pd)

Autóctone Relativo e Parautóctone ZOM

Unidade de Arada (Ar)

Unidade de Espinho /Esp)

Unidade de Lourosa (Lr):

Un. Lourosa superior (Lrs)

Un. Lourosa inferior (Lri)

“Complexo Metamórfico da Foz do Douro” (CMFD)

Ordovícico inferior-médio

Parautóctone ZCI

Unidade de Carvoeiro (O_{va})

Unidade do Quartzito “Armoricano” de Caldas de S. Jorge (O_{qa})

Câmbrico inferior (?) – Proterozóico superior

Autóctone ZCI

“Complexo Xisto-Grauváquico”:

Grupo das Beiras indiferenciado,

CXG_B

Grupo do Douro, CXG_D

Rochas Graníticas

γ''' – tardi a pósvariscos (pós-fase D₃ varisca)

γ'_3 – sin-variscos (sin-fase D₃ varisca)

γ_{1-2} – precoces e/ou ante-variscos

Figura A2 – Mapa geológico regional da faixa metamórfica Porto-Espinho-Albergaria-a-Velha (Chaminé, 2000)

No decurso da orogenia varisca, a sutura Porto-Tomar esteve activa desde F1 e durante F3 deu lugar a um desligamento direito (Ribeiro A. et al., 1980). Este desligamento constituiu uma zona de fraqueza, que facilitou a intrusão de granitóides variscos (Noronha, 1994; Noronha & Leterrier, 1995).

Vários esquemas de classificação têm sido propostos para os granitóides variscos e/ou ante-variscos do NW peninsular. No presente trabalho adoptou-se a classificação de Ferreira N. et al. (1987), que se baseia nas fases de deformação varisca que afectaram a Zona Centro-Ibérica e a Zona de Galiza-Trás-os-Montes. Nesta classificação podem-se distinguir diferentes tipos de granitóides relativamente à orogenia varisca (Quadro A1 e A2) (Ferreira N. et al., 1987; Chaminé, 2000).

Quadro A1 – Classificação geodinâmica dos granitóides do W Ibérico (Ferreira N. et al., 1987; Chamine, 2000)

Classificação geodinâmica de Ferreira N. et al. (1987)		
Pré-orogénicos	Granitos Precoces e/ou ante tectónicos	
Sin-orogénicos	Ante-fase D ₃	Granitos de duas micas ou biotíticos com restites
	Sin-fase D ₃	Granitóides biotíticos com plagioclase cálcica e seus diferenciados
		Granitos de duas micas ou biotíticos com restites
Tardi a pós-orogénicos	Granitos biotíticos com plagioclase cálcica (tardi a pós-fase D ₃)	

Quadro A2 – Cronologia das fases de deformação varisca para a ZCI (Chaminé, 2000)

Sistema	Série	Andar	Idade (Ma)	Fases de Deformação Varisca			
				D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
Pérmico	inferior		290				
Carbonífero	Superior	Estefaniano	303				
		Vestefaliano	309				
		Namuriano	327				
	inferior	Viseano	342				
		Tournasiano	354				
Devónico	Superior	Fameniano	364				
		Frasniano	370				
	Médio	Givetiano	380				
		Elfeliano	391				

c - compressão; d - distensão; D_n (n=1,2,3 e 4) - fases de deformação da Orogenia Varisca;
Coluna estratigráfica e Idades (Milhões de anos, Ma)

1.2 – Geologia do Complexo Metamórfico da Foz do Douro

A ocidente da cidade do Porto, na orla litoral entre o molhe de Felgueiras (Foz do Douro) e o Forte S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo) exhibe-se uma magnífica faixa metamórfica representada por rochas metassedimentares espacialmente associadas a diferentes tipos de ortognaisses que, no seu conjunto, constituem o Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD) (Noronha, 1994; Noronha & Leterrier, 1995; Marques M. et al., 2000). Integrado no bordo ocidental da Zona de Ossa Morena (ZOM), o CMFD é constituído por duas unidades tectostratigráficas distintas (Chaminé, 2000; Chaminé et al., *in prep.*): a *Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro* (UGFD) e uma unidade essencialmente constituída por metassedimentos, a *Unidade de Lordelo do Ouro* (ULO) (Fig. A3).

A UGFD é representada por diferentes tipos de ortognaisses, por vezes com corredores miloníticos (Marques M. et al., 2000). Com base em critérios petrográficos e estruturais distinguiram quatro tipos principais de ortognaisses (Borges et al., 1985, 1987): (i) gnaisses biotíticos; (ii) gnaisses leucocratas de tendência ocelada; (iii) gnaisses leucocratas e (iv) gnaisses leucocratas ocelados. Os dois primeiros tipos constituem o essencial da faixa metamórfica a sul do Homem do Leme, enquanto que a norte a faixa apresenta um aspecto completamente distinto, constituída por gnaisses leucocratas ocelados nitidamente afectados por deformação cisalhante. Todas as rochas leucocratas possuem uma composição granítica, ao invés dos gnaisses biotíticos que apresentam uma composição tonalítica, desprovidos de feldspato potássico (Borges et al., 1985; Marques M. et al., 1994, 2000; Leterrier & Noronha, 1998).

A ULO contacta a Leste, por acidente tectónico, com o granito do Porto (γ_3) e a Oeste, também tectonicamente, com a UGFD (Marques M. et al., 2000). Constitui uma estreita faixa de rochas metassedimentares dobradas, sendo nítida a discordância entre as foliações presentes nos ortognaisses e nos metassedimentos, estes últimos exibindo uma foliação anterior aos primeiros. As sequências metassedimentares são essencialmente constituídas por micaxistos a que se associam, por vezes, anfibolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos (Borges et al., 1985; Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998; Noronha, 1994 e 2000).

Associados aos ortognaisses da UGFD e aos micaxistos da ULO ocorrem anfibolitos de origem magmática com afinidade toleítica (Bravo & Abrunhosa, 1978; Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994, 2000).

Cobertura Sedimentar

Actual e Holocénico: Aterros recentes (at); Aluviões (a)
Plio-plistocénico: Depósitos marinhos da faixa litoral (Q);
depósitos fluviais (PQ)

Rochas Metassedimentares

Proterozóico médio-superior

“Complexo Metamórfico da Foz do Douro” (CMFD)

LO – Unidade de Lordelo do Ouro (micaxistos, quatrozo-milonitos
recortados por pseudotaquilitos; anfibolitos)

FD – Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (ortognaisses
biotíticos e ocelados; gnaisses miloníticos recortados por
pseudotaquilitos; anfibolitos)

Rochas Graníticas Variscas

γ''' - tardi a pós-variscos (pós-fase D₃ varisca): granito porfíroide
de grão médio a grosseiro (Granitos do Castelo do Queijo e da
Cantareira);

γ'_3 - sin-variscos (sin-fase D₃ varisca): granito de grão médio a
fino, por vezes, orientado (Granito do Porto).

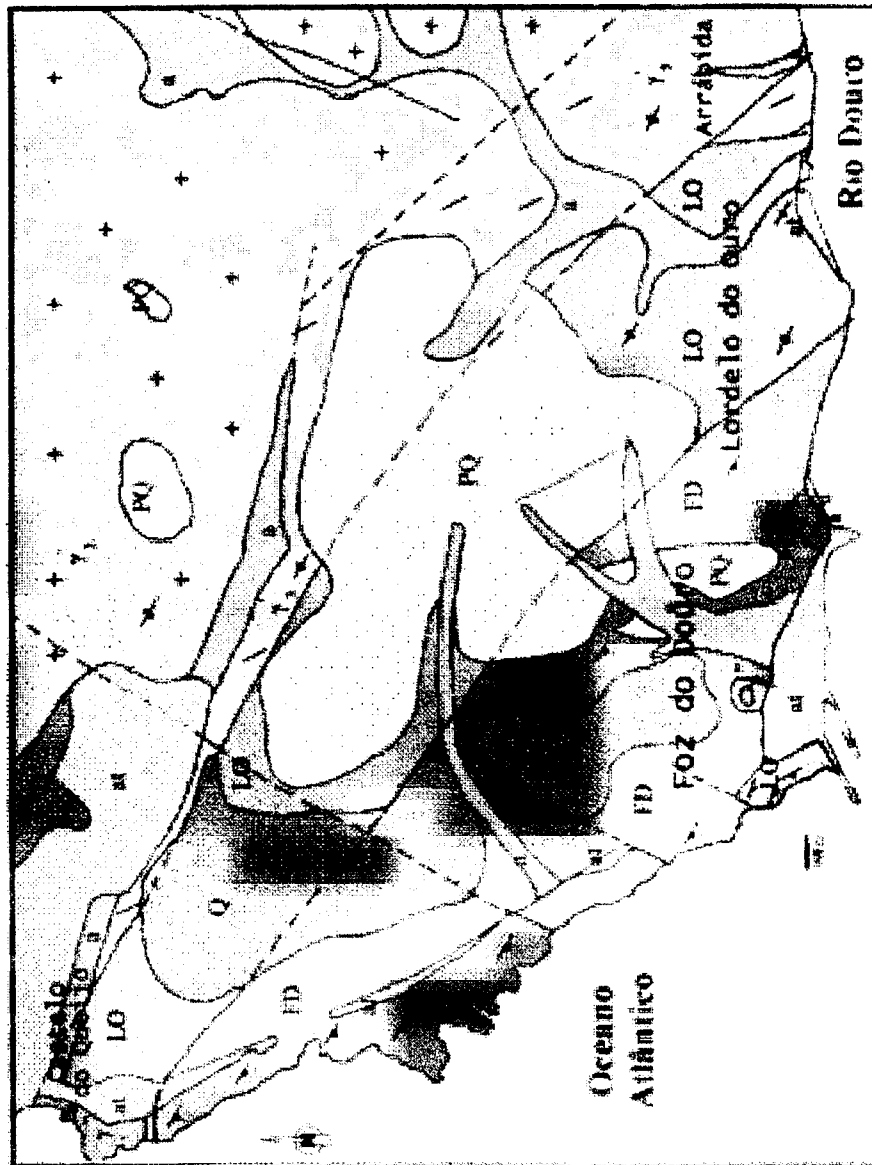


Figura A3 – Mapa Geológico-Estrutural do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Chaminé, 2000; Chaminé et al., *in prep*).

Nas proximidades do forte S. Francisco Xavier, a faixa é interrompida por um granito biotítico de tendência porfiróide (granito do Castelo do Queijo), com o qual deverá estar geneticamente relacionada uma brecha ígnea localizada, mais a sul, na praia da Sr.^a da Luz, assim como pequenos afloramentos graníticos distribuídos ao longo de toda a faixa (Teixeira, 1970; Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994). O Granito do Castelo do Queijo encontra-se integrado no grupo dos granitos tardi a pós-tectónicos, possuindo, segundo Mendes (1967/1968), uma idade isotópica de 292 ± 5 Ma.

Estudos recentes de geocronologia e geoquímica atribuem uma idade de 575 ± 5 Ma aos gnaisses biotíticos, de 607 ± 17 Ma aos gnaisses leucocratas de tendência ocelada e 1,05 Ga aos anfíbolitos. Os dados geoquímicos obtidos ainda indicam uma origem profunda com contribuição mantélica para os gnaisses biotíticos e uma origem francamente crustal para os gnaisses leucocratas de tendência ocelada. Os anfíbolitos, por sua vez, apresentam composições químicas compatíveis com a de basaltos tipo MORB (*Mid-Ocean Ridge Basalts*) (Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998).

Estes aspectos indicam para a existência de um magmatismo orogénico plutónico calcoalcalino de idade cadomiana (550-610 Ma) sugerindo um enquadramento do tipo margem activa subducção-colisão (Chaminé et al., *in prep.*). A idade e as características dos anfíbolitos existentes na UGFD é considerado, pelos mesmos autores, como indicativo de um período de oceanização, representando os anfíbolitos uma “mélange” tectónica resultante de um período anterior de colisão-obducção.

**ITINERÁRIO GEOLÓGICO NO COMPLEXO METAMÓRFICO DA
FOZ DO DOURO (CMFD)**

2. ITINERÁRIO GEOLÓGICO NO COMPLEXO METAMÓRFICO DA FOZ DO DOURO (CMFD)

2.1 – Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD)

A unidade tectonoestratigráfica designada por Unidade dos Gnaisses da Foz do Douro (UGFD) (Chaminé et al., *in prep.*) desenvolve-se a ocidente da cidade do Porto entre a Praia do Castelo do Queijo, junto ao Forte S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo) e a praia do Ourigo, nas imediações da foz do Rio Douro (Fig. A4). Contacta, tectonicamente, a Nordeste e a Sudoeste, com a Unidade de Lordelo do Ouro (ULO) (Marques M. et al., 2000; Chaminé et al., *in prep.*).

É essencialmente constituída por ortognaisses aos quais se associam alguns anfibolitos e rochas metassedimentares. Com base em critérios petrográficos e estruturais foram individualizados os seguintes tipos de ortognaisses (Borges et al., 1985, 1987):

- i. **Gnaisses biotíticos**, frequentemente associados a metassedimentos e anfibolitos, apresentam uma foliação penetrativa dobrada discordante da foliação dos metassedimentos. Constituem a mancha gnáissica mais extensa da UGFD, aflorando entre as praias dos Ingleses e do Homem do Leme;
- ii. **Gnaisses leucocratas de tendência ocelada**, com uma foliação penetrativa dobrada e frequentes corredores de rochas milonitizadas. Ocorrem entre as praias do Ourigo e dos Ingleses contactando, a Sul desta última, com a ULO.
- iii. **Gnaisses leucocratas**, com uma foliação incipiente e constituindo corpos estirados paralelamente à orientação geral do complexo metamórfico (N120°E). Ocorrem associados aos gnaisses biotíticos.
- iv. **Gnaisses leucocratas ocelados**, com franca blastese de feldspato potássico e cisalhamento dúctil intenso. Afloram entre as praias do Homem do Leme e do Castelo do Queijo contactando, nesta última, com a ULO.

O itinerário geológico presente neste livro-guia decorrerá essencialmente na unidade suprarreferida. Pontualmente, será efectuada uma breve incursão na Unidade de Lordelo do Ouro (ULO) (Chaminé et al., *in prep.*).

Assim, e com base nas potencialidades didácticas dos locais, foram definidas seis paragens (Fig. A4), onde serão analisadas(os):

- **Litologias;**
- **Contactos Geológicos;**
- **Estruturas Geológicas;**
- **Aspectos Geomorfológicos.**

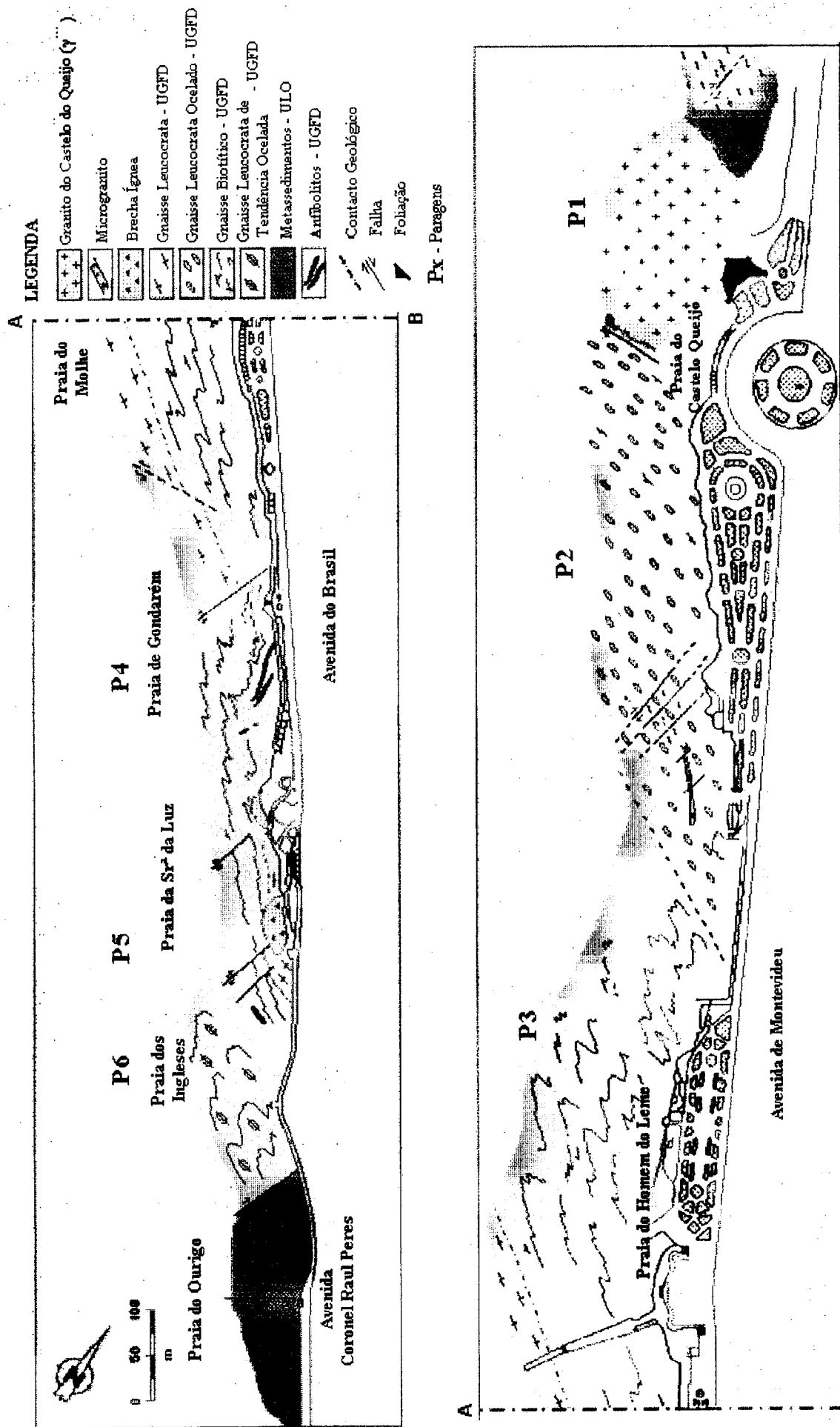


Figura A4 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000)

2.2 – Caracterização dos Afloramentos.

PARAGEM 1: CASTELO DO QUEIJO

Granito do Castelo do Queijo e Contactos com o Complexo Metamórfico da Foz do Douro

Objectivos

- Estudo e manuseamento de mapas topográficos e geológicos;
- Identificação e análise das diferentes litologias;
- Análise e discussão dos vários contactos geológicos;
- Medição da atitude de estruturas geológicas, como diaclases e filões;
- Elaboração de exercícios de abstracção que permitirão compreender diversas estruturas, como falhas prováveis ou não observáveis;
- Observação e análise de aspectos geomorfológicos característicos de ambiente litoral e/ou de uma paisagem granítica.

Cartografia

Esta paragem inicia-se no contacto do granito do Castelo do Queijo, a norte, e termina na praia do Castelo do Queijo (Fig. A5).

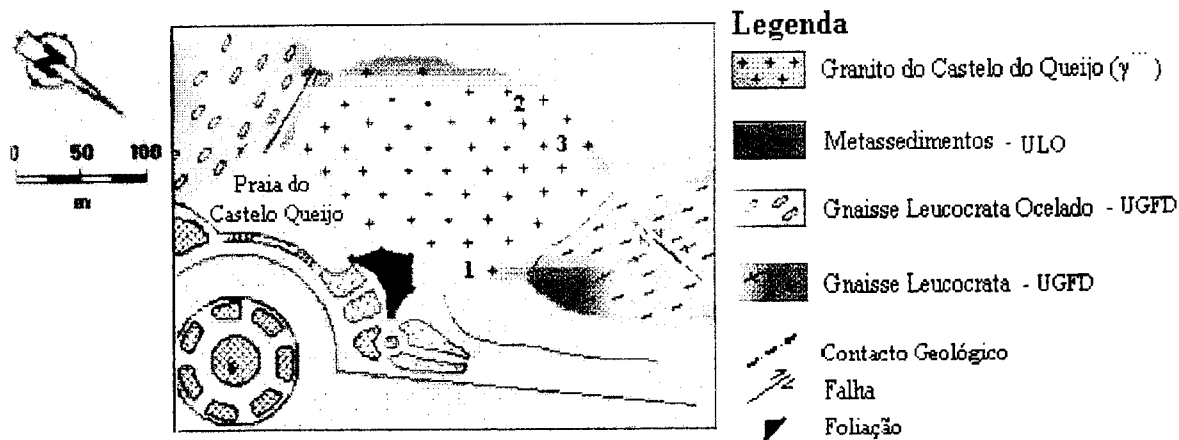


Figura A5 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Na figura A6 apresenta-se um esboço geológico pormenorizado da zona do Castelo do Queijo.

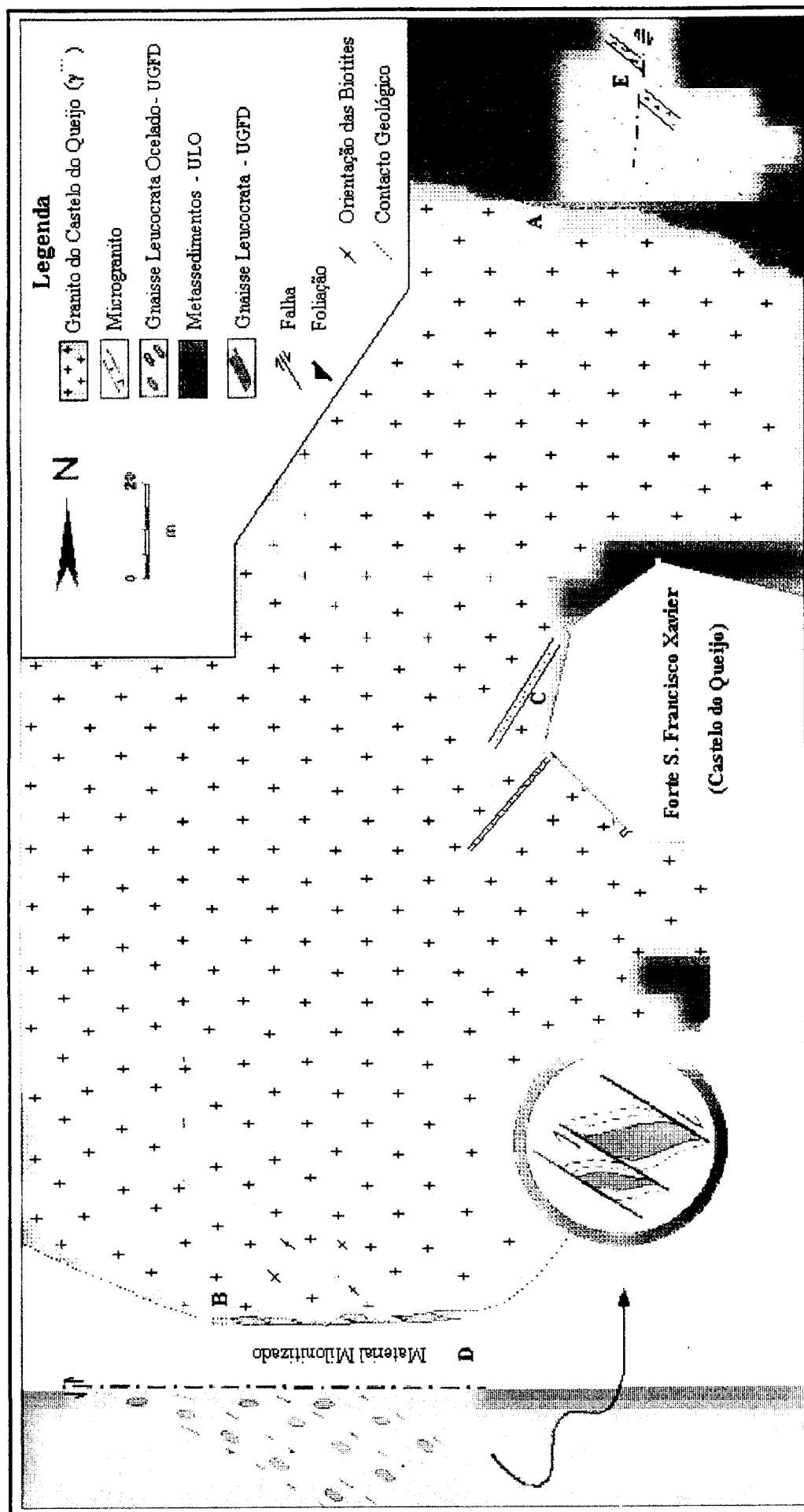


Figura A6 – Esboço geológico da zona do Castelo do Queijo (modificado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Litologias

• **Granito do Castelo do Queijo (γ''')**

O maciço granítico do Castelo do Queijo, sobre o qual assenta o Forte de S. Francisco Xavier (vulgo Castelo do Queijo), é constituído por um granito biotítico, por vezes porfiróide, de grão médio a grosseiro (Fig. A7) (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 2000).

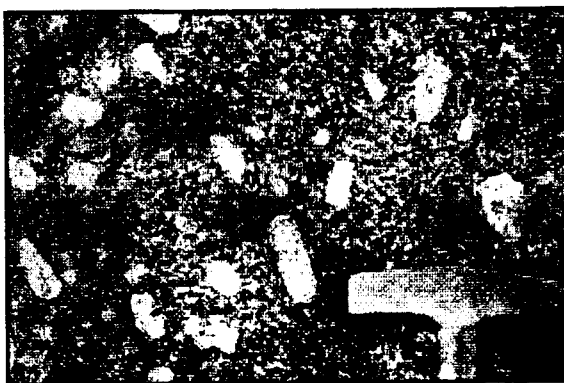


Figura A7 – Granito do Castelo do Queijo

Ao microscópio este granito apresenta quartzo, feldspatos (normalmente oligoclase, microclina pertítica e rara albite); a biotite é a mica mais abundante e é rica em inclusões de zircão e apatite (Assunção, 1962; Noronha, 1994, 2000). Os cristais de biotite da matriz evidenciam uma distribuição aleatória embora, localmente, tendam a orientar-se segundo a direcção N130°, orientação esta que se torna mais nítida e persistente para sul, nas imediações do contacto com os metassedimentos (Fig. A6 – B). Este granito é afectado por uma deformação frágil pós-cristalina, claramente visível em lâmina delgada (nomeadamente através da deformação dos cristais de quartzo) e dificilmente observável em afloramento (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 1994).

Exibe frequentemente encraves microgranulares de rochas melanocratas (tonalitos) (Teixeira, 1970; Noronha, 2000) alguns mesmo de grandes dimensões (Teixeira, 1970). Os encraves podem ter surgido a partir de uma cristalização, mais ou menos simultânea, de dois magmas imiscíveis e com diferentes viscosidades, correspondendo um deles a um magma granítico e o outro a um magma mais básico, possivelmente de composição tonalítica (Marques M. et al., 2000). Estes encraves, quando comparados com o granito do Castelo do Queijo, possuem maior quantidade de biotite e menor quantidade de quartzo.

Esta rocha encontra-se incluída no grupo dos Granitos Biotíticos com plagioclase cálcica, sendo considerado como um granitóide tardi a pós-tectónico, de idade isotópica de 292 ± 5 Ma (Mendes, 1967/68).

No quadro A3 apresenta-se uma síntese das outras litologias presentes na figura A6.

Quadro A3 – Caracterização das outras litologias (Assunção, 1962; Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Pereira M., 1999; Teixeira, 1970).

LITOLOGIA	CARACTERIZAÇÃO
Microgranito	• Surge sob a forma de três filões que cortam o granito do Castelo do Queijo; • Rocha de cor clara e grão muito fino; • Essencialmente constituído por quartzo, plagioclase, feldspato potássico e biotite; • Idade mais recente que o granito onde se encontra encaixado.
Metassedimentos (ULO)	• Constituídos principalmente por micaxistos silimaníticos, a que se associam rochas calcossilicatadas, anfibolitos e quartzitos; • Possuem essencialmente quartzo, biotite, moscovite, plagioclase, feldspato potássico e turmalina; • Apresentam uma foliação de direcção N130° e uma xistosidade bastante evidente em lâmina delgada.
Gnaiss Leucocrata Ocelado (UGFD)	• Apresenta belos porfiroblastos (com 1 cm de comprimento), de quartzo e feldspato potássico, bem desenvolvidos; • Apresenta deformação dúctil, traduzindo-se por estiramento e subgranulação do quartzo e do feldspato potássico; • Exibe uma foliação de direcção E-W, que roda progressivamente para N110° - N120° à medida que nos deslocamos para sul do contacto com os metassedimentos; • Evidencia cisalhamento dúctil direito, de direcção N120°, que transpõem quase completamente a foliação.
Gnaiss Leucocrata (UGFD)	• Rocha leucocrata com foliação incipiente, surgindo sob a forma de filões intruídos nos metassedimentos; • Estes filões encontram-se orientados para N130°.

Contactos Geológicos

Com o quadro A4 pretende-se localizar os diferentes contactos geológicos.

Quadro A4 – Localização dos contactos geológicos

LOCAL (veja-se Fig.A6)	CONTACTO GEOLÓGICO
A	Granito do Castelo do Queijo – Metassedimentos (Norte do Forte)
B	Granito do Castelo do Queijo – Metassedimentos (Sul do Forte)
C	Granito do Castelo do Queijo – Microgranito
D^a	Metassedimentos – Gnaiss Leucocrata Ocelado
E^a	Metassedimentos – Gnaiss Leucocrata

^a – Contacto não observável devido a cobertura com areia.

Estruturas Geológicas

São três as estruturas geológicas de grande interesse didáctico: **filões, falhas e diaclases**.

Filões

Os filões 1, 2 e 3 encontra-se a cortar o Granito do Castelo do Queijo e o filão 4 apresenta-se paralelamente à foliação dos Metassedimentos (ULO), a norte do Forte S. Francisco Xavier (Quadro A5).

Quadro A5 – Características dos Quatro Filões

	FILÃO 1	FILÃO 2	FILÃO 3	FILÃO 4
Localização	Fachada ocidental do Forte	Fachada ocidental do Forte	Fachada ocidental do Forte	Norte do Forte
Litologia	Microgranito	Microgranito	Microgranito	Gnaiss Leucocrata
Direcção	N30° E	N50° E	N40° E	N130° E
Inclinação	81° NW	Subvertical	Subvertical	Subvertical
Possança (média)	1,44 metros	29 centímetros	53 centímetros	a)

a) Não foi possível determinar a possança deste filão visto encontrar-se, parcialmente, coberto por areia.

Falhas

São essencialmente duas as falhas de maior relevo (Quadro A6).

Quadro A6 – Características das Duas Falhas

	FALHA 1	FALHA2 a)
Localização	Praia do Castelo do Queijo, a sul do Forte S. Francisco Xavier (Fig. A6 – D)	Norte do Forte de S. Francisco Xavier (Fig. A6 – E).
Descrição	- Falha esquerda de direcção Este – Oeste; - Estabelece o contacto entre uma banda delgada de metassedimentos e os gnaisses leucocratas ocelados.	- Falha direita de direcção Norte – Sul; - Corta um filão de natureza leucocrática (Gnaiss Leucocrata).

a) A falha dois encontra-se, parcialmente, tapada com areia e outros materiais rochosos.

Diaclases

Foi efectuado um estudo em área no Granito do Castelo do Queijo, contando-se, para o efeito, com a medição de 751 atitudes de diaclases. A fracturação no granito é tão evidente, que Teixeira (1970) chega a referir que, em alguns locais, os sistemas de diaclases originaram dispositivos em escadaria, conforme se observa nas traseiras do Forte S. Francisco Xavier.

Com este estudo verificou-se a existência de duas principais famílias de diaclases: a principal orienta-se segundo uma direcção NNW-SSE e a sua conjugada orienta-se segundo a direcção principal de ENE-WSW.

Aspectos Geomorfológicos

A paragem um, embora diminuta quanto à sua extensão, oferece um conjunto de características geomorfológicas dignas de relevo. O quadro A7 sintetiza essas características.

Quadro A7 – Aspectos Geomorfológicos

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	CARACTERIZAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
Ausência quase total de praia (Fig. A8 – C)	- Somente existe um resquício de areia fina na fachada norte do Forte S. Francisco Xavier; - Na praia do Castelo do Queijo a quantidade de areia é significativamente superior.	Zona envolvente ao Forte S. Francisco Xavier.
Disjunção Esferoidal (Fig. A8 – A)	- As rochas magmáticas tendem, por vezes, a desagregar-se segundo capas paralelas ao relevo topográfico originando uma descamação/esfoliação (Borges, 1984c); - É possível verificar este fenómeno em locais específicos.	Fig. A5 – 1
Marmitas Litorais (Fig. A8 – B)	- Resultam de movimentos turbilhonares provocados pela acção erosiva das águas a que se associam seixos (Marques M. et al., 2000); - São frequentes marmitas com variados diâmetros e profundidades. Aparecem isoladas mas também podem surgir em grupo; - A altitude a que se estabelecem é variável, estendendo-se desde o nível do mar até a poucos metros de altitude.	Fig. A5 – 2
Caos de Blocos (Fig. A8 – C)	- Existe uma clara tendência para a formação de um caos de blocos; - Os blocos arredondados que surgem na paisagem possuem tamanhos variados.	Fig. A5 – 3

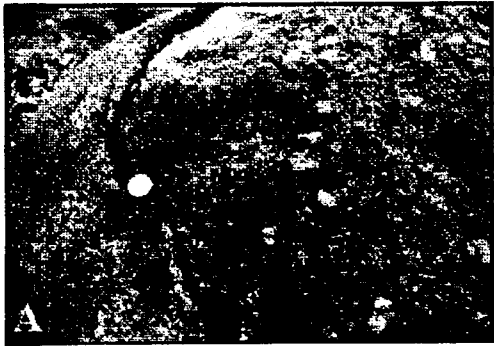


Figura A8 – Aspectos Geomorfológicos
A – Disjunção esférica;
B – Marmita litoral;
C – Tendência para caos de blocos e ausência total de praia.

PARAGEM 2: JARDINS DA AVENIDA DE MONTEVIDEU

Gnaiss Leucocrata Ocelado – Rochas e Estruturas Associadas

Objectivos

- *Estudo e manuseamento de mapas topográficos e geológicos;*
- *Identificação e análise das diferentes litologias;*
- *Análise e discussão dos vários contactos geológicos;*
- *Estudo de pequenas falhas;*
- *Manuseamento da bússola no estudo de falhas e diaclases;*
- *Elaboração de exercícios de abstracção que permitirão compreender diversas estruturas, como falhas prováveis ou não observáveis;*
- *Observação e análise de aspectos geomorfológicos característicos de ambiente litoral.*

Cartografia

Esta paragem inicia-se na Praia do Castelo do Queijo, no contacto dos gnaisses leucocratas ocelados (GLO) com os metassedimentos da unidade de Lordelo do Ouro e termina a sul, nas imediações do contacto dos GLO com os gnaisses biotíticos (GB) (Fig. A9).

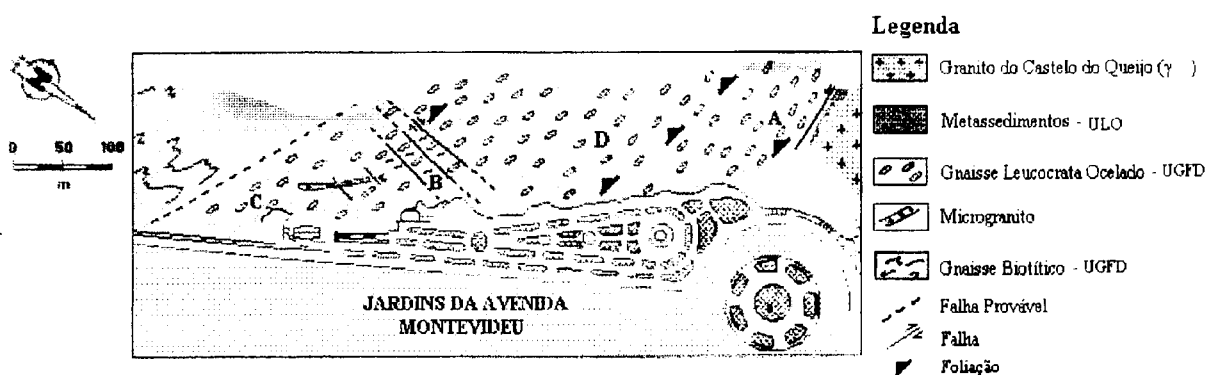


Figura A9 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro: Paragem Dois (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Litologias

• **Gnaiss Leucocrata Ocelado - UGFD**

Situado a sul do Forte S. Francisco Xavier, entre as praias do Castelo do Queijo e do Homem do Leme, o gnaiss leucocrata ocelado (Fig. A10) é uma rocha ortognaissica de composição granítico-adamelítica (Noronha e Leterrier, 1995; Leterrier e Noronha, 1998; Noronha, 2000), essencialmente constituída por quartzo + feldspato potássico + plagioclase + andaluzite $\pm$ silimanite (fibrolite) $\pm$ cordierite (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994).

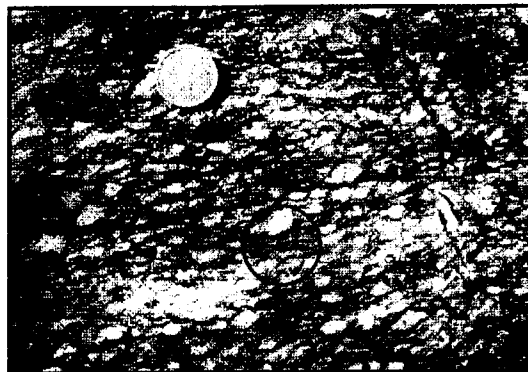


Figura A10 – Gnaiss leucocrata ocelado

Apresenta belos porfiroblastos (com cerca de 1cm de comprimento) de quartzo e feldspato potássico, bem desenvolvidos (Fig. A10) (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al. 1994), não demonstrando uma qualquer deformação pós-cristalina. A deformação patente nesta fácies gnáissica é dúctil, traduzindo-se por estiramento e subgranulação, quer do quartzo quer do feldspato potássico (Borges et al., 1985, 1987).

No contacto com os metassedimentos da ULO, na praia do Castelo do Queijo, a rocha evidencia um foliação de direcção este-oeste, foliação que roda progressivamente para N110° - N120° à medida que nos deslocamos para sul. Esta última orientação manter-se-á até bem próxima da Praia do Homem do Leme, momento em que esta litologia contacta com o gnaiss biotítico (Borges et al., 1985, 1987, Marques M. et al., 1994).

Em afloramento é possível observar, ainda, um cisalhamento dúctil direito, de direcção N120°, que transpõem quase completamente a foliação. Pontualmente, verifica-se um cisalhamento esquerdo N80°E, posterior ao primeiro (Borges et al., 1985, 1987).

No quadro A8 apresenta-se uma síntese das outras litologias presentes nesta paragem.

Quadro A8 – Caracterização das outras litologias (Assunção, 1962; Borges et al., 1985, 1987; Bravo & Abrunhosa, 1978; Leterrier & Noronha, 1998; Marques M. et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Pereira M., 1999; Teixeira, 1970),

LITOLOGIA	CARACTERIZAÇÃO
Microgranito	• Rocha granítica de grão médio, cor clara e bastante polida pela acção erosiva do mar; • Ao nível do afloramento apresenta uma tendência para uma orientação preferencial das suas micas; • Encontra-se disperso por entre o Gnaiss Leucocrata Ocelado, cortando a foliação deste último (foliação de direcção N120°); • Estará provavelmente relacionado com o Granito do Castelo do Queijo.
Metassedimentos (ULO)	• São essencialmente micaxistos silimaníticos a que se associam anfibolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos • Apresentam-se normalmente dobrados, sendo nítida a discordância existente entre as foliações presentes nos gnaisses e nos metassedimentos; • O facto anterior torna-se mais evidente quando retalhos destas rochas ocorrem no seio dos Gnaisses Leucocratas Ocelados (GLO), o que atesta o carácter intrusivo destes últimos.
Anfibolitos (UGFD)	• Na figura A9 não apresentam representatividade cartográfica; • Surgem em corpos de dimensões centimétricas e encontram-se associados aos gnaisses e metassedimentos; • Apresentam cor negra-esverdeada, de grão médio a fino e exibem uma orientação marcada pelo alinhamento dos cristais de anfibola;
Gnaiss Leucocrata (UGFD)	• Surgem sob a forma de pequenos filões com uma foliação de direcção N120°E, concordante com a foliação dos GLO; • Alguns destes gnaisses possuem uma foliação incipiente; • Petrograficamente de composição granítica, possuem essencialmente quartzo + feldspato potássico + plagioclase + andaluzite ± silimanite (fibrolite) ± cordierite.
Aplito – Pegmatito	• Surge nas imediações do contacto entre o gnaiss leucocrata ocelado e os gnaisses biotíticos; • Surge sob a forma de filões sem uma orientação claramente definida; • Intruem claramente o gnaiss leucocrata ocelado, cortando nitidamente a sua foliação.

Contactos Geológicos

Com o quadro A9 pretende-se localizar os diferentes contactos geológicos.

Quadro A9 – Localização dos contactos geológicos

LOCAL (veja-se Fig. A9)	CONTACTO GEOLÓGICO
B	Gnaiss Leucocrata Ocelado – Metassedimentos
B	Gnaiss Leucocrata Ocelado – Microgranito
B	Metassedimentos – Microgranito
B	Metassedimentos – Anfibolito
B	Microgranito – Anfibolito
C	Gnaiss Leucocrata Ocelado – Gnaiss Leucocrata
C	Gnaiss Leucocrata Ocelado – Aplito-Pegmatito

Com o quadro A10 é possível analisar cada um destes contactos com maior pormenor.

Estruturas Geológicas

São três as estruturas geológicas de grande interesse didáctico: **filões, falhas e diaclases.**

Quadro A10 – Síntese das características dos contactos geológicos

CONTACTO GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO
GLO – Metassedimentos	• Contacto bastante nítido, atendendo à diferença de tonalidade das duas rochas (GLO – cor clara; metassedimentos – cor escura); • O GLO apresenta os seus típicos ocelos e os metassedimentos não apresentam ocelos; • Ambas as rochas apresentam uma foliação de direcção N120°, embora em alguns locais os metassedimentos se apresentem dobrados.
GLO – Microgranito	• O GLO é claramente intruído pelo microgranito; • A foliação do gnaise, de direcção N120°, é cortada pelo microgranito; • O microgranito não apresenta ocelos nem foliação e o GLO apresenta ocelos e uma foliação evidente;
GLO – Aplito-Pegmatito	• O aplito-pegmatito apresenta-se sob a forma de filões, não orientados, que cortam a foliação dos GLO e dos filões de quartzo neles existentes; • O aplito-pegmatito não apresenta ocelos nem foliação, ao contrário dos GLO.
GLO – Gnaise Leucocrata	• Ambos possuem uma foliação com orientação aproximada de N120°. A diferença reside no facto de que o gnaise leucocrata não possui ocelos. • O gnaise leucocrata surge na forma de um filão.
Metassedimentos – Anfibolito	• Os corpos anfibolíticos, de reduzidas dimensões, surgem dispersos por entre os metassedimentos. Existem, inclusive, zonas onde os metassedimentos como que contornam esses corpos; • Contacto bastante nítido atendendo à diferença de tonalidade (anfibolito é bastante mais escuro); • O anfibolito apresenta as suas anfíbolas bastante evidentes e orientadas (em forma de palhetas).
Metassedimentos – Microgranito	• A diferença de tonalidade destas rochas é bastante evidente (Metassedimentos – cor escura; Microgranito – cor clara); • A foliação dos metassedimentos é nitidamente cortada pelo microgranito; • O microgranito apresenta-se disperso por entre os metassedimentos.
Microgranito – Anfibolito	• Diferença acentuada na tonalidade das duas rochas (Microgranito – cor clara; Anfibolito – cor escura); • O anfibolito apresenta anfíbolas orientadas (em forma de palhetas) ao contrário do microgranito que não apresenta orientação preferencial dos seus minerais; • O microgranito encontra-se a intruir os pequenos corpos anfibolíticos existentes nesta paragem.

Filões

São bastante numerosos e de natureza distinta os filões existentes neste sector. O quadro A11 sintetiza as principais características de cada um deles.

Quadro A11 – Principais Características dos Filões

NATUREZA DO FILÃO	CARACTERIZAÇÃO
Quartzo	- São bastante numerosos possuindo diferentes possanças de ordem centimétrica (Fig. A11 – 1); - Surgem normalmente associados aos GLO¹ e aos metassedimentos; - Evidenciam a direcção da foliação das duas rochas anteriores ($\cong$ N120°); - São subverticais; - Em certos locais (a referir) encontram-se cortados por pequenas falhas.
Gnaisse Leucocrata	- Dois filões surgem nas imediações do contacto dos GLO com os GB²; - São concordantes com a foliação do GLO ($\cong$ N120°); - São subverticais; - Possuem uma foliação de direcção $\cong$ N120°; - Estão associados aos GLO;
Aplito-Pegmatito	- São dois os filões que surgem nas imediações do contacto entre os GLO e os GB (Fig. A11 – 2); - Não possuem uma orientação definida; - São subverticais; - Estão associados aos GLO, sendo os mais recentes de todos os filões.

¹GLO – Gnaisse Leucocrata Ocelado;

²GB – Gnaisse Biotítico.

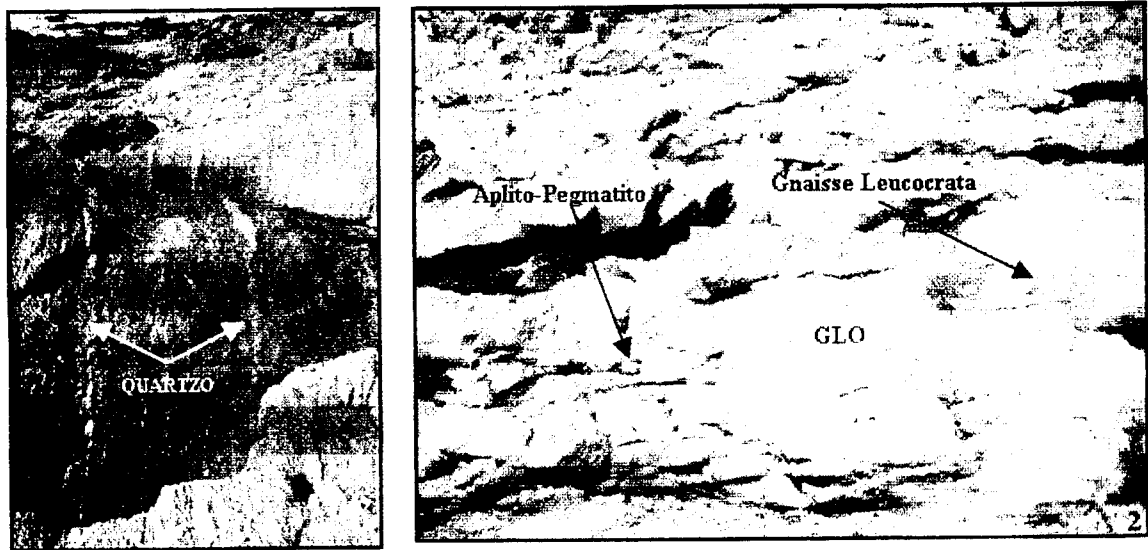


Figura A11 – Exemplos de Filões da Paragem Dois

1. Filões de quartzo nos gnaisses leucocratas ocelados (GLO)
2. Filões de aplito-pegmatito e gnaisse leucocrata nos gnaisses leucocratas ocelados (GLO)

No local C da figura A9 existem dois filões de diferentes litologias: Aplito-Pegmatito e Gnaiss Leucocrata. Da análise às duas litologias ressalta o facto de apresentarem uma tonalidade semelhante. Porém, o Gnaiss Leucocrata, ao contrário do Aplito-Pegmatito, apresenta foliação. Este facto é bastante didáctico, pois permite ao professor estabelecer as diferenças, *in situ*, entre as duas rochas.

• Falhas

São três as falhas com interesse didáctico. O quadro A12 sintetiza as suas principais características.

Quadro A12 – Características das Três Falhas e dos filões por elas rejeitados

	FALHA 1	FALHA 2	FALHA 3
Localização	Fig. A9 – D	Fig. A9 – D	Fig. A9 – D
Direcções dos Filões Rejeitados	N110°	N114°	N104°
Inclinação dos Filões	Subvertical	Subvertical	Subvertical
Possança Média dos Filões	4,5 centímetros	3,5 centímetros	4 centímetros
Atitude da Falha	N20°, 62° WNW	N189°, subvertical	N175°, subvertical
Rejeito Horizontal	40 centímetros	2 centímetros	37 centímetros
Sentido do Movimento	Falha Direita	Falha Direita	Falha Direita
Representação Esquemática	Fig. A12 – a	Fig. A12 – b	Fig. A12 – c

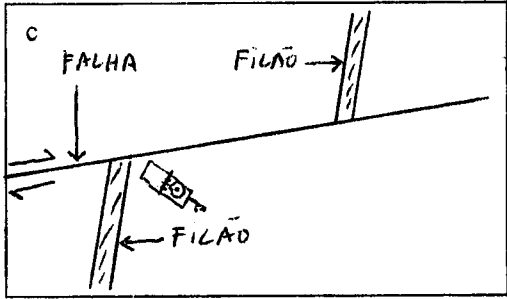
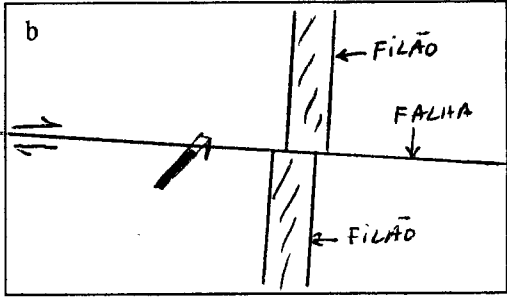
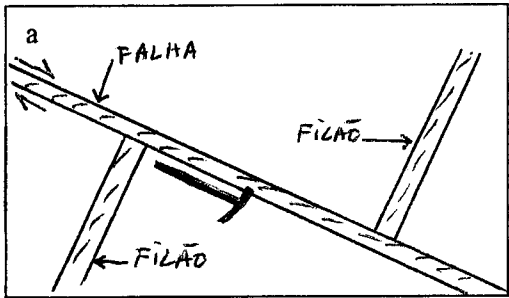


Figura A12 – Representação Esquemática das Falhas da Paragem Dois
a – Falha 1
b – Falha 2
c – Falha 3

• Diaclasses

São bastante evidentes no gnaiss leucocrata ocelado, nomeadamente nas imediações do contacto desta litologia com os metassedimentos a norte na praia do Castelo do Queijo (Fig. A9 – A).

Para o estudo destas descontinuidades, efectuou-se um estudo em área, contando-se, para o efeito, com a medição de 300 atitudes de diaclasses. Concluiu-se que existem várias famílias de diaclasses. A família com maior frequência, orienta-se segundo a direcção NE-SW. Estão ainda presentes as famílias com a orientação N-S e NW-SE.

Aspectos Geomorfológicos

A paragem dois particulariza-se pelo facto de ser a mais extensa das seis paragens previstas neste trabalho.

Trata-se de um afloramento essencialmente constituído por ortognaisses, encontrando-se poucos metros acima do nível do mar (entre 2 a 3 metros). O quadro A13 sintetiza os principais aspectos geomorfológicos

Quadro A13 – Principais aspectos geomorfológicos

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	CARACTERIZAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
Total ausência de praia	Embora a área seja extensa, a ausência total de praia é uma constante (salvo alguns pontos de dimensão localizada).	Aplicável a todo o afloramento.
Marmitas Litorais	- São frequentes marmitas com variados diâmetros e profundidades. Aparecem isoladas mas também podem surgir em grupo; - A altitude a que se estabelecem é variável, estendendo-se desde o nível do mar até a poucos metros de altitude.	Dispersas pelos afloramentos de GLO.

Note-se que, em alguns locais (imediações da zona D, Fig. A9) o gnaiss leucocrata ocelado encontra-se francamente erodido, apresentando um aspecto polido. É assim possível observar-se, com grande nitidez, os seus ocelos assim como marmitas litorais, algumas com cerca de 0,5 metro de diâmetro (Fig. A13).

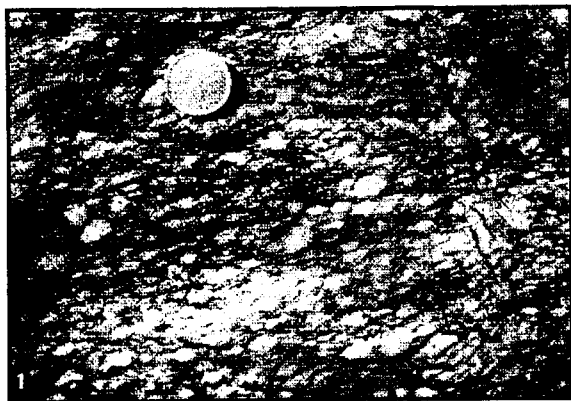


Figura A13 – Aspectos peculiares do local D, Fig. A8.

1. Ocelos do gnaiss leucocrata ocelado
2. Marmitas litorais

PARAGEM 3: PRAIA DO HOMEM DO LEME

Gnaiss Biotítico – Rochas e Estruturas Associadas

Objectivos

- Estudo e manuseamento de mapas topográficos e geológicos;
- Identificação e análise das diferentes litologias;
- Análise e discussão dos vários contactos geológicos;
- Estudo dos elementos constituintes de uma dobra;
- Manuseamento da bússola no estudo de uma dobra e de um filão;
- Elaboração de exercícios de abstracção que permitirão compreender diversas estruturas, como falhas prováveis ou não observáveis;
- Observação e análise de aspectos geomorfológicos característicos de ambiente litoral.

Cartografia

Esta paragem inicia-se no contacto dos GB com os GLO, a norte, e termina no Porto de Carreiros (vulgo Molhe), a sul (Fig. A14).

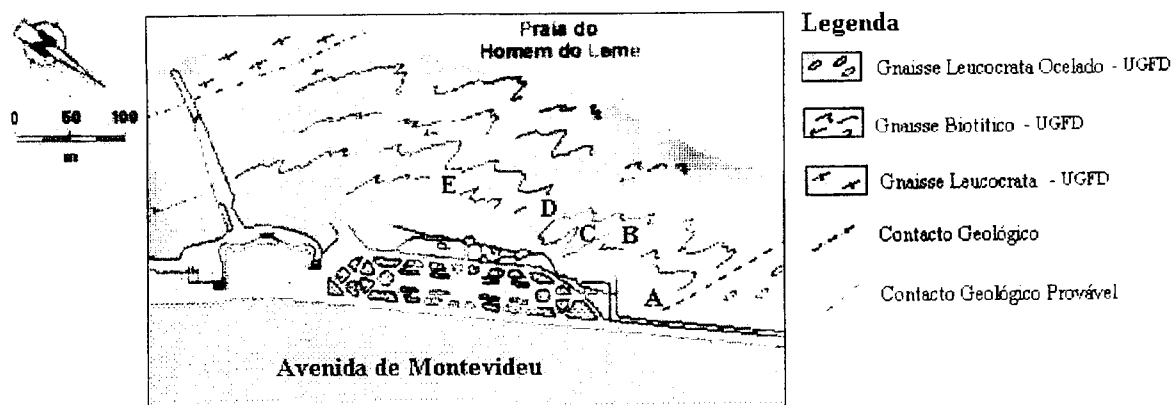


Figura A14 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro: paragem três (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Litologias

• Gnaisses Biotíticos - UGFD

Os gnaisses biotíticos (GB) afloram no sector central do CMFD entre a praia da Sr.^a da Luz e a praia do Homem do Leme, constituindo a mais extensa mancha gnáissica da UGFD. Ocorrem normalmente associados a rochas metassedimentares, anfíbolitos e aos gnaisses leucocratas cuja foliação (incipiente) intersecta, em muitos dos casos, a foliação dobrada dos primeiros, orientando-se, com frequência, paralelamente aos planos axiais das suas dobras (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994, 2000).

Os GB são rochas mesocratas de composição tonalítica, evidenciando, por vezes, diferenciações mais leucocratas. Constituídos essencialmente por quartzo, plagioclase, biotite e granada, não apresentam feldspato potássico, andaluzite e/ou cordierite e silimanite (fibrolite) (Borges et al, 1985, 1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 1994, 2000; Noronha e Leterrier, 1995; Leterrier e Noronha, 1998; Marques M. et al., 2000; Chaminé et al., 2000). A percentagem de biotite é variável, ocorrendo em concentrações mais ou menos importantes, principalmente nas zonas onde os metassedimentos são mais abundantes. Ao microscópio observam-se duas foliações definidas por este mineral. A granada presente nesta rocha será, provavelmente, almandina (Borges et al., 1985, 1987).

É importante ainda referir que estes gnaisses, conjuntamente com as outras litologias aqui presentes, evidenciam uma grande deformação.

No quadro A14 apresenta-se uma síntese das outras litologias igualmente presentes nesta área.

Quadro A14 – Caracterização das outras litologias (Assunção, 1962; Borges et al., 1985, 1987; Chaminé et al., *in press*; Leterrier & Noronha, 1998; Marques M. et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Pereira M., 1999; Teixeira, 1970).

LITOLOGIA	CARACTERIZAÇÃO
Gnaisses Leucocratas (UGFD)	- Petrograficamente apresentam uma composição granítica; - São essencialmente constituídos por quartzo + feldspato potássico + plagioclase + andaluzite ± silimanite (fibrolite) ± cordierite; - O estiramento sobrepõem-se a qualquer tipo de deformação; - Ocorrem normalmente associadas aos gnaisses biotíticos, apresentando, por vezes, uma foliação incipiente; - A presença de diferenciações leucocratas no seio da fácies biotítica, assim como as estruturas mesoscópicas por elas apresentadas, leva-nos a considerá-las relacionadas com os gnaisses leucocratas de tendência ocelada.
Metassedimentos (ULO)	- São essencialmente micaxistos silimaníticos a que se associam, por vezes, anfíbolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos; - Apresentam-se normalmente dobrados, sendo nítida a discordância existente entre as foliações presentes nos gnaisses e nos metassedimentos. Este facto torna-se mais evidente quando retalhos de rochas metassedimentares ocorrem no seio dos GB, o que atesta o carácter intrusivo destes últimos; - A grande deformação patenteada pelos metassedimentos é acompanhada, com bastante frequência, por retalhos de rochas gnaissicas no seu interior.
Pegmatito	- Surge como um pequeno corpo associado às sequências gnaissicas, apresentando cristais de Quartzo e feldspato potássico muito bem desenvolvidos; - Note-se que Teixeira (1970) já alertara para a existência de “uma massa pegmatítica, com grandes cristais de feldspato...na praia, a meia distância entre o Molhe e a estação de Biologia”.

Contactos Geológicos

Com o quadro A15 pretende-se localizar os diferentes contactos geológicos.

Quadro A15 – Localização dos contactos geológicos

LOCAL (veja-se a Fig. A14)	CONTACTO GEOLÓGICO
A	Gnaiss Biotítico – Gnaiss Leucocrata Ocelado
B	Gnaiss Biotítico – Pegmatito
C	Gnaiss biotítico – Gnaiss Leucocrata
D	Gnaiss Biotítico – Metassedimentos
E	Metassedimentos – Gnaiss Leucocrata

Com o quadro A16 é possível analisar cada um destes contactos com maior pormenor.

Estruturas Geológicas

São quatro as estruturas geológica a estudar. O quadro A17 sintetiza as principais características das três primeiras.

Quadro A17 – Síntese das Principais Características das Três Estruturas Geológicas

ESTRUTURA GEOLÓGICA	CARACTERIZAÇÃO
Falha Provável	- O contacto entre os GLO e o GB efectua-se a partir de uma falha provável de direcção N120°E; - Embora não seja possível observar os seus limites, assim como o sentido de movimentação dos blocos por ela separados, é possível constatar que a cartografia geológica obedece a exercícios de abstracção que conduzem à construção de mapas geológicos (Fig. A14 – A).
Filão 1	- Litologia: Gnaiss Leucocrata; - Localização: Fig. A13 - C; - Direcção: N120°E; - Inclinação: 62° SSW; - Possança média: 41 centímetros.
Filão 2	- Litologia: Gnaiss Leucocrata; - Localização: Fig. A13 – E; - Pretende-se demonstrar que os filões também se podem apresentar dobrados, apesar da sua possança.

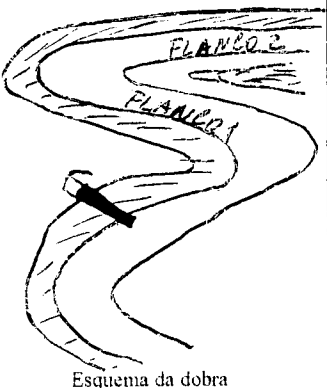
• Dobra

Numa zona de acessos excelentes (Fig A14 – E), é possível estudar genericamente “*in situ*” os seus principais elementos constituintes: dois flancos, plano axial, eixo e abertura. No quadro A18 encontra-se uma caracterização sumária desses elementos.

Quadro A16 – Síntese das características dos contactos geológicos

CONTACTO GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO
Gnaise Biotítico / Gnaise Leucocrata Ocelado	• Não é possível observar um contacto directo entre os dois gnaisses; • Muito provavelmente, este contacto efectuar-se-á através de uma falha de direcção N120°; • O local correspondente à hipotética caixa de falha, apresenta material de cor escura muito alterado (milonitizado) e deformado;
Gnaise Biotítico / Pegmatito	• O Pegmatito instalou-se discordantemente com o gnaise biotítico; • Esta litologia corta nitidamente a foliação do gnaise biotítico; • O facto anterior permite-nos supor que, em termos relativos, o pegmatito é mais recente que o gnaise biotítico.
Gnaise Biotítico / Gnaise Leucocrata	• O gnaise leucocrata encontra-se normalmente associado ao gnaise biotítico a partir de pequenos fíbrs de dimensões centimétricas que, em determinadas zonas, se apresentam dobrados; • O contacto entre as duas litologias é bastante nítido, devido à sua diferença de tonalidade (гнаise biotítico – tonalidade escura; gnaise leucocrata – tonalidade clara); • É evidente o facto dos gnaise leucocratas cortarem a foliação dobrada dos gnaisses biotíticos. Porém, existem locais onde aparentemente a foliação dos dois gnaisses parece ser concordante; • O gnaise biotítico ao evidenciar diferenciações mais leucocratas, poderá induzir a alguns erros de análise no campo.
Gnaise Biotítico / Metassedimentos	• Estes últimos apresentam-se como uma rocha de cor escura (mais escura que os gnaisses biotíticos) e com a particularidade de, em certos locais, possuírem no seu interior outras litologias presentes nesta faixa litoral, nomeadamente gnaisses; • É nítida a grande deformação patenteada pelos metassedimentos, inclusive nos materiais que se encontram incluídos no seu interior; • Apesar da sua forte deformação, os metassedimentos, em determinadas zonas, como que apresentam uma foliação, que possui uma direcção aproximadamente igual a N15°; • No afloramento que se situa em frente à esplanada do Homem do Leme, surge uma curiosa relação de campo entre estas duas litologias. Os metassedimentos apresentam-se como uma rocha de grão fino que é intruída pelos gnaisses biotíticos. Estes gnaisses como que cortam os metassedimentos, demonstrando, em termos relativos, que são mais recentes que estes últimos;
Gnaise leucocrata / Metassedimentos	• Contacto entre um pequeno filão dobrado de gnaise leucocrata, de possança centimétrica, com uma banda de metassedimentos; • O contacto é nítido, visto que ambas as rochas apresentam diferentes tonalidades (гнаise leucocrata: tonalidade clara; metassedimentos: tonalidade escura); • O gnaise apresenta uma foliação evidente.

Quadro A18 – Caracterização da dobra

CARACTERIZAÇÃO DA DOBRA		
Atitude do Flanco 1	N122°, 64° SW	
Atitude do Flanco 2	N105°, 64° SW	
Atitude do Plano Axial	N114°, 70° SW	
Atitude do Eixo da Dobra	63° → N200°	
Abertura da Dobra ¹ (segundo Fleuty, citado por Borges, 1984a)	Apertada	

Aspectos Geomorfológicos

Ao contrário das outras duas paragens, a paragem três caracteriza-se por possuir uma significativa parcela de areia, materializada pela praia do Homem do Leme. É um local com areias de diferentes granulometrias (mais grosseira na zona de rebentação e mais fina na zona de antepraia), que se estende desde o contacto dos gnaisses biotíticos com os gnaisses leucocratas ocelados até ao Porto de Carreiros (vulgo, Molhe).

A maior acumulação destes inertes verifica-se no lado norte do Porto de Carreiros, facto que contrasta com a zona a sul, onde as praias são inexistentes ou bastante mais pobres nos mesmos. A explicação para este fenómeno poderá ser devido à disposição no Porto de Carreiros. Este funcionará como uma estrutura transversal (tipo esporão), que interrompe o trânsito normal de areias (Dias, 1990). Estas acumular-se-ão contra o Molhe, no lado montante (relativamente ao sentido da deriva litoral), verificando-se uma propagação e incremento da erosão na zona a juzante do suprarreferido Porto, devido a esta retenção de areias a norte (Fig. A15) (Dias, 1990; Press & Siever, 1998).



Figura A15– Praia do Homem do Leme (Jorge et al., 2000)

¹ Segundo Fleuty, citado por Borges (1984a), uma dobra apertada é aquela cujo ângulo de abertura se situa entre os 0° e os 30°.

O areal do Homem do Leme encontrar-se, ainda, protegido da acção do mar por grandes afloramentos de gnaiss biotítico. Só em zonas restritas é possível um contacto directo entre a praia propriamente dita e o mar (Fig. A16) (Noronha, 1994).

Normalmente, a praia apresenta declives bastante suaves, podendo em determinados locais, existir um acentuado desnível (da ordem dos 1,5 a 2 metros) entre a zona de antepraia e a zona de rebentação (Fig. A17). Este fenómeno é claramente visível durante a baixa-mar.



Figura A16 – Areal protegido pelo gnaiss biotítico



Figura A17 -- Desnível de 1.5 a 2 metros

Curioso é o facto de surgirem novamente marmitas litorais associadas a uma nítida erosão marinha sobre as rochas gnáissicas.

PARAGEM 4: PRAIA DE GONDARÉM

Anfibolito da Praia de Gondarém – Rochas e Estruturas Associadas

Objectivos

- *Estudo e manuseamento de mapas topográficos e geológicos;*
- *Identificação e análise das diferentes litologias;*
- *Análise e discussão dos vários contactos geológicos;*
- *Aplicação dos conhecimentos sobre o manuseamento da bússola ao estudo de quatro dobras;*
- *Análise de duas dobras/falhas;*
- *Observação e análise de aspectos geomorfológicos característicos de ambiente litoral.*

Cartografia

Esta paragem inicia-se logo após a praia de Gondarém e estende-se até norte da praia da Sr.^a da Luz (Fig. A18).

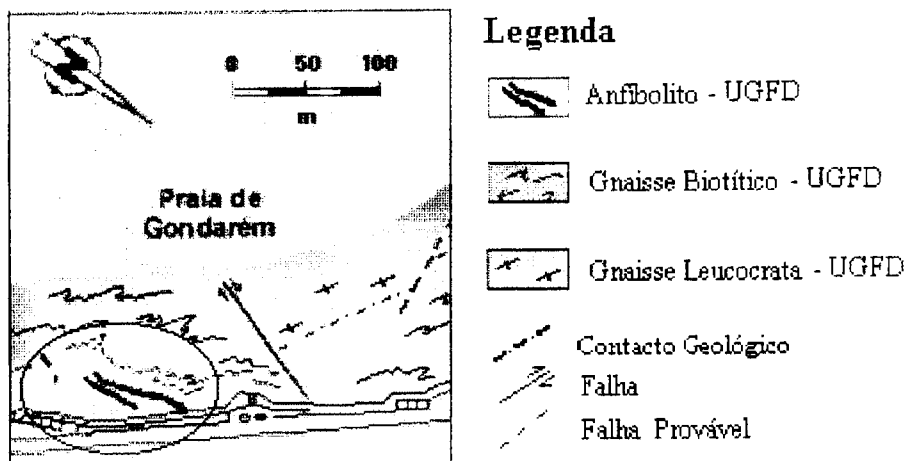


Figura A18 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro: Paragem Quatro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Na figura A19 apresenta-se um esboço geológico pormenorizado da zona da Praia de Gondarém.

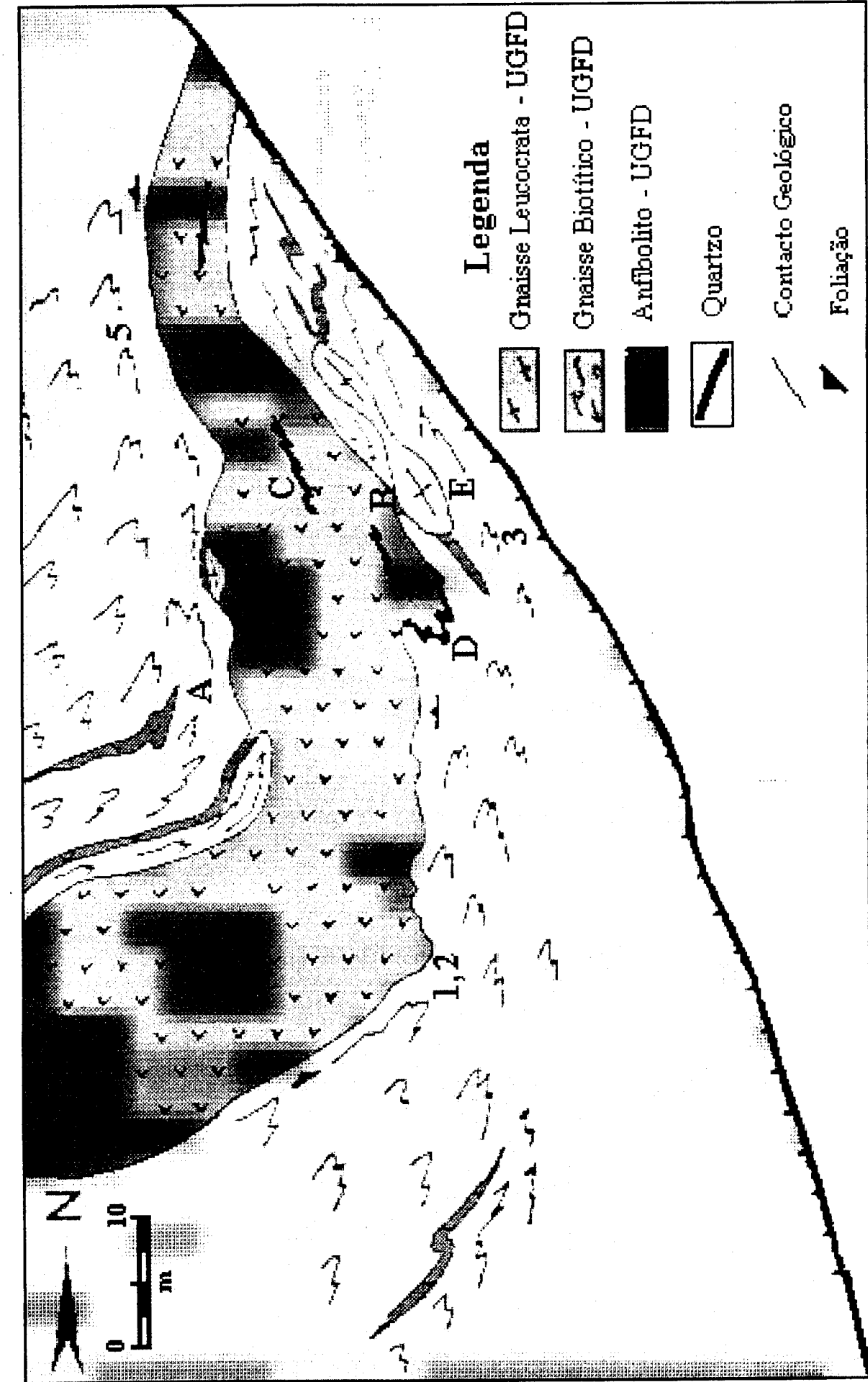


Figura A19 – Esboço Geológico da Paragem Quatro (modificado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000)

Litologias

• Anfibolito - UGFD

Na faixa metamórfica da foz do Douro existem corpos anfibolíticos de dimensões e formas variadas, envolvidos por ortognaisses e metassedimentos. São corpos homogêneos e raramente bandados, que exibem normalmente contactos bem definidos (Bravo & Abrunhosa, 1978).

O corpo anfibolítico da Praia de Gondarém, apresenta uma cor negro-esverdeada de granularidade média a fina, onde se observa uma orientação predominantemente traduzida pelo alongamento dos cristais de anfíbola (Bravo & Abrunhosa, 1978; Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994). Na zona norte do afloramento, a direcção deste alinhamento é de N160° E, rodando para N60° E no sector sul. Esta inflexão resulta de um dobramento de eixo mergulhante 60° a 80° para N310°E a N320°E, evidenciado, na zona central do anfibolito, por magníficas dobras métricas (Borges et al., 1985, 1987).

Localmente, graças à presença de estreitos filonetes de quartzo distribuídos no seio do corpo anfibolítico, é ainda possível observar um microdobramento isoclinal anterior ao dobramento regional (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

A textura é nematoblástica evidenciando tendência granonematoblástica nas variedades de maior granularidade. Neste último tipo abundam cristais de anfíbola subédricos, alongados, com inclusões vermiculares poecilíticas de plagioclase, demonstrando recristalização conjunta. Os minerais essenciais são a hornblenda verde magnésiana e a plagioclase cálcica. Associada à anfíbola existe, acessoriamente, diópsido, apatite, esfena, quartzo, um carbonato, um mineral do grupo do epidoto e plagioclase saussoritizada (Bravo & Abrunhosa, 1978).

Estes anfibolitos apresentam composição química de basaltos deprimidos do tipo MORB (“Mid-Ocean Ridge Basalts”) e uma idade modelo de 1,05 Ga (Noronha & Leterrier, 1995; Leterrier & Noronha, 1998).

No quadro A19 apresenta-se uma síntese das outras litologias igualmente existentes.

Quadro A19– Caracterização das outras litologias (Borges et al., 1985, 1987; Bravo & Abrunhosa, 1978; Chaminé et al., *in prep.*; Leterrier & Noronha, 1998; Marques M. et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Teixeira, 1970).

LITOLOGIA	CARACTERIZAÇÃO
Gnaiss Biotítico (GB) (UGFD)	- Ocorrem normalmente associados a rochas metassedimentares, anfibolitos e a gnaisses leucocratas cuja foliação (incipiente) intersecta, em muitos casos, a foliação dobrada dos primeiros; - São rochas mesocratas de composição tonalítica, evidenciando, por vezes, diferenciações mais leucocratas; - São essencialmente constituídos por quartzo + plagioclase + biotite + granada; - Estes gnaisses, cuja idade corresponde ao Pré-cambriaco superior, terão tido uma origem profunda.
Gnaiss Leucocrata (GL) (UGFD)	- Petrograficamente apresentam uma composição granítica; - São essencialmente constituídos por quartzo + feldspato potássico + plagioclase + andaluzite ± silimanite (fibrolite) ± cordierite; - O estiramento sobrepõem-se a qualquer tipo de deformação; - Ocorrem normalmente associadas aos gnaisses biotíticos sob a forma de pequenos filões;
Quartzo	- Surge em pequenos filonetes e em filões passíveis de serem cartografados; - Não possuem uma orientação definida, encontrando-se nitidamente dobrados; - Normalmente estão associados ao grande corpo anfibolítico, intruindo-o ou bordejando-o.

Contactos Geológicos

Com o quadro A20 pretende-se localizar os diferentes contactos geológicos.

Quadro A20 – Localização contactos geológicos

LOCAL (veja-se Fig. A19)	CONTACTO GEOLÓGICO
A	Anfibolito – Gnaiss Biotítico
B	Anfibolito – Gnaiss Leucocrata
C	Anfibolito – Quartzo
D	Gnaiss Biotítico – Quartzo
E	Gnaiss Biotítico – Gnaiss Leucocrata

Com o quadro A21 é possível analisar cada um destes contactos com mais pormenor.

Estruturas Geológicas

São de dois tipos as estruturas geológicas, com grande interesse didáctico, que se podem analisar: **dobras e dobras/falha**.

• Dobras

O quadro A22 reúne as características principais das quatro dobras estudadas e cuja localização é apresentada na figura A19.

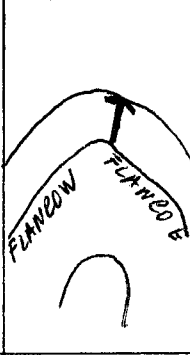
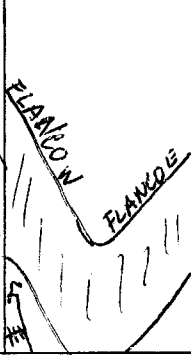
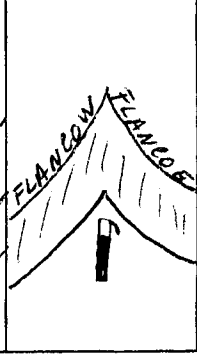
Quadro A21 – Síntese das características dos contactos geológicos

CONTACTO GEOLOGICO	DESCRIÇÃO
Anfibolito – Gnaiss Biotítico	• O grande corpo anfibolítico é claramente bordejado pelo gnaiss biotítico, onde este último alterna nitidamente com retalhos dessa rocha; • No gnaiss biotítico é possível observar-se o dobramento regional conjuntamente com os metassedimentos associados, onde a atitude das suas dobras coincide com a atitude do dobramento maior observado nos anfibolitos (Borges et al., 1985, 1987); • As duas rochas distinguem-se com bastante facilidade, visto que apresentam tonalidades e características muito próprias: ✓ O anfibolito possui uma tonalidade mais escura quando comparado com o gnaiss biotítico, mais claro; ✓ O gnaiss biotítico apresenta uma foliação dobrada bastante evidente; ✓ O anfibolito distingue-se facilmente do gnaiss biotítico pela presença e clara orientação dos cristais de anfibolas.
Anfibolito – Gnaiss Leucocrata	• A distinção entre estas duas rochas baseia-se basicamente, ao nível do afloramento, pela tonalidade e pela presença ou não de foliação: ✓ O anfibolito é nitidamente mais escuro que o gnaiss leucocrata; ✓ O anfibolito possui cristais de anfibola orientados; ✓ O gnaiss leucocrata possui uma foliação evidente. • Na figura 53 existe um local onde o gnaiss leucocrata encontra-se bordejado por anfibolito. Trata-se de um facto pouco comum, visto que o primeiro se encontra normalmente associado ao gnaiss biotítico.
Anfibolito – Quartzo	• O quartzo apresenta-se no interior do anfibolito na forma de filões dobrados (de dimensões centimétricas) e em filonetes dobrados. Existem zonas onde estes filões bordejam o extenso corpo anfibolítico (Borges et al., 1985, 1987); • A distinção entre as duas litologias baseia-se na tonalidade (anfibolito: cor escura; quartzo: cor clara); • Em determinados locais o quartzo pode ser confundido com gnaiss leucocrata. Porém, apesar da sua tonalidade, este último apresenta uma foliação evidente.
Gnaiss Biotítico – Quartzo	• Situa-se numa estreita franja, entre o gnaiss biotítico e o anfibolito; • Tal como no caso anterior, a distinção entre as duas litologias baseia-se no facto de: ✓ O quartzo apresentar cor clara e o gnaiss biotítico cor escura; ✓ O gnaiss biotítico apresentar uma foliação evidente dobrada.
Gnaiss Biotítico – Gnaiss Leucocrata	• O gnaiss leucocrata encontra-se normalmente associado ao gnaiss biotítico a partir de corpos estrados que, em determinadas zonas, se apresentam dobrados; • O contacto entre as duas litologias é bastante nítido, devido à diferença de tonalidade (гнаiss biotítico – tonalidade escura; gnaiss leucocrata – tonalidade clara); • O gnaiss biotítico ao evidenciar diferenciações mais leucocratas, poderá induzir a alguns erros de análise no campo.

Note-se que, embora o estudo tenha recaído sobre estas dobras, existem outras que, pelo seu carácter didáctico, são dignas de destaque obrigatório. São pequenos filonetes de quartzo dobrados presentes no grande corpo anfibolítico. Borges (1984a) classifica esses dobramentos como um sistema de dobras.

Em determinadas superfícies, esses dobramentos apresentam os elementos caracterizadores de uma dobra em alto relevo². Assim, professores e alunos possuem a oportunidade de estudar dobras a três dimensões, facto que só seria possível com recurso a meios informáticos ou literatura especializada. Estas dobras localizam-se nas imediações da **zona 3** da figura A18.

Quadro A22 – Síntese das principais características das quatro dobras

	DOBRA 1	DOBRA 2	DOBRA 3	DOBRA 4
Localização (Fig. A19)	1	2	1	3
Litologia	Anfibolito	Anfibolito	Anfibolito	Anfibolito
Atitude do Flanco W	N152°, 60° W	N93°, 71° NE	N79°, 71° N	N256°, 76° N
Atitude do Flanco E	N110°, 68° NE	N176°, 71° W	N171°, 76° W	N312°, 76° SW
Atitude do Plano Axial	N137°, 70° NE	N127°, 82° NE	N122°, 80° NE	N288°, 85° SSW
Atitude do Eixo de Dobra	36° → N305°	60° → N300°	68° → N310°	62° → N282°
Abertura da Dobra (Segundo Fleuty, citado por Borges, 1984a) (Quadro A23)	Transição Aberta/Fechada	Aberta	Aberta	Fechada
Esquema				

Quadro A23 – Abertura das dobras segundo Fleuty (in Borges, 1984a)

DESCRIÇÃO DA DOBRA	ÂNGULO DE ABERTURA
Suave	180° - 120°
Aberta	120° - 70°
Fechada	70° - 30°
Apertada	30° - 0°
Isoclinal	0°
“Elásticas”	< 0°

² Este facto só é possível, devido ao quartzo ser mais resistente à meteorização que o anfibolito.

- **Dobra/Falha**

Quando o esforço ultrapassa o limite de deformação das rochas, pode provocar uma ruptura das mesmas, originando uma estrutura de grande beleza, designada por dobra/falha (Dercourt & Paquet, 1986; Galopim de Carvalho, 1997).

Ambas as estruturas localizam-se no local 1 no mapa da figura A19. Com a figura A20 procura-se evidenciar cada uma delas no terreno e respectiva representação esquemática.

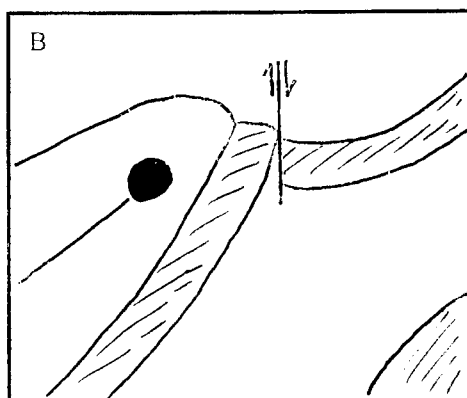
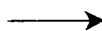
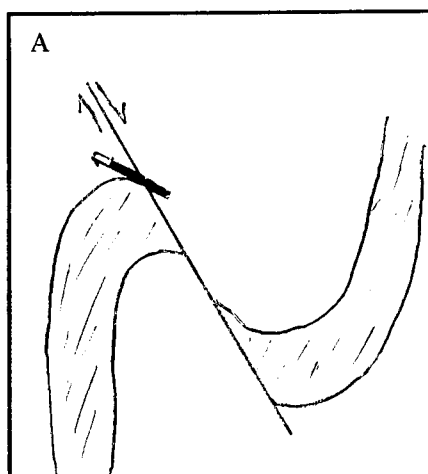


Figura A20 – Dobras/Falhas

1. Aspecto no Terreno e esquema representativo (A)
2. Aspecto no terreno e esquema representativo (B)

Aspectos Geomorfológicos

Neste sector os afloramentos situam-se poucos metros acima do nível do mar (2 a 4 metros), sendo frequentemente invadidos pelas águas da preia-mar. Este facto obriga ao bom conhecimento das marés, pois só na baixa-mar é possível realizar o estudo da área.

Os principais aspectos geomorfológico identificados encontram-se descritos no quadro A24.

Quadro A24 – Principais aspectos geomorfológicos

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	CARACTERIZAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
Ausência quase total de Praia	- Somente em pontos muito restritos é possível observar uma delgada língua de areia; - As rochas, bastante polidas pela acção erosiva do mar, exibem as suas características intrínsecas com grande nitidez.	Aplicável a todo o afloramento
Marmitas Litorais	- São bastante frequentes marmitas com variados diâmetros e profundidades. - Isoladas ou em grupo, normalmente coexistem em zonas sob influência das marés.	Dispersas por entre os afloramentos de anfibolito
Arcos de Abrasão Marinha	- Dois arcos de abrasão marinha destacam-se na paisagem; - Resultam de processos erosivos e de modelação de relevo desenvolvidos pelo mar, nomeadamente sob as rochas que se situam próximas do nível da água. O mar, conjuntamente com areia em suspensão, desgasta a base da rocha conferindo-lhe a forma de um arco.	Fig. A19 – 4 e 5

PARAGEM 5: PRAIA DA SR.^a DA LUZ

Brecha Ígnea da Sr.^a da Luz e Rochas Associadas

Objectivos

- *Estudo e manuseamento de mapas topográficos e geológicos;*
- *Identificação e síntese das diferentes litologias que constituem, no seu conjunto, as rochas do CMFD anteriormente analisadas;*
- *Discussão dos contactos geológicos observados;*
- *Observação e análise de aspectos geomorfológicos característicos de ambiente litoral.*

Cartografia

Esta paragem inicia-se na praia de Sr.^a da Luz e estende-se até norte da praia dos Ingleses (Fig. A21).

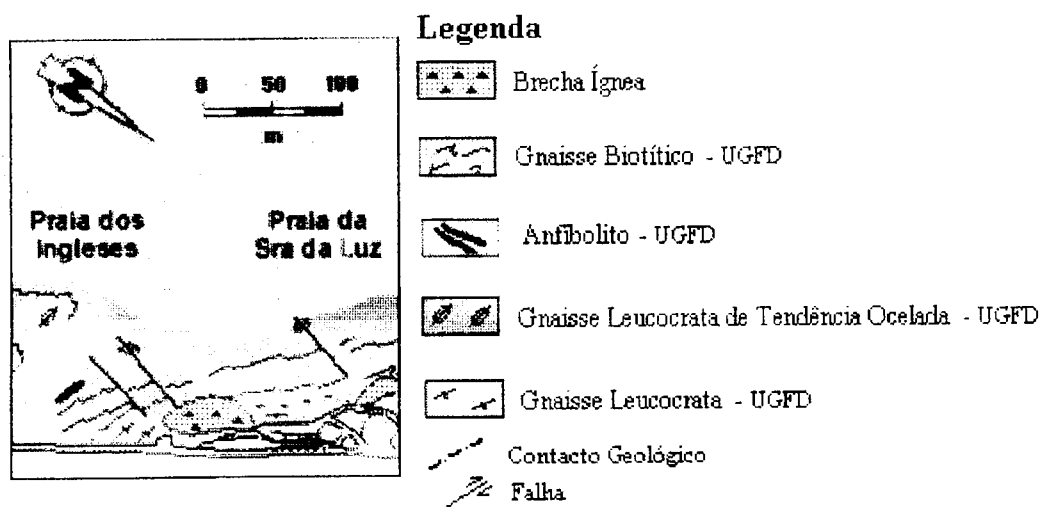


Figura A21 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro: Paragem Cinco (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Na figura A22 apresenta-se um esboço geológico pormenorizado da zona da Praia dos Ingleses.

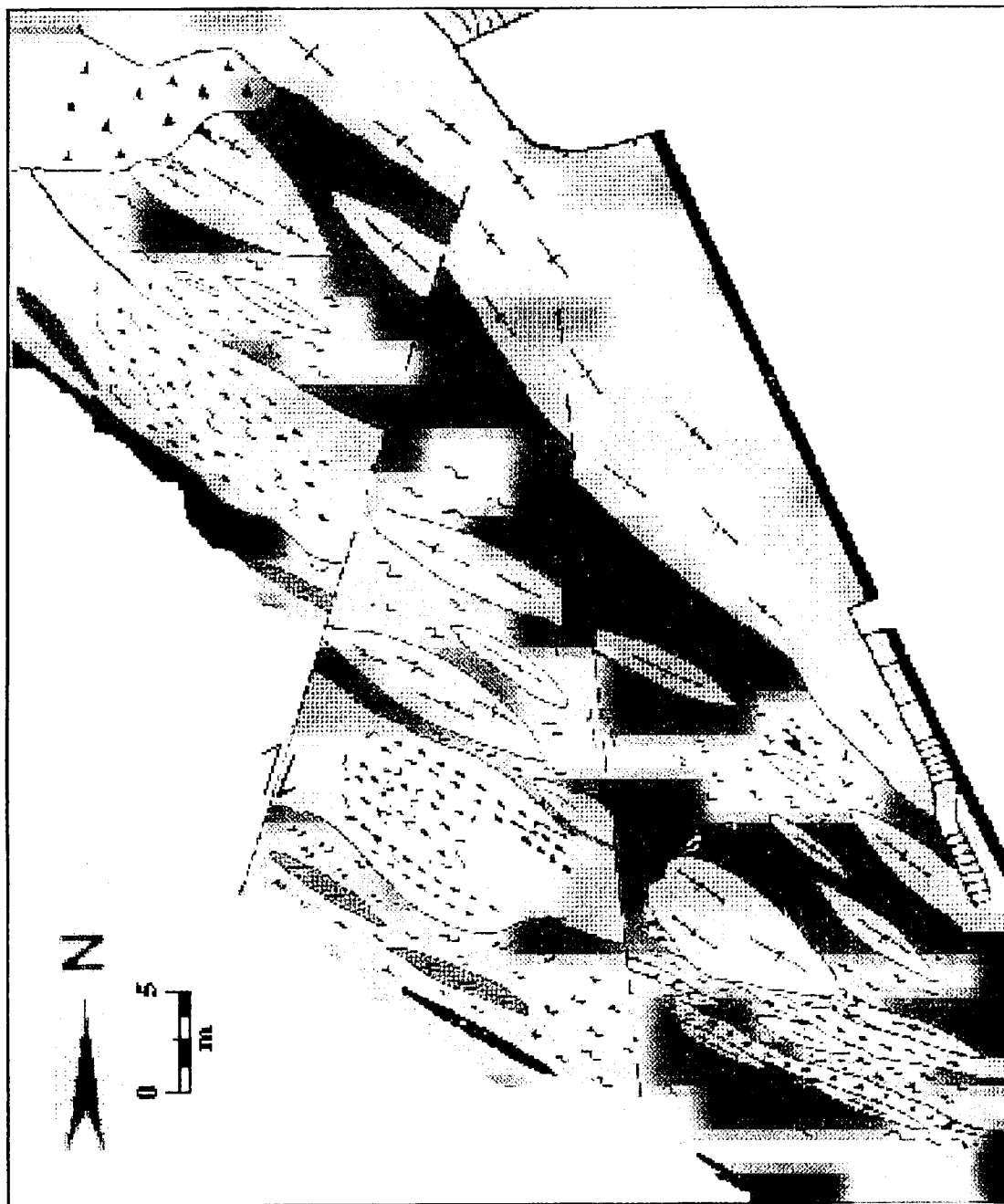
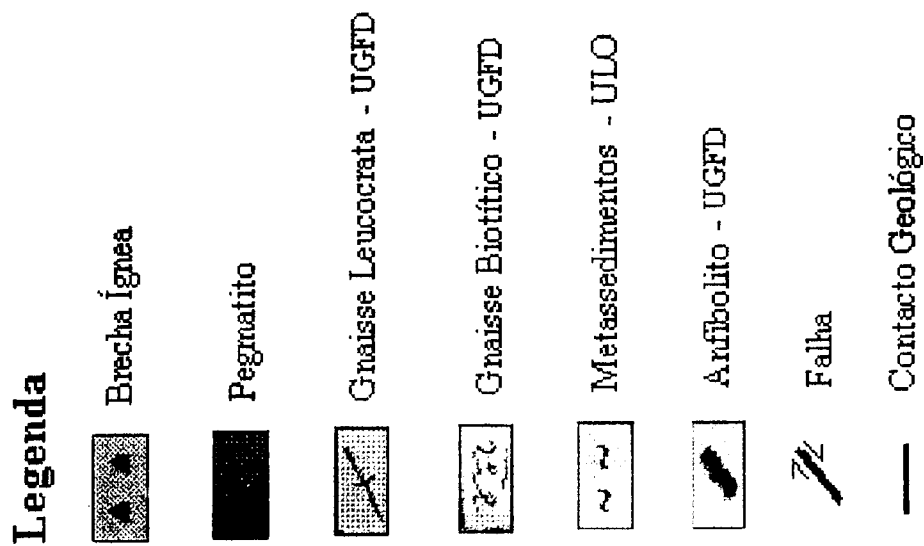


Figura A22 - Esboço geológico da paragem cinco (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques, M., 2000)

Litologias

Para sintetizar as principais características das litologias, elaborou-se o quadro A25.

Contactos Geológicos

Os contactos da paragem cinco encontram-se presentes no quadro A26 e na figura A22.

Quadro 26 – Contactos Geológicos

CONTACTOS GEOLÓGICOS
Brecha Ígnea – Anfibolito
Brecha Ígnea – Gnaiss Leucocrata
Brecha Ígnea – Metassedimentos
Gnaiss Leucocrata – Metassedimentos
Gnaiss Leucocrata – Gnaiss Biotítico
Pegmatito – Metassedimentos
Anfibolito – Metassedimentos
Gnaiss Biotítico – Metassedimentos
Gnaiss Biotítico – Rocha Ígnea
Gnaiss Biotítico – Pegmatito
Pegmatito – Gnaiss Biotítico

Aspectos Geomorfológicos

Para efectuar um estudo às litologias é absolutamente necessário considerar a preia-mar e a baixa-mar, visto que as águas invadem sistematicamente os afloramentos mais importantes.

Na preia-mar, quando a ondulação é forte, as ondas embatem, violentamente, num afloramento que pode atingir cerca de 4 metros de altura. No inverno e na época de marés vivas, as ondas acentuam a acção sobre as rochas, ajudando a criar formas próprias que se individualizam na topografia do local. São **marmitas litorais** e aos **arcos de abrasão marinha** (Fig. A23).



Figura A23 – Arcos de Abrasão Marinha

Quadro A25 – Síntese das Principais Litologias

LITOLOGIA	DESCRIÇÃO
Brecha Ígnea	• Teixeira (1970) realça certas estruturas de tipo brechóide, constituídas por pequenos corpos linguiformes escuros, biotíticos, xistentos, muito numerosos, distribuídos por entre os megacrístais de feldspato; • A brecha ígnea encontra-se relacionada com a intrusão de granitos variscos (como o do Castelo do Queijo), na qual se reconhecem elementos de toda a faixa metamórfica (Borges et al., 1985, 1987; Noronha, 1994; Pereira M. et al., 2000).
Rochas Ígneas	• Segundo Assunção (1962) e Teixeira (1970), na zona da praia da Luz observam-se algumas pequenas ilhotas de granito porfíroide, por entre os gnaisses acompanhadas por granito de grão grosseiro. Grandes megacrístais de feldspato, geralmente branco, às vezes em acumulações densas, prefiguram no primeiro granito. Estes megacrístais apresentam-se muitas vezes zonados e exibem a geminação de Carlsbad. A sua extraordinária concentração constitui amplos domínios da rocha. • Costa & Teixeira (1957b) sublinham que o granito porfíroide da Sr.^a da Luz apresenta biotite com numerosos halos e núcleos de zircão; • Embora a brecha ígnea se encontre relacionada com granitos variscos (rochas ígneas), optou-se por diferenciar as duas litologias, no sentido de evitar possíveis confusões de terminologia.
Gnaisse Biotítico	• Apresenta um aspecto ligeiramente distinto do que se observa na restante faixa metamórfica (Borges et al., 1985, 1987); • É uma rocha mesocrata de grão fino com fraca blastese de plagioclase (Borges et al., 1985, 1987); • A análise modal aponta para uma rocha de composição tonalítica, sem feldspato potássico, mas rica em plagioclase e biotite. A foliação regional de orientação N120° E é definida pela orientação de cristais de biotite e apresenta um microdobramento de eixo mergulhante de 70° para N300° E (Borges et al., 1985, 1987); • Nesta fácies são frequentes diferenciações leucocratas igualmente dobradas e cortadas, em vários pontos, pelos gnaisses leucocratas (Borges et al., 1985, 1987); • Evidencia deformação dúctil, traduzida, essencialmente, por estiramento (Borges et al., 1985, 1987).
Metassedimentos	• Associados aos gnaisses biotíticos ocorrem intercalações de rochas metassedimentares intensamente dobradas (Borges et al., 1985, 1987); • O contacto entre essas duas rochas e os gnaisses biotíticos só é visível em zonas muito restritas, mas permite evidenciar o carácter intrusivo daquele gnaisse. De facto, nesses locais, a foliação do gnaisse biotítico é claramente discordante da foliação dobrada dos metassedimentos (Borges et al., 1985, 1987).
Gnaisse Leucocrata	• Rocha de composição granítica que apresenta sistematicamente andaluzite e/ou cordierite e mais raramente silimanite (fibrolite) (Borges et al., 1985, 1987); • A foliação, mal definida, tem uma orientação N120° E e apenas evidencia um dobramento de eixo sub-horizontal. Estas rochas afloram em grandes corpos, estirados paralelamente à orientação geral da faixa metamórfica, embora localmente seja possível observar o seu contacto discordante com os gnaisses biotíticos (Borges et al., 1985, 1987); • Evidencia deformação dúctil, traduzida, essencialmente, por estiramento (Borges et al., 1985, 1987).
Anfibolito	• Esta rocha apresenta-se num pequeno corpo, exibindo dobras com eixo vertical (Borges et al., 1985, 1987).
Pegmatito	• Rocha que se apresenta em pequenos corpos estirados paralelamente à orientação geral da faixa metamórfica; • Encontra-se associada aos metassedimentos, podendo também surgir associada aos gnaisses biotíticos; • Só é visível em locais muito restritos.

Esta paragem possui ainda dois aspectos geomorfológicos claramente distintos. A norte da praia dos Ingleses, no local onde se efectuou o estudo das litologias, a **ausência de praia** é evidente e os declives são acentuados; a sul desse local, existe uma **extensa língua de areia** que cobre, quase por completo, todas as rochas e contactos representados no esboço geológico da figura A22. Nesta zona os declives são bastante suaves.

PARAGEM 6: PRAIA DOS INGLESES
Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada e Rochas Associadas

Objectivos

- *Estudo e manuseamento de mapas topográficos e geológicos;*
- *Identificação e síntese das diferentes litologias;*
- *Discussão dos contactos geológicos observados;*
- *Observação e análise de aspectos geomorfológicos característicos de ambiente litoral.*

Cartografia

Esta paragem inicia-se na Praia dos Ingleses e estende-se até norte da Praia do Ourigo (Fig. A24).

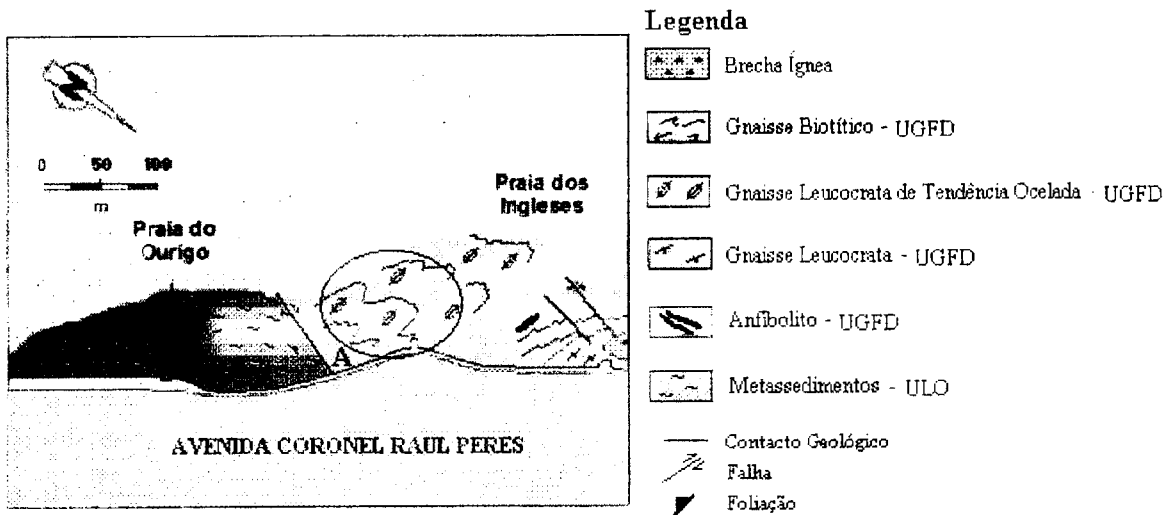


Figura A24 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro: paragem seis (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Na figura A25 apresenta-se um esboço geológico pormenorizado da área a trabalhar.

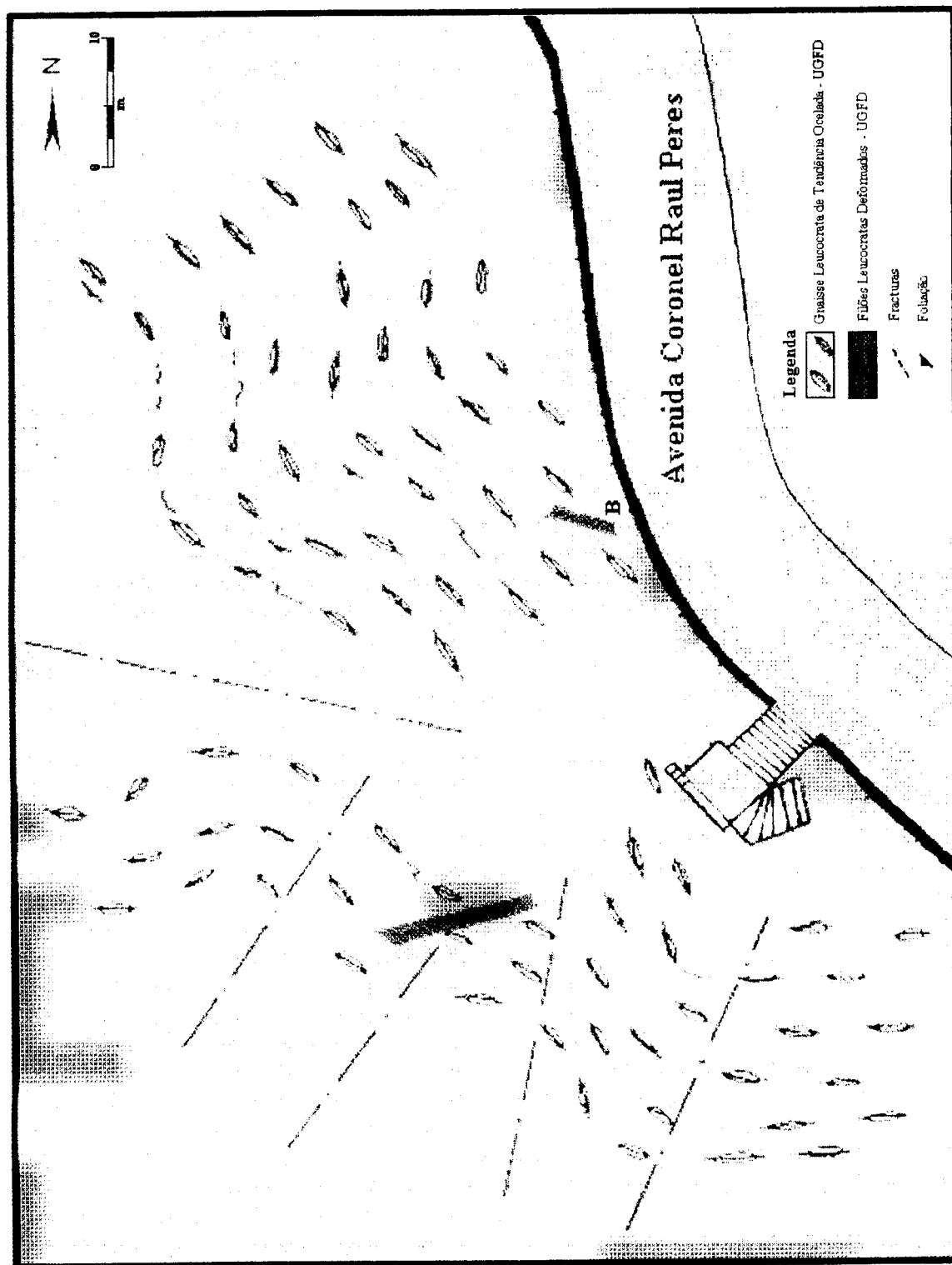


Figura A25 – Esboço geológico da paragem seis (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 2000).

Litologias

• Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada - UGFD

Único local onde é possível observar esta litologia.

É uma rocha leucocrata de grão médio a grosseiro, localmente com aspecto ocelado. Distribui-se por um grupo composicional granítico-adamelítico e é essencialmente constituído por quartzo + feldspato potássico + plagioclase $\pm$ granada + andaluzite $\pm$ silimanite (fibrolite) $\pm$ cordierite, sendo pobre em biotite. Esta litologia apresenta um incipiente desenvolvimento de porfiroblastos de feldspato potássico e uma nítida foliação penetrativa dobrada. (Borges et al., 1985, 1987; Marques M. et al., 1994; Noronha, 1994; Leterrier & Noronha, 1998; Marques M. et al., 2000). A foliação apresentada é nítida e as suas dobras têm um eixo mergulhante de $70^\circ \rightarrow N 300^\circ E$ (Borges et al., 1985, 1987) (Fig. A26).

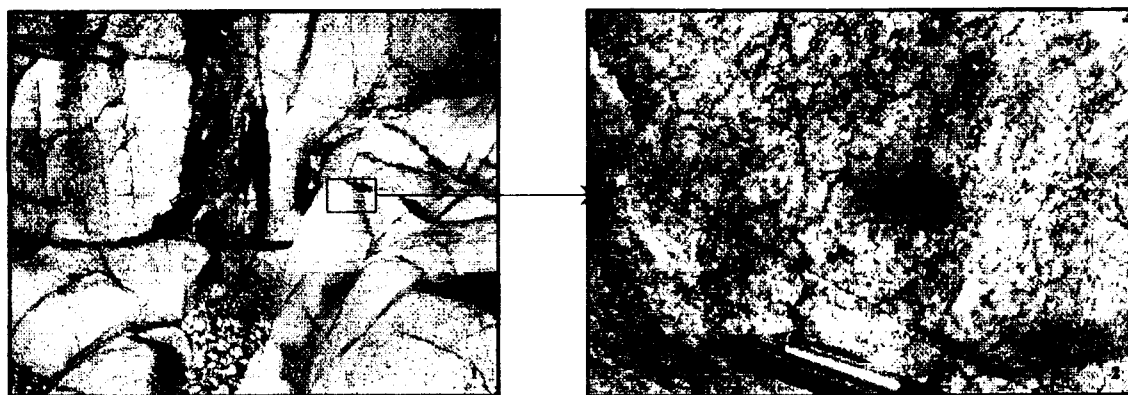


Figura A26 – Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada (GLTO)

1. Em afloramento;
2. Pormenor do aspecto 1.

Esta rocha apresenta uma deformação intensa, traduzida quer por um cisalhamento quer por um dobramento de atitude semelhante ao verificado nos gnaisses biotíticos (Borges et al., 1985, 1987). Ao microscópio pode verificar-se que a deformação é inteiramente dúctil, representada essencialmente por estiramento, à semelhança do que ocorre com os gnaisses biotíticos e leucocratas. A composição mineralógica, semelhante a estes últimos gnaisses, dificulta a distinção das duas fácies em lâmina delgada. A individualização do gnaiss leucocrata de tendência ocelada (GLTO) é possível apenas pela observação das estruturas mesoscópicas que apresenta (Borges et al., 1985, 1987) e que se podem analisar muito bem em afloramento.

Refira-se, ainda, que nestes gnaisses são frequentes corredores de rochas milonitizadas (Marques M. et al., 2000).

No quadro A27 apresenta-se uma síntese das outras litologias igualmente presentes.

Quadro A27 – Caracterização das outras litologias (Borges et al., 1985, 1987; Chaminé et al., *in press.*; Leterrier & Noronha, 1998; Marques M. et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Pereira M., 1999).

LITOLOGIA	CARACTERIZAÇÃO
Filões Leucocratas Deformados (UGFD)	• Rocha com foliação evidente e geralmente discordante com a foliação da rocha encaixante, porém frequentemente paralela ao cisalhamento do gnaiss leucocrata de tendência ocelada; • A sua visualização encontra-se obstruída por areia e construções humanas;
Metassedimentos (ULO)	• Localizam-se no extremo sul da faixa metamórfica, na qual contactam com os GLTO¹; • Fazem parte da à Unidade de Lordelo do Ouro; • São essencialmente micaxistos silimaníticos a que se associam, por vezes, anfíbolitos, rochas calcossilicatadas e quartzitos; • Apresentam-se nitidamente dobrados.

Contactos Geológicos

São poucos os contactos geológicos existentes. Com o quadro A28 pretende-se efectuar a sua identificação e com as figuras A24 e A25 a sua localização.

Quadro A28 – Contactos Geológicos e Suas Características

CONTACTO	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO
GLTO – Filões Leucocratas Deformados	Fig. A25 – A	• Estes filões apresentam uma foliação evidente geralmente discordante da foliação da rocha encaixante, mas frequentemente paralela ao cisalhamento do gnaiss (Borges et al., 1985, 1987). • Apesar de presente no mapa da figura A25, não é possível observar este contacto no terreno.
GLTO - Metassedimentos	Fig. A24 – B	• Contacto por falha de direcção N10° E (Borges et al., 1985, 1987); • Apesar de cartografado, não é possível observar o contacto por falha no terreno; • Em zonas restritas é possível observar o contacto directo entre estas duas litologias.

Aspectos Geomorfológicos

A Praia dos Ingleses é uma zona de declives bastante suaves, com alguns metros de extensão de areia fina (10 a 20 m). A sul desta praia, numa arriba rochosa com cerca de 4 metros de altura, aflora o maciço de GLTO que a separa da Praia do Ourigo.

Nesse maciço rochoso é possível observar algumas formas caprichosas, resultantes da conjugação do mar com outros factores. São as **marmitas litorais**, os **arcos de abrasão marinha** e as **cavernas**. As primeiras, embora não muito frequentes, possuem variados diâmetros e profundidades. São em maior quantidade durante a baixa-mar. Os arcos de abrasão marinha e as cavernas (estas últimas só visíveis nesta paragem) (Fig. A27) existem em número reduzido.



Figura A27 - Caverna

Logo após este afloramento, surge a Praia do Ourigo, que serve de palco ao contacto entre o GLTO e os metassedimentos da Unidade de Lordelo do Ouro. É uma praia de areia fina, relativamente extensa, de declives bastante suaves. A sul da mesma, surge um afloramento de metassedimentos, que já não são objecto de estudo neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Assunção, C. F. T., 1962. Rochas Graníticas do Minho e Douro. Novos elementos para o seu conhecimento. Mem. Serv. geol. Portg., Lisboa, N.S., 10: 33-65.
- Borges, F. S., 1984a. Dobras. In: Geologia Estrutural (Parte I). Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Policopiado).
- Borges, F. S., 1984b. Estruturas Planares. In: Geologia Estrutural (Parte I). Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Policopiado).
- Borges, F. S., 1984c. Falhas. In: Geologia Estrutural (Parte I). Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Policopiado).
- Borges, F. S., Noronha, F. & Marques, M., 1985. Excursão Geológica no Complexo Gnáissico da Foz do Douro. In: Livro-guia das excursões geológicas da IX Reunião de Geologia do Oeste Peninsular, Porto, 1985. Universidade do Porto.
- Borges, F. S., Noronha, F. & Marques, M., 1987. Metamorphic terrains of Foz do Douro. In: Ribeiro, A., Dias, R., Pereira, E., Merino, H., Borges, F. S., Noronha, F. & Marques, M., Coords, Guide-book for the Miranda do Douro-Porto Excursion. Conference on Deformation and Plate Tectonics, Oviedo, p. 11-19.
- Bravo, M. S. & Abrunhosa, M. J., 1978. Sobre a petrografia, composição e origem dos anfibolitos da Foz do Douro (Porto-Portugal). Publ. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 4ª Sér., 95: 7-26.
- Chaminé, H. G. I. O., 2000. Estratigrafia e Estrutura da Faixa Metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): Implicações Geodinâmicas, 497 pp. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Tese de Doutoramento).
- Chaminé, H. I., Fonseca, P. E., Noronha, F., Ribeiro, A. & Lemos de Sousa, M. J., in prep. Tectonoestratigrafia da faixa metamórfica de Porto-Albergaria -a-Velha.
- Dias, J. M. A., 1990. A Evolução Actual do Litoral Português. Geonovas, Lisboa, 11: 15-29.
- Ferreira, [D.] V., 1999. Nevogilde há 50 anos. 1ª Edição, p. 20. O Progresso da Foz. Porto.
- Ferreira, J., Araújo, M. A. & Gomes, A. A., 1995. Contribuição para o conhecimento geológico e geomorfológico da praia de Lavadores (Vila Nova de Gaia). In: Borges, F. S. & Marques, M. M., Coords, IV Congresso Nacional de Geologia, Porto, 1998, Resumos Alargados. Mem. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 4: 411-415.
- Ferreira, N., Iglesias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A. & Ribeiro, M. L., 1987. Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J. C., López Plaza, M. & Rodríguez Alonso, M. D., Eds, Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico, Libro de Homenaje a L. C. García de Figuerola, p. 37-51. Editorial Rueda. Madrid.
- Galopim de Carvalho, A. M., 1997. Geologia - petrogénese e orogénese, p. 97-104. Universidade Aberta. Lisboa.
- Jorge, F., Monteiro, A. & Menéres, A., 2000. O Porto visto do céu. Argumentum. Lisboa.
- Julivert, M., Fontboté, J. M., Ribeiro, A. & Conde, L. E. N., 1974. Mapa Tectónico de la Península Ibérica Y Baleares, Escala 1:1000 000. Memoria Explicativa, 113 pp. Instituto Geologico Y Minero de España. Madrid.
- Leterrier, J. & Noronha, F., 1998. Evidências de um plutonismo calcoalcalino Cadomiano e de um magmatismo tipo MORB no Complexo Metamórfico da Foz do Douro (Porto). In: Azerêdo, A., Coord., Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Resumos Alargados, Lisboa, 1998. Comun. Inst. geol. min., 84, 1: B146-B149.

- Marques, M., Flores, D., Pinto de Jesus, A. & Guerner Dias, A., Coords, 1994. Geologia dos Arredores do Porto. In: Livro-Guia da Excursão geológica do XIV Curso de Actualização de Professores de Geociências, p. 1-10. Braga.
- Marques, M., Noronha, F., Flores, D. & Rodrigues, B., 2000. Geologia da faixa costeira Lavadores-Porto. In: Livro-guia da excursão geológica do XX Curso de Actualização de Professores de Geociências, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto/Associação Portuguesa de Geólogos. Porto.
- Mendes, F., 1967/1968. Contribution à l' étude géochronologique, par la méthode au strontium, des formations cristallines du Portugal. Bol. Mus. Labor. Miner. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Lisboa, 11, 1: 3-155. (Tese de doutoramento).
- Noronha, F., 1994. Geologia e Tectónica. In: Carta Geotécnica do Porto, Vol. 1, Tomo 1 – Memória, p. 36-49. Câmara Municipal do Porto, COBA, FCUP.
- Noronha, F., 2000. Enquadramento geológico da região do Porto. In: XX Curso de Actualização de Professores de Geociências, Porto, 2000, p.1-4. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Associação Portuguesa de Geólogos. Porto.
- Noronha, F. & Leterrier, J., 1995. Complexo Metamórfico da Foz do Douro. Geoquímica e geocronologia. Resultados preliminares. In: Borges, F. S. & Marques, M. M., Coords, IV Congresso Nacional de Geologia, Porto, 1998, Resumos Alargados. Mem. Mus. Labor. miner. geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 4:769-774.
- Oliveira, J. T., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, M. T. & Monteiro, J. H., Coords., 1992. Carta Geológica de Portugal à escala 1/500 000, 5ª Edição, 2 folhas. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Pereira, [M.] F. C., 1999. Caracterização da estrutura dos domínios setentrionais da Zona de Ossa-Morena e seu limite com a Zona Centro-Ibérica, no nordeste alentejano, p.25-26. Universidade de Évora. (Tese de Doutoramento).
- Press, F. & Siever, R., 1998. Understanding Earth, 2nd, p. 418-435. W. H. Freeman and Company. New York. N. Y.
- Quesada, C., 1992. Evolución tectónica del Macizo Ibérico (una historia de crecimiento por acrecencia sucesiva de terrenos durante el Proterozoico superior y el Palaeozoico). In: Gutiérrez Marco, J. G., Saavedra, J. & Rábano, I., Eds, Paleozoico inferior de Ibero-América, p. 174-190. Universidad de Extremadura.
- Ribeiro, A., 1974. Contribution à l' étude tectonique de Trás-os Montes Oriental. Mem. Serv. Geol. Portg., N.S., 24, 168 pp., Carte hors texte. (Tese de doutoramento).
- Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M. P., Rocha, R. B., Soares, A. F., Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D & Monteiro, J. H., 1979. Introduction à la géologie générale du Portugal, p. 1-45. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Ribeiro, A., Pereira, E. & Severo, L., 1980. Análise da deformação da zona de cisalhamento Porto-Tomar na transversal de Oliveira de Azeméis. Comun. Serv. geol. Portg., 66:3-9.
- Teixeira, C., 1970. Aspectos geológicos da orla litoral do Porto e de V. N. Gaia. Naturalia, Lisboa, 10, 1: 13-29.

ANEXO II

CD - ROM

CD-ROM

Para o **funcionamento** do CD-ROM o computador deverá possuir:

- Processador Pentium;
- Versão Windows[®] 95 ou superior;
- Leitor de CD-ROM 16x (ou superior);
- Placa gráfica de 16 Mb;
- 16 Mb de RAM (ou superior);
- Monitor com uma definição de 800/600 polegadas (ou superior);
- Placa de som e colunas (opcional).

Utilização

- Inicie o Windows[®] e introduza o CD em anexo na unidade de CD-ROM;
- O CD-ROM possui auto-run. Não necessita de realizar mais operações.

Nota:

- Caso o computador não possua auto-run abrir o ficheiro “Meu Computador” e seleccione o ícone correspondente à unidade de CD-ROM;
- Seleccione o ícone “Mestrado”.

CD-ROM



ANEXO III

Quadro Institucional e Legal Para a Zona Costeira

QUADRO INSTITUCIONAL E LEGAL PARA A ZONA COSTEIRA

Quadro A3.1 – Entidades/Organismo com Competências Específicas sobre a Zona Costeira – Conteúdo funcional (Martins, 1999)

ENTIDADE GOVERNAMENTAL	DEPARTAMENTO ESPECÍFICO	ÁREAS DE ACÇÃO
Ministério do Ambiente e Recursos Naturais	Direcção Geral do Ambiente	Coordena todos os sectores ambientais ao nível do estudo, planeamento e inspecção. Assegura as ligações com os órgãos comunitários e internacionais.
	Instituto da Conservação da Natureza	Responsável pelas actividades nacionais para a conservação da natureza, nomeadamente no que diz respeito às áreas protegidas.
	Instituto da água	Responsável pela política nacional de planeamento e gestão costeira, licenciamento de usos do domínio público marítimo sem interesse portuário.
	Direcção Regional do Ambiente	Coordena as políticas ambientais dentro da sua área geográfica de intervenção. Coordena estas comas políticas de outros sectores. Licencia e fiscaliza as utilizações do domínio público hídrico (entre o qual o marítimo).
Ministério do Equipamento, Administração do Território	Direcção Geral de Portos, Navegação e Transportes Marítimos	Responsável pelo enquadramento legal e regulamentar da actividade portuária e das marinhas de comércio e recreio, bem como pela coordenação e execução destas. Responsável pelo cumprimento das normas nacionais e internacionais relativas à segurança da navegação e salvaguarda da vida humana e da protecção do meio marinho.
	Administrações Portuárias	Serviços locais do MEPAT
	Juntas Autónomas dos Portos	
Ministério da Defesa Nacional	Direcção Geral da Marinha	Responsável pela vigilância do tráfego marítimo e interveniente na combate aos derrames no mar.
	Comissão do Domínio Público Marítimo	Responsável pelos processos de delimitação do DPM.
	Sistema de Autoridade Marítima	Responsável pelas operações de combate à poluição por hidrocarbonetos e outras substâncias tóxicas.
	Instituto Hidrográfico	Responsável por acções de estudo do litoral e ZEE, no domínio da oceanografia, bem como pelo levantamento cartográfico das águas marinhas e da costa.
	Capitanias	Responsáveis pela instrução de processo de licenciamento de pesca, piscicultura, registo de embarcações e fiscalização (actividades portuárias e DPM).
Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas	Direcção Geral de Pescas	Responsável pelo enquadramento legal e regulamentar, e pela execução e controlo da política nacional de pescas, no domínio do pessoal e das actividades económicas de exploração dos recursos marinhos vivos.
	Instituto Português de Investigação Marítima	Responsável pela realização e coordenação de estudos sobre os ecossistemas marinhos, estuarinos e lagunares costeiros. Colabora na classificação ecológica daquelas zonas.

A estrutura legislativa actual, aplicável à zona costeira, é caracterizada pela acumulação de diplomas justapostos, produzidos em épocas diversas, sem apresentarem, na maioria das vezes, um elo nítido de ligação. Para além desta característica, a diversidade de diplomas aplicáveis a esta zona é ainda consequência duma abordagem fragmentada/sectorial do ponto de vista das actividades de planeamento, de ordenamento, de gestão, de qualidade ambiental, de protecção dos recursos naturais, de licenciamento de actividades ou fiscalização (Quadro A3.1) (Martins, 1999).

Quadro A3.2 – Alguma da Legislação em vigor, aplicável à zona costeira (Martins, 1999)

LEGISLAÇÃO	ÁREA DE ACÇÃO	CONTEÚDO DO DOCUMENTO
Lei n.º 11/87, de 7 de abril	Ambiente	Lei de bases do ambiente
R.C.M. n.º 38/95, de 21 de Abril	Ambiente	Plano nacional de política de ambiente
D.L. n.º 69/93, de 23 de Setembro	Desenvolvimento	Aprova o Plano de Desenvolvimento Regional
D.L. n.º 321/83, de 5 Julho	Ordenamento	Criação da reserva Ecológica Nacional
D.L. n.º 93/90, de 19 de Março	Ordenamento	Revê o Regime Jurídico da R.E.N.
D.L. n.º 316/90, DE 13 Outubro	Ordenamento	Actualiza a Redacção do Dec. Lei n.º 93/90
D.L. n.º 213/92, de 12 Outubro	Ordenamento	Transferência de Competências sobre a R.E.N.
D.L. n.º 79/95, de 20 de Abril	Ordenamento	Altera o D.L. n.º 93/90, de 19 Março
D.L. n.º 338/83, de 20 Julho	Ordenamento	Normas a obedecer na elaboração dos PROT
D.L. n.º 176-A/88, de 18 Maio	Ordenamento	Alteração do Conteúdo do D.L. n.º 338/83, de 20 de Julho
D.L. n.º 367/90, de 26 de Novembro	Ordenamento	Altera a redacção do D.L. n.º 176-A/88
D.L. n.º 12/94, de 11 Maio	Ordenamento	Autoriza o estabelecimento dum regime sancionatório da violação de PROT's
D.L. n.º 249/94, de 12 de Outubro	Ordenamento	Altera o D.L. n.º 176-A/88, de 18 Maio de 1988
Leio n.º 79/77, de 25 Outubro	Ordenamento	Atribui competências aos Municípios para elaborar, aprovar e financiar os PDM
D.L. n.º 152/82, de 3 de Maio	Ordenamento	Cria as áreas de desenvolvimento urbano primário e construção prioritária
D.L. n.º 208/82, de 26 de Maio	Ordenamento	Regulamenta os PDM
D.L. n.º 69/90, de 2 de Março	Ordenamento	Regime jurídico dos Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT)
D.L. n.º 211/92, de 8 de Outubro	Ordenamento	Actualiza o D.L. n.º 69/90 de 2 Março
D.L. n.º 794/76, de 5 Novembro	Ordenamento	Medidas Preventivas
D.L. n.º 151/95, de 24 Julho	Ordenamento	Planos Especiais de Ordenamento do Território
Lei n.º 90-A/95, de 1 Setembro	Ordenamento	Autorização ao governo para legislar em matéria de princípios, objectivos e instrumentos de ordenamento do território
D.L. n.º 32 842/43, de 11 Junho	Ordenamento	Estabelece a obrigação e as normas para elaboração dos Planos de Ordenamento das Áreas Portuárias.
Lei n.º 2130, de 22 Agosto 1966	Ordenamento	Jurisdição do mar territorial e zona contígua
D.L. n.º 302/90, de 26 Setembro	Ordenamento	Define o regime de Gestão Urbanístico do Litoral
D.L. n.º 309/93, de 2 Setembro	Ordenamento	Regulamenta a Elaboração e a Aprovação dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira
D.L. n.º 218/94, de 20 de Agosto	Ordenamento	Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC)
Portaria n.º 767/96, de 30 Setembro	Ordenamento	Aprova as normas técnicas de referência a observar na elaboração dos POOC.
D.L. n.º 290/95, de 10 Setembro	Ordenamento	Determina a entrada em vigor, das disposições sobre instrumentos de regulamentação conexas com a actividade banhar e editais de praia.

Quadro A3.2 – Alguma da Legislação em vigor, aplicável à zona costeira - continuação (Martins, 1999)

LEGISLAÇÃO	ÁREA DE ACCÇÃO	CONTEÚDO DO DOCUMENTO
D.L. n.º 384/87, de 24 Dezembro	Ordenamento	Estabelecimento de contractos-programa ou acordos com as autarquias, com vista à libertação ou recuperação de áreas do litoral
Desp. Normativo n.º 66/88, de 9 Agosto	Ordenamento	Estabelecimento de contractos-programa ou acordos com as autarquias, com vista à libertação ou recuperação de áreas do litoral
D.L. n.º 9/70, de 19 Junho	Áreas Protegidas	Introduz o conceito de áreas protegidas
D.L. n.º 613/76, de 27 Junho	Áreas Protegidas	Alarga o conceito de áreas protegidas
D.L. n.º 19/93, de 23 Junho	Áreas Protegidas	Cria a nova lei-quadro das áreas protegidas
Decreto n.º 95/81, de 23 Julho	Conservação da Natureza	Aprova, para ratificação, a Convenção relativa à Protecção da Vida Selvagem e do ambiente Natural na Europa
Decreto n.º 33/84, de 10 Julho	Conservação da Natureza	Aprova para adesão, o Protocolo Adicional de Paris, de 1972, à Convenção de Ramsar
Portaria n.º 691/84, de 6 Setembro	Conservação da Natureza	Estabelece as zonas de protecção dos habitats da costa rochosa portuguesa
D.L. n.º 316/89, de 22 Setembro	Conservação da Natureza	Regulamenta a aplicação da Convenção relativa à Conservação da Vida Selvagem e dos Habitats Naturais da Europa (Convenção de Berna)
D.L. n.º 196/90, de 18 Junho	Conservação da Natureza	Altera a Regulamentação da aplicação da Convenção de Bona
Decreto n.º 34/91, de 30 Abril	Conservação da Natureza	Aprova para adesão, diversas emendas à Convenção de Ramsar
Decreto n.º 186/90, de 6 Junho	Qualidade Ambiental	Avaliação da Impacte Ambiental
Dec. Reg. N.º 38/90, de 27 Novembro	Qualidade Ambiental	Regulamento do processo de avaliação de Impacte Ambiental
D.L. n.º 74/90, de 7 Março	Qualidade Ambiental	Normas de Qualidade da Água
D.L. n.º 90/71, de 22 Março	Qualidade Ambiental	Intensifica a protecção contra a poluição das águas, praias e margens, na zona contígua, mar territorial, portos, docas, caldeiras, zona marítimas dos rios.
Decreto n.º 33/88, de 15 Setembro	Qualidade Ambiental	Aprova as emendas à Convenção para a Prevenção da Poluição Marinha causada por operações de imersão de resíduos e outros produtos
Decreto n.º 37/91, de 18 Maio	Qualidade Ambiental	Aprova o Acordo de Cooperação para a Protecção das Costas e Águas do Atlântico Nordeste contra Poluição (Acordo de Lisboa)
R.C.M. n.º 25/93, de 15 Abril	Qualidade Ambiental	Aprova o Plano Mar Limpo
Decreto n.º 10/94, de 10 Março	Qualidade Ambiental	Aprova para aceitação as emendas à Convenção da Organização Marítima Internacional
D.L. n.º 403/82, de 24 Setembro	Usos de Recursos	Estabelece os critérios para extracção de matérias inertes
D.L. n.º 164/84, de 21 Maio	Uso de Recursos	Altera vários artigos do D.L. n.º 403/82, de 24 Setembro
D.L. n.º 292/80, de 16 Agosto	Usos de Recursos	Proíbe a extracção de areias na faixa costeira entre a linha de baixa-mar e o limite da margem das águas do mar
D.L. n.º 201/92, de 29 Setembro	Domínio Público Marítimo	Definição de competências sobre a faixa costeira, entre a DGP, Adm. Port., J.A. Portos, DGRN
D.L. n.º 225/92, de 29 Setembro	Domínio Público Marítimo	Definição de competências sobre a faixa costeira, entre a DGP, Adm. Port., J.A. Portos, DGRN
D.L. n.º 46/94, de 22 Fevereiro	Domínio Público Hídrico	Regime de licenciamento da utilização do domínio hídrico sobre jurisdição do INAG.

O quadro A3.2 anterior dá conta da diversidade de legislação referente ao litoral ainda que de forma não exaustiva, uma vez que não é mencionada legislação associada à localização e licenciamento de actividades económicas não dependentes da zona costeira. No entanto, a ocorrência dessas actividades neste espaço, e necessariamente o enquadramento legal a que está sujeito o seu processo de localização e licenciamento, influencia a sua transformação, bem como as suas condições naturais e ambientais (Martins, 1999).