



AGÊNCIA NACIONAL
PARA A CULTURA
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

GEOLOGIA NO VERÃO 2002

VIAGEM AO PATRIMÓNIO GEOLÓGICO DA FAIXA LITORAL DA CIDADE DO PORTO

Por:

José Carlos Vieira da Silva e Deolinda Flores

Porto, 2002

ÍNDICE

1. Enquadramento Geodinâmico e Geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro	1
1.1 – Enquadramento Geodinâmico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro	1
1.2 – Geologia do Complexo Metamórfico da Foz do Douro	3
2. Itinerário Geológico no Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD)	6
2.1 – Caracterização dos Afloramentos	7
<i>Paragem 1</i>	7
<i>Paragem 2</i>	11
<i>Paragem 3</i>	15
<i>Paragem 4</i>	19
<i>Paragem 5</i>	22
Referências	25

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 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 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 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. 1).

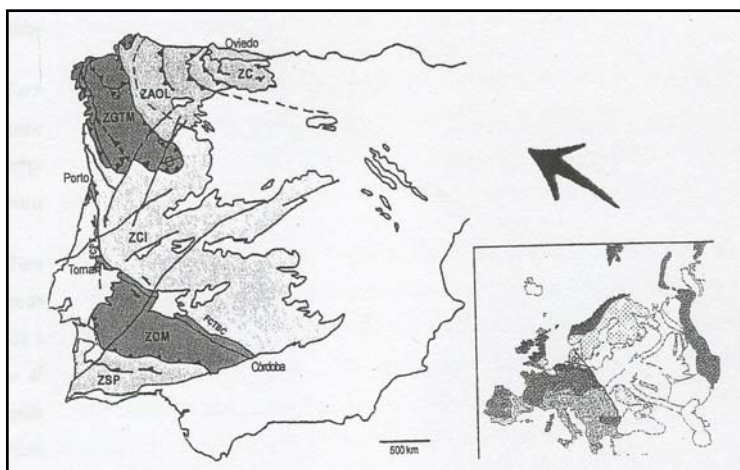


Figura 1 – Síntese das zonas geotectónicas da Pensínsula Ibérica (Chaminé, 2000)

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 Pré-câmbrico (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.*) e que se designa por faixa de cisalhamento de Porto-Tomar (Ribeiro, 1979) (Fig. 1). 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).

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 gnaisses. No seu conjunto estas litologias constituem o Complexo Metamórfico da Foz do Douro (CMFD) (Noronha, 1994; Noronha & Leterrier, 1995; Marques et al., 2000). Integrado no bordo ocidental da Zona de Ossa Morena (ZOM), o CMFD é constituído por duas unidades 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. 2).

A **UGFD** é representada por diferentes tipos de gnaisses (Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000):

1. gnaisses biotíticos;
 2. gnaisses leucocratas de tendência ocelada;
 3. gnaisses leucocratas e
 4. gnaisses leucocratas ocelados.
- ✓ 1 e 2 constituem o essencial da faixa metamórfica a sul do Homem do Leme;
- ✓ 3 e 4 constituem o essencial da faixa metamórfica a norte do Homem do Leme.

Nota:

Todas as rochas leucocratas possuem uma composição granítica, ao invés dos gnaisses biotíticos que apresentam uma composição tonalítica (Borges et al., 1985; Marques et al., 1994, 2000; Leterrier & Noronha, 1998).

A **ULO** contacta a Leste, por uma falha, com o granito do Porto (γ_3) e a Oeste, também por falha, com a UGFD (Marques et al., 2000). Constitui uma estreita faixa de rochas metassedimentares dobradas, sendo nítida a discordância entre as foliações presentes nos gnaisses 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, anfíbolitos, 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 anfíbolitos de origem magmática (Bravo & Abrunhosa; Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 1994, 2000).

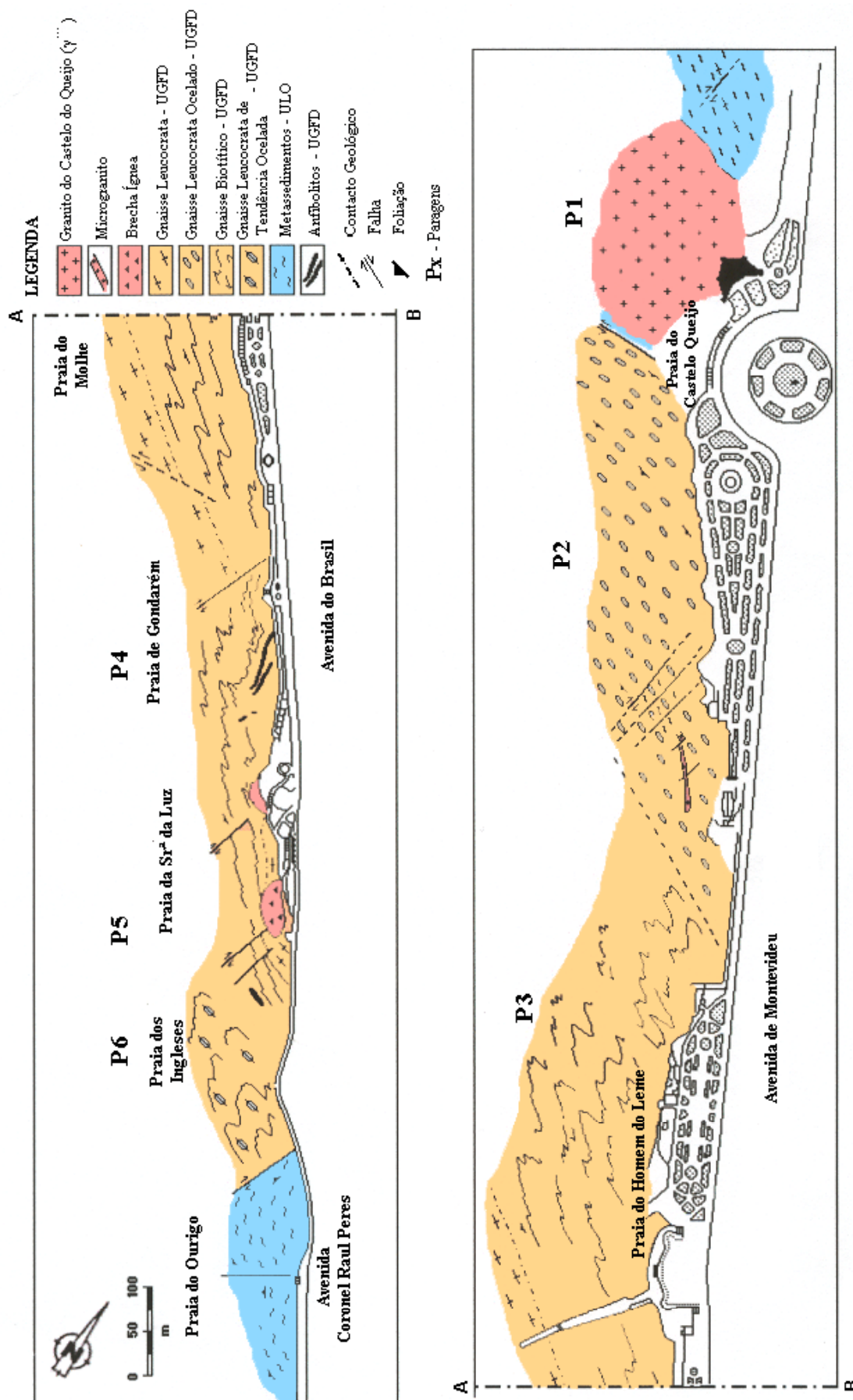


Figura 2 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000).

Nas proximidades do forte S. Francisco Xavier, a faixa é interrompida por um granito biotítico de tendência porfíroide (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 et al., 1994).

DATAÇÕES ÀS ROCHAS DA FAIXA LITORAL DA CIDADE DO PORTO

Quadro 1- 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)	567 ± 6 Ma (U/Pb, Zr)	Leterrier & Noronha (1998)
Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada	Foz do Douro (Porto)	607 ± 17 (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 (1985b);
RT - Rocha Total

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

O itinerário geológico presente neste livro-guia decorrerá essencialmente na Unidade dos Ganisses da Foz do Douro. Pontualmente, será efectuada uma breve incursão na Unidade de Lordelo do Ouro (ULO).

Assim, e com base nas potencialidades didácticas dos locais, Vieira da Silva (2001) definiu seis paragens (Fig. 2), onde serão analisadas, somente, cinco delas quanto às(aos):

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

Com estas seis paragens pretende-se:

- *Identificar e analisar diferentes rochas (litologias);*
- *Analisar e discutir vários contactos geológicos;*
- *Realizar exercícios de abstracção que permitirão compreender diversas estruturas, como falhas prováveis ou não observáveis;*
- *Observar e analisar aspectos geomorfológicos característicos de ambiente litoral e/ou de uma paisagem granítica.*

2.1 – Caracterização dos Afloramentos

PARAGEM 1: CASTELO DO QUEIJO

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

Cartografia

Consultar a figura 3.

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 (Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 1994; Noronha, 2000).

Ao microscópio este granito apresenta quartzo, feldspatos (normalmente oligoclase, microclina pertítica e rara albite); a biotite é a mica mais abundante (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. 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 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 et al., 2000). Estes encraves, quando comparados com o granito do Castelo do Queijo, possuem maior quantidade de biotite e menor quantidade de quartzo (Vieira da Silva, 2001).

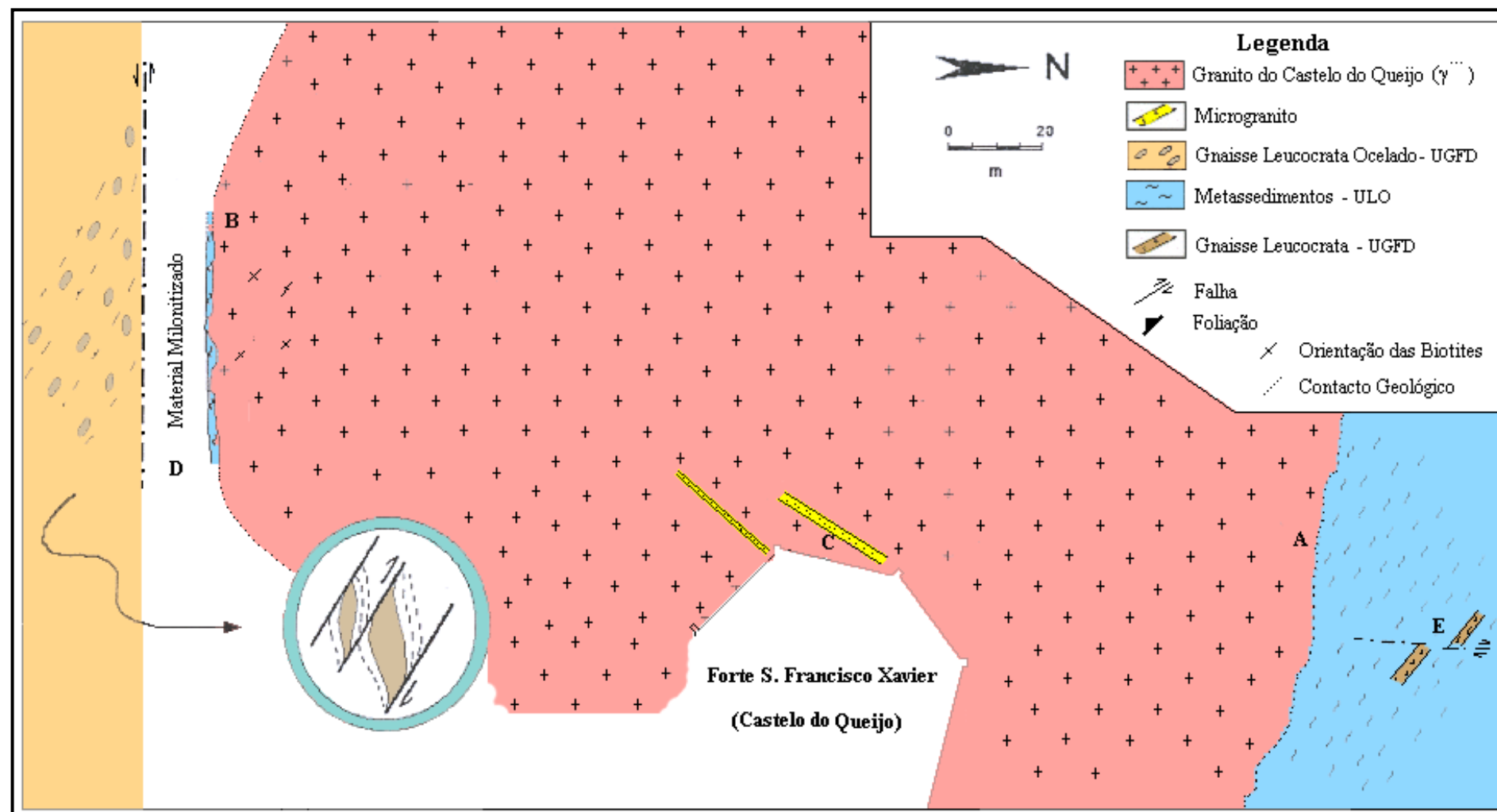


Figura 3 – Esboço geológico da zona do Castelo do Queijo (modificado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000, *in* Vieira da Silva, 2001).

Quadro 2 - Outras Litologias da Paragem Um (Assunção, 1962; Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Pereira, 1999; Teixeira, 1970, *in* Vieira da Silva, 2001)

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

Consultar os diferentes contactos entre as rochas na figura 3.

Estruturas Geológicas

Nesta paragem podem ser observados **filões**, **falhas** (consultar figura 3) e **diaclasses**.

• 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 (Vieira da Silva, 2001). 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.

Vieira da Silva (2001) verificou a existência de duas principais famílias de diaclases: a principal orienta-se segundo uma direcção NNW-SSE e as suas conjugadas orientam-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 3 sintetiza essas características.

Quadro 3 – Aspectos Geomorfológicos (Vieira da Silva, 2001)

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	CARACTERIZAÇÃO
Ausência quase total de praia	- 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.
Disjunção Esferoidal (Fig. 4 – A)	- As rochas magmáticas tendem, por vezes, a desagregar-se segundo capas paralelas ao relevo topográfico originando uma descamação/esfoliação (Borges, 1984); - Nesta paragem é possível verificar este fenómeno em locais específicos.
Marmitas Litorais (Fig. 4 – B)	- Resultam de movimentos turbilhonares provocados pela acção erosiva das águas a que se associam seixos (Marques et al., 2000); - Nesta paragem 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.
Caos de Blocos	- Nesta paragem existe uma clara tendência para a formação de um caos de blocos; - Resultam de uma erosão química combinada com uma acção mecânica com origem nas ondas; - Os blocos arredondados que surgem na paisagem possuem tamanhos variados.



Figura 4 - Aspectos geomorfológicos da paragem 1(Vieira da Silva, 2001).

A - Disjunção Esferoidal

B - Marmitas Litorais

PARAGEM 2: JARDINS DA AVENIDA DE MONTEVIDEU Gnaiss Leucocrata Ocelado – Rochas e Estruturas Associadas

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) (Vieira da Silva, 2001) (Fig. 5).

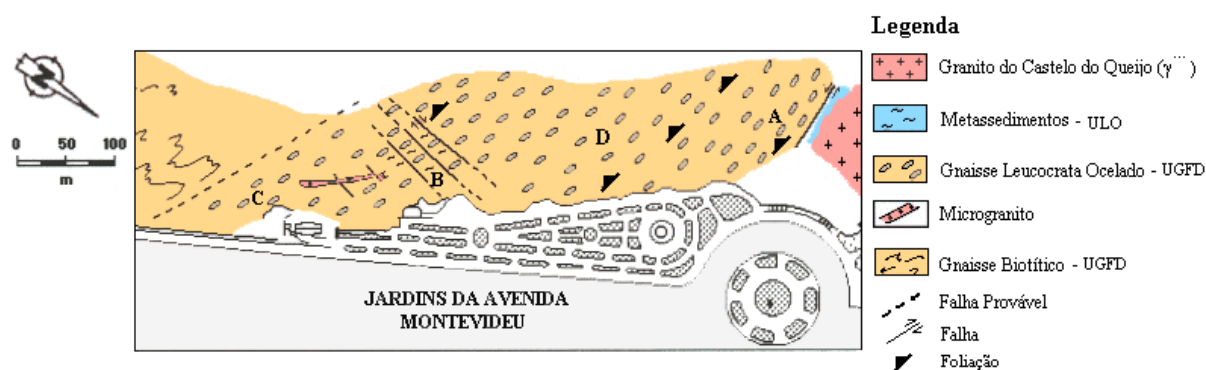


Figura 5 – Mapa geológico do Complexo Metamórfico da Foz do Douro: Paragem Dois (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000; In Vieira da Silva, 2001).

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. 6) é uma rocha gnaissica de composição granítico-adamelítica (Noronha e Leterrier, 1995; Leterrier e Noronha, 1998; Noronha, 2000),



Figura 6 – Gnaiss Leucocrata Ocelado (Vieira da Silva, 2001)

Apresenta belos porfiroblastos (com cerca de 1cm de comprimento) de quartzo e feldspato potássico, bem desenvolvidos (Fig. 6) (Borges et al., 1985, 1987; Marques 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 et al., 1994).

No quadro 4 apresenta-se uma síntese das outras litologias presentes nesta paragem.

Quadro 4 – Caracterização de Outras Litologias da Paragem Dois (Assunção, 1962; Borges et al., 1985, 1987; Bravo & Abrunhosa, 1978; Leterrier & Noronha, 1998; Marques et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Pereira, 1999; Teixeira, 1970, *in* Vieira da Silva, 2001).

LITOLOGIA	CARACTERIZAÇÃO
Microgranito	• Rocha granítica de grão médio, cor clara e bastante polida pela acção erosiva do mar; • 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 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)	• 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; • Possuem uma composição granítica.
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

Consultar os diferentes contactos entre as rochas na figura 5.

Estruturas Geológicas

Neste local podem observar-se **filões, falhas e diaclases**.

- **Filões**

São bastante numerosos e de natureza distinta os filões existentes nesta parcela litoral (Vieira da Silva, 2001). O quadro 5 sintetiza as principais características de cada um deles.

Quadro 5 – Principais Características dos Filões (Vieira da Silva, 2001)

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

¹ GLO – Gnaiss Leucocrata Ocelado;

² GB – Gnaiss Biotítico.

- **Diaclases**

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 (Vieira da Silva, 2001)

Para o estudo destas discontinuidades, efectuou-se um estudo em área, contando-se, para o efeito, com a medição de 300 atitudes de diaclases. Concluiu-se que existem 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 (Vieira da Silva, 2001).

Aspectos Geomorfológicos

A paragem dois particulariza-se pelo facto de ser a mais extensa de todas as paragens.

Trata-se de um afloramento essencialmente constituído por ortognaisses, encontrando-se poucos metros acima do nível do mar (entre 2 a 3 metros) (Vieira da Silva, 2001).

Quadro 6 – Principais Aspectos Geomorfológicos (Vieira da Silva, 2001)

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	- Resultam de movimentos turbilhonares provocados pela acção erosiva das águas a que se associam seixos (Marques et al., 2000); - Nesta paragem, tal como na anterior, 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.

PARAGEM 3: PRAIA DE GONDARÉM

O Anfibolito da Praia de Gondarém – Rochas e Estruturas Associadas

Cartografia

Esta paragem inicia-se logo após a praia de Gondarém e estende-se até norte da praia da Sr.^a da Luz.

Na figura 7 apresenta-se um esboço geológico pormenorizado da zona da Praia de Gondarém.

Litologias

• Anfibolito - UGFD

Na faixa metamórfica da foz do Douro existem corpos anfibolíticos de dimensões e formas variadas, envolvidos por gnaisses e metassedimentos. São corpos homogéneos 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).

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

OUTRAS LITOLOGIAS

Quadro 7– Caracterização de Outras Litologias da Paragem Dois (Borges et al., 1985, 1987; Bravo & Abrunhosa, 1978; Chaminé et al., 2000; Leterrier & Noronha, 1998; Marques et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Noronha & Leterrier, 1995; Teixeira, 1970, *in* Vieira da Silva, 2001).

LITOLOGIA	CARACTERIZAÇÃO
Gnaiss Biotítico (GB) (UGFD)	• Ocorrem normalmente associados a rochas metassedimentares, anfibolitos e a gnaisses leucocratas; • Estes gnaisses terão tido uma origem profunda.
Gnaiss Leucocrata (GL) (UGFD)	• Petrograficamente apresentam uma composição granítica; • O estiramento sobrepõe-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.

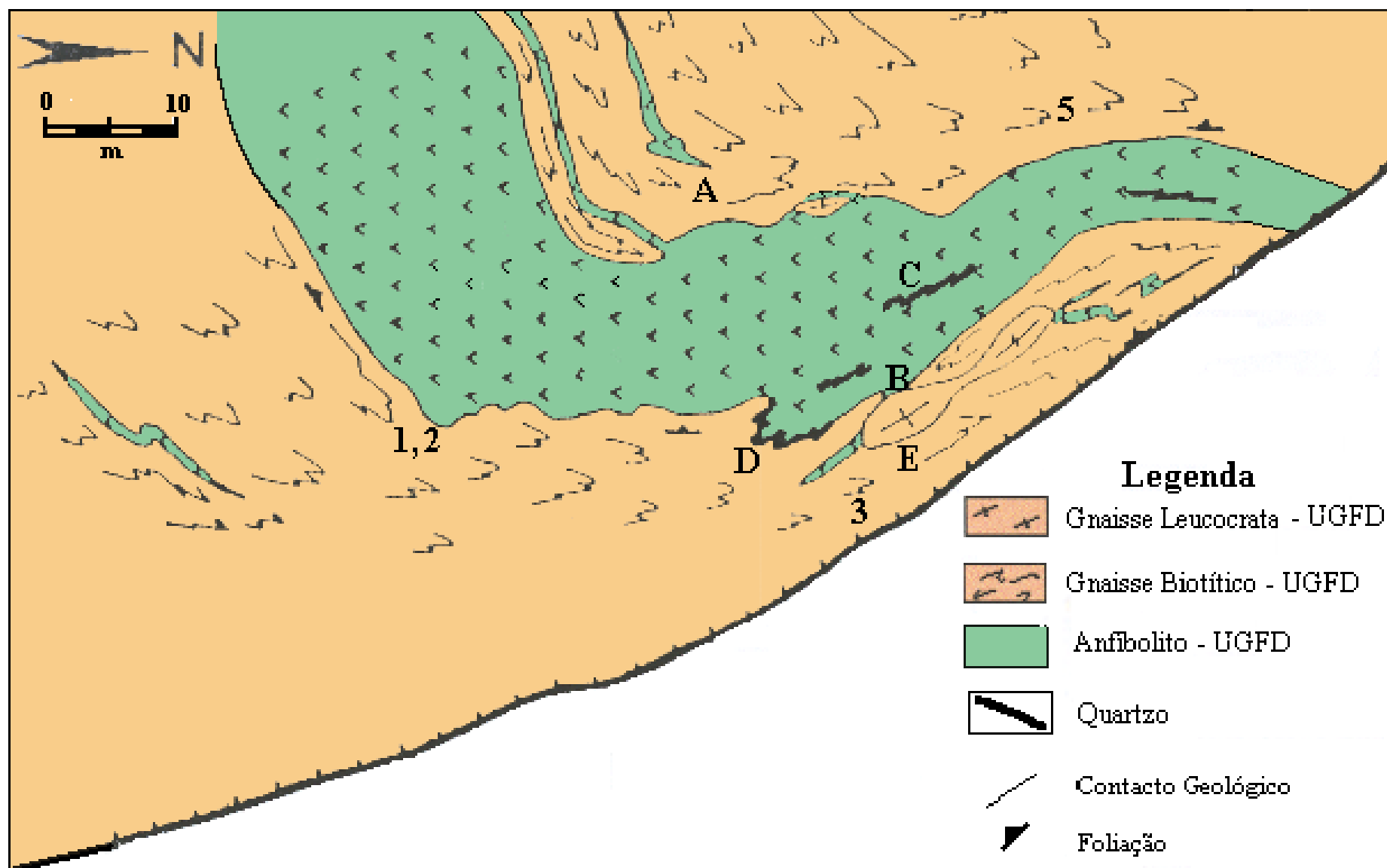


Figura 7 – Esboço Geológico da Paragem Quatro (modificado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000, *in* Vieira da Silva, 2001).

Contactos Geológicos

Consultar os diferentes contactos entre as rochas na figura 7.

Estruturas Geológicas

São de dois tipos as estruturas geológicas, com grande interesse didáctico, que se podem analisar na paragem três: **dobras e dobras/falha** (Vieira da Silva, 2001).

- **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 (Carvalho, 1997) (Figura 8).



Figura 8 – Dobras/Falhas (Vieira da Silva, 2001)

1. Aspecto no Terreno;
2. Aspecto no terreno;

Aspectos Geomorfológicos

Os afloramentos desta paragem 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 (Vieira da Silva, 2001).

Quadro 8 – Principais Aspectos Geomorfológicos (Vieira da Silva, 2001)

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	- Resultam de movimentos turbilhonares provocados pela acção erosiva das águas a que se associam seixos (Marques et al., 2000); - Nesta paragem, tal como nas anteriores, são 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.	Dispersas por entre os afloramentos de anfibolito

PARAGEM 4: PRAIA DA SR.^a DA LUZ **Brecha Ígnea da Sr.^a da Luz e Rochas Associadas**

Cartografia

Esta paragem inicia-se na praia de Sr.^a da Luz e estende-se até norte da praia dos Ingleses.

Na figura 9 apresenta-se um esboço geológico pormenorizado da zona da Praia dos Ingleses.

Litologias

Para sintetizar as principais características das litologias desta paragem, elaborou-se o quadro 9 (Vieira da Silva, 2001).

Contactos Geológicos

Os contactos da paragem cinco encontram-se presentes na figura 9.

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 (Vieira da Silva, 2001).

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, tais como as **marmitas litorais** e aos **arcos de abrasão marinha** (Fig. 10) (Vieira da Silva, 2001).



Figura 10 – Arcos de Abrasão Marinha (Vieira da Silva, 2001)

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 existentes. Nesta zona os declives são bastante suaves (Vieira da Silva, 2001).

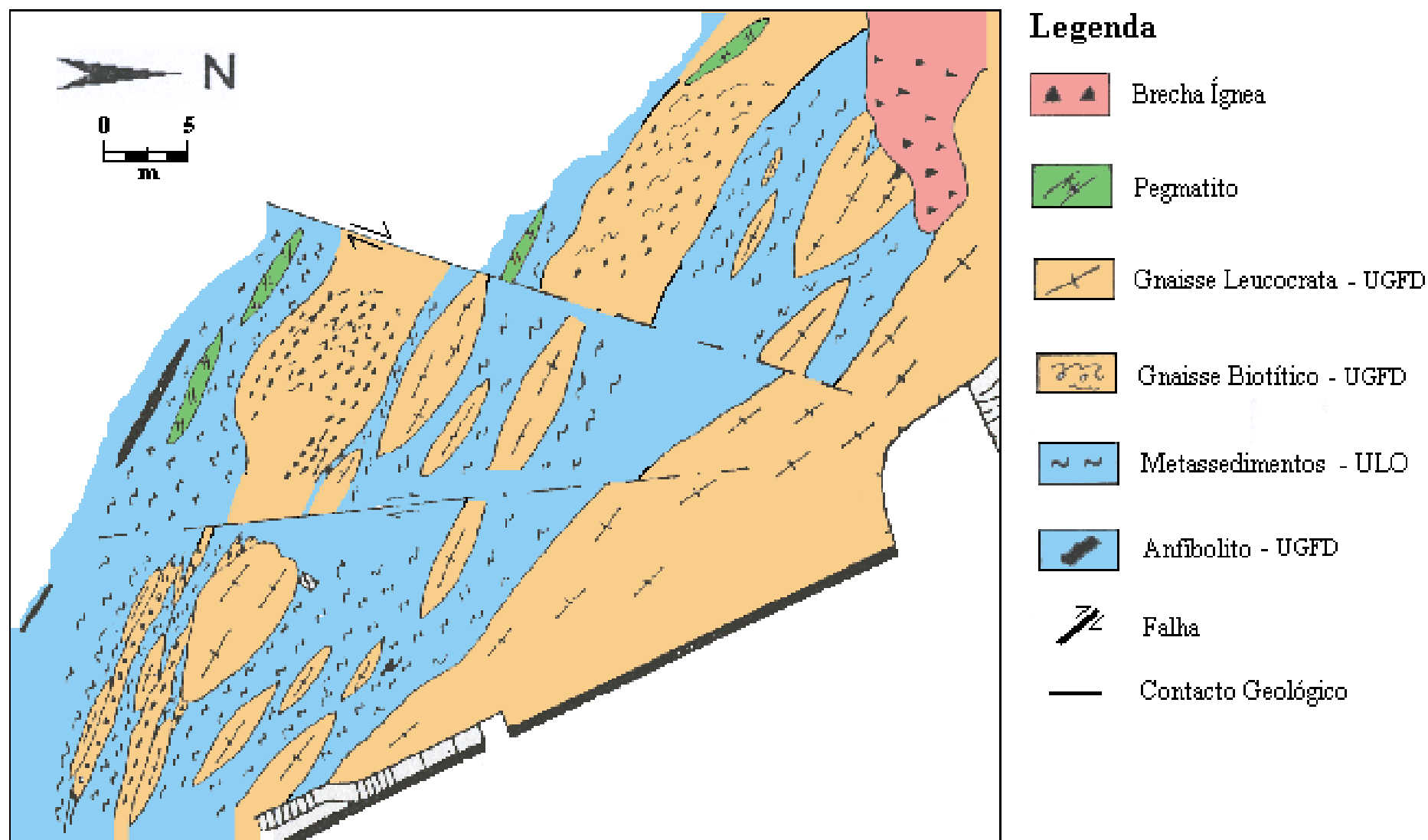


Figura 9 – Esboço Geológico da Paragem Cinco (adaptado de Borges et al., 1985, 1987, *In* Vieira da Silva, 2001).

Quadro 9– Síntese das Principais Litologias da Paragem Cinco (Vieira da Silva, 2001)

LITOLOGIA	DESCRIÇÃO	FIGURAS
BRECHA ÍGNEA	- São dignas de realce 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.	
ROCHAS ÍGNEAS	- Na zona da Praia da Luz observam-se algumas pequenas ilhotas de granito porfiróide, por entre os gnaisses migmatíticos, acompanhadas por granito de grão grosseiro. Grandes megacristais de feldspato, geralmente branco, às vezes em acumulações densas, prefiguram no primeiro granito; - O granito porfiróide da Sr.^a da Luz apresenta biotite com numerosos halos e núcleos de zircão;	
GNAISSE BIOTÍTICO¹	- Apresenta um aspecto ligeiramente distinto do que se observa na restante faixa metamórfica; - A análise modal aponta para uma rocha de composição tonalítica, sem feldspato potássico, mas rica em plagioclase e biotite. - Nesta fácies são frequentes diferenciações leucocratas igualmente dobradas e cortadas, em vários pontos, pelos gnaisses leucocratas.	
METASSEDIMENTOS	- Associados aos gnaisses biotíticos ocorrem intercalações de rochas metassedimentares intensamente dobradas; - 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.	
GNAISSE LEUCOCRATA¹	- Rocha de composição granítica; - 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.	
ANFIBOLITO	Esta rocha apresenta-se num pequeno corpo, exibindo dobras com eixo vertical;	
PEGMATITO	- Rocha que se apresenta em pequenos corpos estirados paralelamente à orientação geral da faixa metamórfica; - Visível somente em locais muito restritos.	

¹ Nestas duas fácies gnáissicas apenas se evidencia deformação dúctil, traduzida, essencialmente, por estiramento (Borges et al., 1985, 1987).

PARAGEM 5: PRAIA DOS INGLESES

Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada e Rochas Associadas

Cartografia

Esta paragem inicia-se na Praia dos Ingleses e estende-se até norte da Praia do Ourigo.

Na figura 11 apresenta-se um esboço geológico pormenorizado da paragem seis.

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. Esta litologia apresenta um incipiente desenvolvimento de porfiroblastos de feldspato potássico e uma nítida foliação penetrativa dobrada. (Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 1994; Noronha, 1994; Leterrier & Noronha, 1998; Marques et al., 2000) (Figura 12).

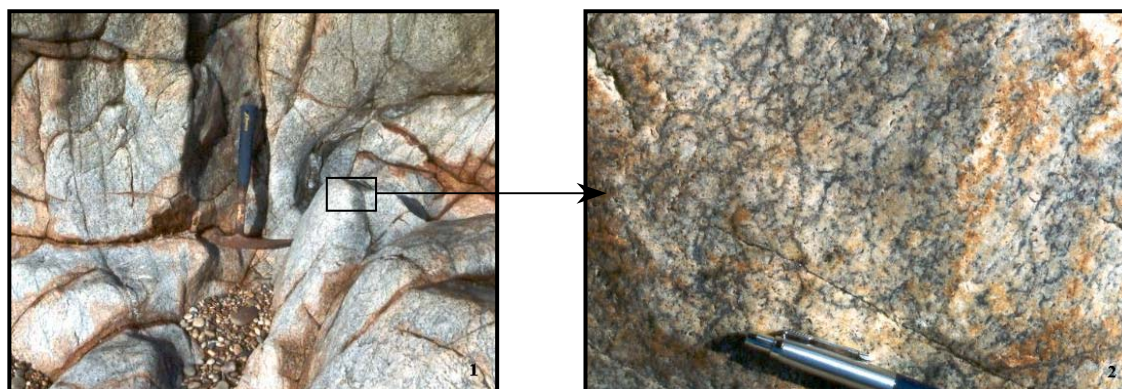


Figura 12 – Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada (GLTO) (Vieira da Silva, 2001)

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).

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

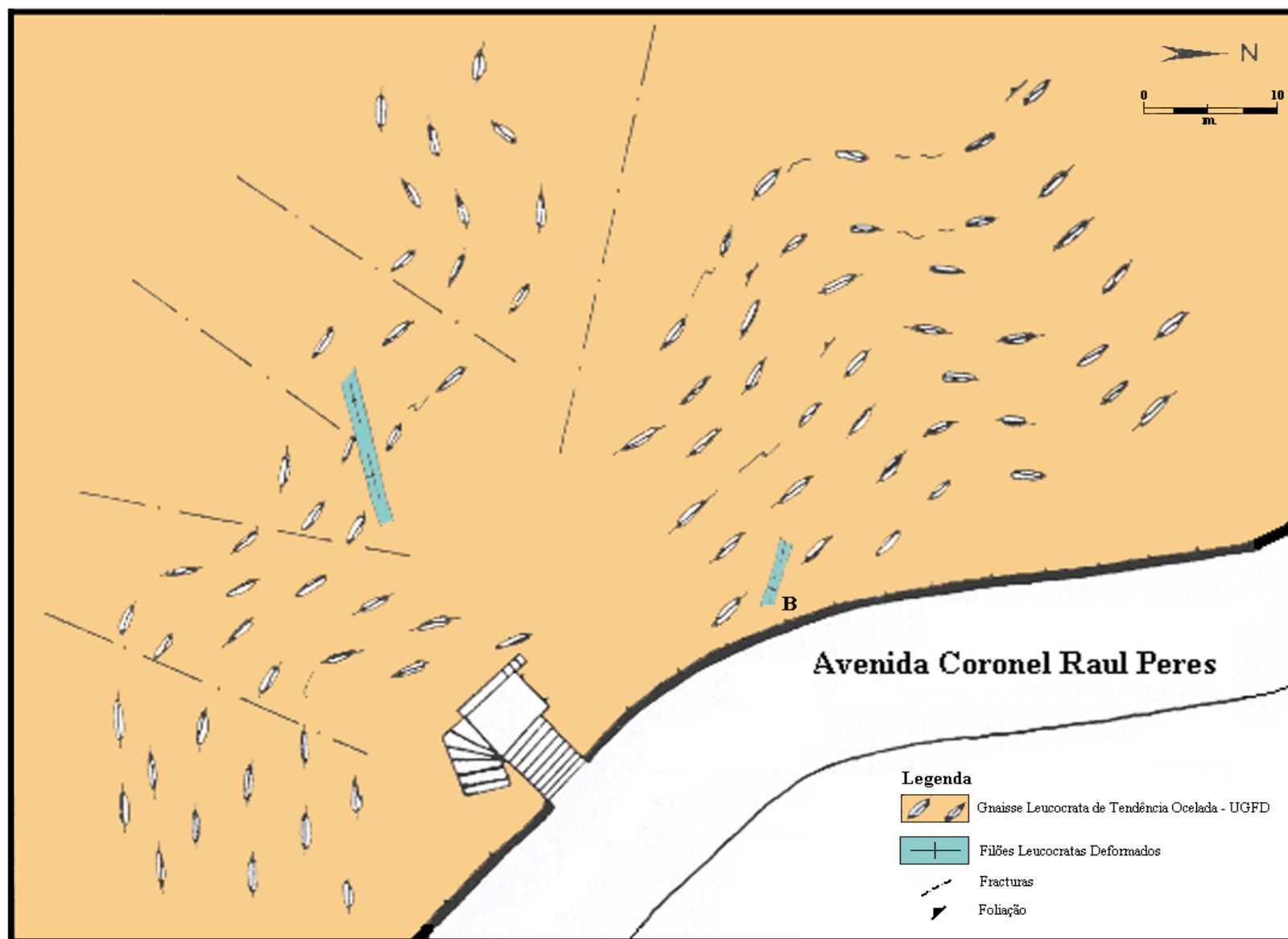


Figura 11 – Esboço Geológico da Paragem Seis (adaptado de Borges et al., 1985, 1987; Marques et al., 2000, *In* Vieira da Silva, 2001).

No quadro 10 apresenta-se uma síntese das outras litologias igualmente presentes nesta paragem.

Quadro 10 – Caracterização de Outras Litologias da Paragem Dois (Borges et al., 1985, 1987; Chaminé et al., 2000; Leterrier & Noronha, 1998; Marques et al., 1994, 2000; Noronha, 1994, 2000; Pereira, 1999, *in Vieira da Silva, 2001*).

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 GLTO; • 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 que ocorrem na paragem seis (ver figura 11).

Aspectos Geomorfológicos

A Praia dos Ingleses é uma zona de declives bastante suaves, com alguns metros de extensão (10 a 20 m) de areia fina. A sul desta praia, numa arriba rochosa com cerca de 4 metros de altura, aflora o maciço de Gnaiss Leucocrata de Tendência Ocelada que a separa da Praia do Ourigo (Vieira da Silva, 2001).

Nesse maciço rochoso é possível observar algumas formas caprichosas, resultantes da conjugação do mar com outros factores. Tratam-se das **marmitas litorais**, **arcos de abrasão marinha** e de **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. 13) existem em número reduzido (Vieira da Silva, 2001).

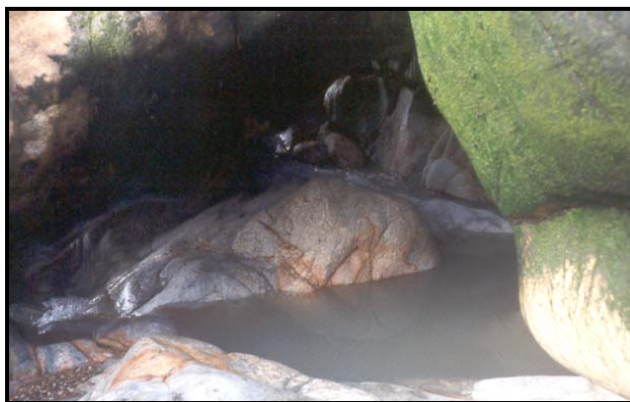


Figura 13 - Caverna (Vieira da Silva, 2001)

REFERÊNCIAS

- Assunção, C. F. T., 1962. Rochas Graníticas do Minho e Douro. Novos elementos para o seu conhecimento. Mem. Serv. Geol. Portg., Nova Série, 10: 33-65.
- Borges, F. S., 1984a. Dobras. In: Geologia Estrutural (Parte I). Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Policopiado).
- Borges, F. S., 1984b. 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, 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.
- Branco, R., 1995. Mediana - Guias das Freguesias do Porto: Nevogilde, p. 7-33. Mediana/Edições afrontamento.
- 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. 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.
- 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.
- 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.
- 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. Eurocoast Portugal, 163-190.
- Granja, H. M., 1992. Zona costeira: evolução e ordenamento. In: A Geologia e o Ambiente, Lisboa, 1992. Geonovas, número especial 1: 57-63.
- 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./Soc. Geol. Portugal, 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).
- Montgomery, C. W., 1997b. Environmental Geology, 5th Ed., p. 151-169. WCB/McGraw-Hill.
- 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.
- Pereira, M. F. C. C., 1999. Caracterização da Estrutura dos Domínios Setentrionais da Zona de Ossa-Morena e seu Limite com a Zona Centro-Ibérica, no Nordeste Alentejano. Departamento de Geociências, Universidade de Évora, p. 25-26. (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 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, J. A., s/d. As Cartas Geológicas ao serviço do desenvolvimento, 13-42. Instituto Geológico e Mineiro.
- 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.
- 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. Port., 66:3-9.

Serviço Cartográfico do Exército, 1981. Carta Militar de Portugal, escala 1/25 000, folha 122 - Porto. 2-S Ed. Edição do autor.

Teixeira, C., 1970. Aspectos geológicos da orla litoral do Porto e de V. N. Gaia. *Naturalia*, 10, 1: 13-29.

Vieira da Silva, J. C. B., 2001. Complexo Metamórfico da Foz do Douro: Contributos Científico-Didáticos. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. (Tese de Mestrado).