

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**A GEOLOGIA DA SERRA DO MARÃO:
PROPOSTA DE UMA EXPOSIÇÃO DIDÁCTICA.**

**Dissertação de Mestrado em
Biologia e Geologia para o ensino.**

Maria João Marinho Costa Dias de Carvalho

Orientador: Professor Doutor Carlos Jorge Madeira Coke

**VILA REAL
2007**

Tese de Dissertação de Mestrado elaborada com vista à obtenção de grau de Mestre em Biologia e Geologia para o ensino (em conformidade com o Decreto Lei nº 216/92 de 13 de Outubro).

*Saíram primeiro, para observar
A própria escola
Nada trouxeram.
- Não vi nada.
- Vi portas, janelas, classes...
Trouxeram caras de enfado.

- Vocês não viram nada.
Qualquer pessoa sabe que existem
Portas, janelas, classes... numa escola.
Nós vamos sair de novo e vocês vão observar
O que não é fácil ser visto.*

*Trouxeram mil coisas:
Formigas, papel, caixinhas vazias...
Viram estragos...
Móveis, máquinas...
Gente...*

*Com o que trouxeram
A classe virou um lixo.
Todo o trabalho posterior
Foi muito produtivo.
Muito se discutiu.
Muito se concluiu.
Porém, ainda, pouco se organizou.
Mas a ideia ficou
E levaram-na para férias de Julho:
Muitas coisas existem para serem vistas,
Basta olhar com olhos de ver...*

*Já em Agosto, mil casos
Tinham para contar:
Das férias que tiveram,
Das coisas que viram,
Muito se discutiu
E uma coisa se concluiu:
Era preciso sair da escola
Para melhor aprender.*

(Maria Odete Valente, in Para um ensino criativo das Ciências na Escola Primária, 1986)

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS	X
AGRADECIMENTOS	XII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GENÉRICAS	1
1.1. - Introdução	2
1.2. – Objectivos do trabalho	5
1.3. – Estrutura do trabalho	6
1.4. - Integração do tema desenvolvido nos currículos escolares.....	9
CAPÍTULO II – A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	15
2.1. – Uma visão actualizada da Ciência	16
2.2. – A integração dos recursos didácticos a utilizar na exposição no ensino das Ciências	23
2.2.1. – O Trabalho Prático	26
2.2.1.1. – As actividades experimentais	28
2.2.1.2. – O trabalho de campo	29
CAPÍTULO III – OS MUSEUS	33
3.1. – A história dos museus	34
3.2. – Os museus em Portugal.....	41
3.3. – Os museus do século XXI.....	50
3.4. – A aprendizagem nos museus	56

3.4.1. – O museu como espaço de educação	56
3.4.2. – As teorias da educação (aprendizagem e conhecimento) versus a organização dos museus e centros de ciência	62
3.4.3. – O papel dos professores nestes espaços educativos.....	75
3.5. – A relação entre os museus e as escolas	80
3.5.1. – O caso da exposição didáctica da Serra do Marão	83
CAPÍTULO IV – A CONSTRUÇÃO/PLANIFICAÇÃO DOS RECURSOS DIDÁCTICOS DA EXPOSIÇÃO	95
4.1. – As temáticas geológicas envolvidas na exposição	96
4.1.1. – A evolução geodinâmica da Ibéria	96
4.1.1.1. – Relação entre os Terrenos e as Zonas dos Variscidas Ibéricos com a Orogenia Varisca	106
4.1.2. – A evolução geodinâmica da Serra do Marão	111
4.2. – A exposição didáctica	126
4.2.1. – Os recursos didácticos a utilizar.....	128
4.2.1.1. - A maqueta da Serra do Marão	129
Fases da construção da maqueta.....	129
a) A armação da maqueta.....	130
b) Preenchimento da maqueta	132
c) Construção do molde da maqueta	135
d) Obtenção do molde da maqueta	138
e) Exploração potencial da maqueta.....	144
4.2.1.2. – Os painéis didácticos	145
4.2.1.3. – Os módulos interactivos	147
4.2.1.4. – As saídas de campo	147
CAPÍTULO V – AS ACTIVIDADES PRÁTICAS E OS PAINÉIS DIDÁCTICOS DA EXPOSIÇÃO	149
5.1. – E que tal um mergulhinho?	151
5.1.1. – Introdução à actividade:	
As ondas também desenham... e sem lápis!.....	151

5.1.2. – Introdução à actividade: Como se formam os tsunamis?.....	154
5.1.3. – Introdução à actividade: Vamos procurar o fundo do oceano?.....	162
5.3. – Vamos ver quem tem mais força?.....	171
5.3.1. - Introdução à actividade: Os confrontos do planeta.....	171
5.4. – Criar e transformar	180
5.4.1. – Introdução à actividade: Como se formam as paisagens?.....	180
5.5. - As histórias dos “bichos”	188
5.5.1. – Introdução à actividade: Os passos de “pedra”	188
CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES	199
BIBLIOGRAFIA	206

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Museus por concelho (2006) n=618 (adaptado de Neves e Santos, 2006).....	91
Figura 2 - Distribuição provável dos continentes há 550 Ma (adaptado de Hofmann <i>in</i> Coke <i>et al</i> , 2005).....	98
Figura 3 - Evolução da sub-bacia do Douro durante o Câmbrico Superior.....	99
Figura 4 - Distribuição provável dos continentes há 490 Ma e 460 Ma (adaptado de Hofmann <i>in</i> Coke <i>et al</i> , 2005).....	99
Figura 5 - Distribuição provável dos continentes há 430 Ma e 360 Ma (adaptado de Hofmann <i>in</i> Coke <i>et al</i> , 2005).....	100
Figura 6 - A Cadeia Varisca no contexto dos orógenos paleozóicos péri-atlânticos do Pérmico (segundo Ribeiro, 2006).	101
Figura 7 - Unidades estruturais de 1ª ordem (terrenos) e de 2ª ordem (zonas) nos Variscidas Ibéricos (adaptado de Ribeiro, 2006).....	108
Figura 8 - A divisão de Lotze (1945) para o Varisco da região correspondente aproximadamente à ZCI (adaptado de Dias, 2006).	109
Figura 10 - Formação da Bacia do Douro. A - Cavalgamento sin-sedimentar da Srª do Viso; B - Deslizamento sin-sedimentar na formação da Desejosa; C - Bioturbação (segundo Coke, 2005).....	115
Figura 11 - Modelo interpretativo do vulcanismo do Ordovícico Inferior na sub-bacia do Douro (segundo Dias <i>et al</i> , 2006).	117
Figura 12 - Coluna litoestratigráfica da Serra do Marão (segundo Coke, 2005).	124
Figura 13 - Carta da região da Serra do Marão com a cartografia pormenorizada da sequência ordovícica e corte mostrando a estrutura típica (adaptado de Dias <i>et al</i> , 2006). As unidades definidas por Coke que são utilizadas ao longo da caracterização da litoestratigrafia da Serra do Marão aparecem, nesta carta renomeadas por Sá, em 2005, pelo que: a Formação do Marão (corresponde à Formação quartzítica de Coke) é composta pelo Membro da Ermida (que correspondente aos quartzitos sem ferro, membro inferior), pelo membro da Malhada (correspondente aos quartzitos com ferro) e pelo Membro de Fragas de Ermida (correspondente aos Psamitos Superiores). A Formação do Vale do Bojas é composta pelo Membro de Bojas (corresponde ao Conglomerado de Bojas) e pelo Membro de Freitas (correspondente aos Quartzitos impuros). A Formação de Moncorvo corresponde à Formação Xistenta definida por Coke, em 2000.....	125
Figura 14 - Movimentação característica das ondas (A) e de uma corrente (B). A perturbação dos sedimentos pelo movimento ondulatório da água em ambientes aquáticos originam marcas dotadas de simetria; enquanto que o movimento unidireccional da corrente - de água ou vento - gera marcas, nos sedimentos, assimétricas que permitem inferir sobre o sentido da corrente (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).....	151

Figura 15 - As ondas resultam dos movimentos orbitais das partículas que as compõem, Cada uma das partículas descreve a sua órbita a partir da mesma posição, enquanto a onda avança. As órbitas descritas por estas partículas são cada vez maiores à medida que se aproximam dos fundos oceânicos, sendo responsáveis pela movimentação horizontal dos sedimentos nestas zonas (adaptado de Press e Siever, 1985).....	155
Figura 16 - Movimento das partículas ao longo do avanço da onda (adaptado de Hamblin, 1992).	156
Figura 17 - Modificações sofridas pelas ondas pela aproximação à costa. À medida que a onda se aproxima o seu comprimento diminui devido ao decréscimo de profundidade; as ondas aproximam-se mais umas das outras, aumentam a sua altura, tornam-se assimétricas precipitando-se para a zona de praia onde ocorre a rebentação (adaptado de Hamblin, 1992).	157
Figura 18 - Formação de um tsunami de origem sísmica (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).	158
Figura 19 - Formação e transporte de sedimentos ao longo da costa. Os sedimentos chegam às bacias oceânicas graças ao transporte feito, maioritariamente, pela água e depositam-se nos fundos oceânicos ou ao longo da costa contribuindo para a renovação dos areais das praias, formação e crescimento dos esporões (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).....	162
Figura 20 - A corrente turbidítica desce ao longo do talude continental para se propagar ao longo do fundo oceânico, nunca se misturando com a água límpida devido às diferenças de densidade (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).	163
Figura 21 - Etapas de formação de uma sequência de sedimentos com base na granulometria dos materiais. Os sedimentos mais pesados depositam-se em primeiro lugar, aparecendo na base das sequências e progressivamente depositam-se sedimentos mais finos sobre os primeiros, resultando uma sequência com um aspecto bandado que vai permanecer nas rochas e que constitui um indicativo quanto à posição relativa do fundo da bacia de sedimentação onde se depositaram estes materiais (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).....	164
Figura 22 - Modelos de convecção mantélica. A - Correntes de convecção profundas; B - Correntes de convecção dupla em que a mais profunda é responsável pela propagação de calor para a corrente mais superficial; C - Correntes de convecção dupla em que o movimento da corrente mais profunda é responsável pelo movimento da corrente superficial (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).....	173
Figura 23 - Fases de <i>rifting</i> continental. Formação de falhas devido às tensões sentidas e ocorrência de fenómenos de vulcanismo basáltico (adaptado de Hamblin, 1002).....	175
Figura 24 - Desenvolvimento de um geossinclinal em margem continental formada por <i>rifting</i> . Pode observar-se o adelgaçamento da crosta continental como resultado do seu estiramento e a instalação de uma bacia de sedimentação receptora dos sedimentos continentais (adaptado de Press e Siever, 1985).	176

- Figura 25 - Etapas de desenvolvimento de vales e cristas em zonas montanhosas deformadas: numa primeira fase de deformação poderemos identificar as estruturas pelo aspecto da paisagem, as cristas corresponderão a zonas de instalação de annticlinais, enquanto que os vales identificarão zonas de sinclinais; numa fase mais avançada em que houve já meteorização, erosão e transporte de materiais, as conclusões não se tornam tão evidentes, uma vez que os materiais mais resistentes serão erodidos mais lentamente do que os materiais menos resistentes, o que pode permitir a erosão mais rápida de zonas de anticlinais (formando vales) em detrimento de zonas de sinclinais (que se realçam na paisagem ao formarem cristas), (adaptado de Press e Siever, 1985).....184**
- Figura 26 - Mapas produzidos por Antonio Snider-Pellegrini em 1858, representando a sua interpretação da movimentação continental (adaptado de http://correo.leon.gob.mx/admon03_06/PC/images/BibTPP14.jpg).....189**
- Figura 27 - Exemplares de fósseis que sofreram diferentes processos de fossilização. a) icnofósseis - pegadas de dinossauros; b) impressões de folhas; c) molde externo e contramolde de trilobite; d) mumificação de um insecto em âmbar; e) mineralização (silificação) de troncos de árvores (adaptado de Silva *et al* 2004).....194**
- Figura 28 - Formação de um trilho bilobado de Cruziana (Ar - camada arenosa do fundo oceânico; Lu - camada argilosa na qual ficam impressas as marcas dos apêndices da trilobite) (adaptado de: http://www.apgeologos.pt/pubs/geonovas/n_18/carvalho.pdf).....196**

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Conglomerado de Bojas evidenciando os clastos que entram na sua composição....	116
Fotografia 2 - Contacto entre os tufitos (TU) e o conglomerado (CO).	117
Fotografia 3 - Aspecto de uma galeria utilizada para a extracção de magnetite (minas de Ana Isabel – Ribeira de Bojas).	118
Fotografia 4 - <i>Skolithos</i>	119
Fotografia 5 - Pistas de <i>Cruziana</i>	120
Fotografia 6 - Aspecto listrado dos psamitos.....	121
Fotografia 7 - Fóssil de Braquiópode.....	121
Fotografia 8 - Estruturas em <i>slump</i>	123
Fotografia 9 - Transferência dos mapas de cotas individualizadas para as placas de corticite.	131
Fotografia 10 - Sobreposição das placas de corticite segundo as cotas topográficas.....	131
Fotografia 11 - Representação 3D da carta topográfica da Serra do Marão.	132
Fotografia 12 - Outra perspectiva da representação 3D da carta topográfica da Serra do Marão.	132
Fotografia 13 - Preenchimento da maquete em corticite com a massa <i>vega</i>	133
Fotografia 14 - Pintura do contra molde com o aerossol.	134
Fotografia 15 - Aspecto final do contra molde.....	134
Fotografia 16 - Distribuição da vaselina sobre o contra molde.	135
Fotografia 17 - Preenchimento, com gesso, do contra molde.....	135
Fotografia 18 - Base em madeira do molde para garantir o seu nivelamento e estabilidade.	137
Fotografia 19 - Aspecto do molde de gesso obtido nesta fase (parte superior da fotografia) e do contra molde (parte inferior da fotografia) resultante das fases anteriores.	137
Fotografia 20 - Distribuição da cera sobre o contra molde de gesso.....	140
Fotografia 21 - Polimento da camada de cera do molde.	140
Fotografia 22 - Aspecto do molde após a aplicação do gelcoat.....	141
Fotografia 23 - Ajustamento da tela de fibra de vidro.	142
Fotografia 24 - Colocação da resina sobre a tela de fibra de vidro.	143
Fotografia 25 - Pormenor da tela impregnada com a resina (lado esquerdo da fotografia) e antes da colocação da resina (lado direito).	143
Fotografia 26 - Aspecto do molde após a impregnação total da tela de fibra de vidro.....	143
Fotografia 27 - Réplica do contra molde em fibra de vidro.	144
Fotografia 28 - Marcas de ondulação na Serra do Marão.....	152
Fotografia 29 - Nível lumachélico (NL) indicador de uma grande perturbação num ambiente aquático geralmente de grande profundidade.	159
Fotografia 30 - Gradação cromática nos xistos da formação da Desejosa. Podemos observar as faixas mais claras de natureza quartzosa e as mais escuras de natureza argilosa.	165
Fotografia 31 - Figuras de carga visíveis nos xistos da formação da Desejosa.	167

Fotografia 32 - Paisagem de dureza, da Serra do Marão, na qual se destacam os quartzitos armoricanos (1), observando-se material de características mais brandas (2), os quartzitos impuros (3) e a Formação da Desejosa (4).....185

AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento vai sem dúvida para o Professor Doutor Carlos Coke (meu orientador) que sempre encontrou as palavras certas para me entusiasmar a fazer melhor e que me transmitiu a sua enorme admiração pela Serra do Marão. Pela sua paciência em me ouvir durante longas tardes, pela dedicação e empenho que demonstrou na construção da maquete que apresentamos neste trabalho e que sem ele estaria seriamente comprometida, perdendo-se um elemento crucial para a futura exposição.

Em segundo lugar agradeço aos meus pais e familiares mais próximos que sempre me apoiaram incondicionalmente, nunca me pressionando mas também nunca deixando que a minha dedicação esmorecesse.

Não quero deixar de agradecer, de uma forma especial, os funcionários do Departamento de Geologia, Tito Azevedo, Simão Botelho e Márcio Silva, que também, em conjunto com o Professor Doutor Carlos Coke, ajudaram a construir a maquete. A eles um agradecimento especial, cheio de admiração e gratidão.

RESUMO

Os museus têm contribuído ao longo dos tempos para uma constante actualização pedagógica que lhes confere um papel cada vez mais importante na educação formal dos nossos alunos, e também, para o aumento da literacia científica da nossa sociedade. De uma sociedade que privilegiava as artes e a literatura como formas únicas de cultura passamos, progressivamente, a uma sociedade em que se torna urgente um acompanhamento mais profundo da Ciência que se produz. Respondendo às solicitações dos seus visitantes, às suas curiosidades e sede de conhecimento científico, os museus têm integrado, cada vez mais, temas científicos pertinentes ao ponto de se constituírem em todo o mundo Centros de Ciência que se revelam dos locais de cultura mais frequentados, principalmente, pelas camadas mais jovens constituindo-se um forte apoio às escolas e desempenhando um papel preponderante na formação e reeducação de professores.

Tendo por base estas premissas delineou-se um conjunto de metas que passaram pela selecção de conteúdos programáticos do 7º ano de escolaridade que se pudessem aliar ao património geológico existente na Serra do Marão, com o intuito de proporcionar uma aprendizagem aprazível dos conteúdos mais interessantes mas também que suscitem as maiores dúvidas e as maiores dificuldades no avanço da reestruturação de novos conhecimentos.

Outras das metas passou pela chamada de atenção para um património importante que tem sido descurado por escolas e que se constitui como um recurso didáctico à escala macroscópica a utilizar como um exemplo “vivo” que se insere na maior parte dos conteúdos geológicos leccionados no ensino básico e secundário. Utilizando-se um espaço museológico e ao mesmo tempo promovendo o hábito das visitas a estes locais de educação não formal e/ou informal considerou-se, igualmente, como objectivo fomentar a utilização de novos recursos que também pudessem ser construídos ou deslocados às próprias escolas promovendo um processo de ensino/aprendizagem que tornasse os conteúdos geológicos mais práticos diminuindo-lhes as suas características abstractas que nestas idades mais jovens surgem como um forte obstáculo à sua aprendizagem.

Dados estes aspectos que se levantaram à medida que fomos contactando com alunos de diferentes características verificamos que todos têm algo em comum: mexer para crer. As idades mais juvenis implicam um ensino que não se confine a um ensino tradicional em que o professor utiliza poucos recursos e em que os alunos assumem um papel demasiadamente passivo. Actualmente, as teorias educativas preconizam uma reestruturação de conhecimentos com base em actividades diferenciadas que possam criar diferentes oportunidades e formas de construir o conhecimento. Desta forma sentiu-se necessidade de se delinear um conjunto de actividades ou módulos interactivos com base nos conteúdos curriculares do 7º ano de escolaridade e que pudessem integrar a geologia da Serra do Marão, aliando um património esquecido até por aqueles que se encontram mais próximos a um conjunto de actividades delineadas para proporcionarem uma aprendizagem dinâmica.

Para se concretizarem estas expectativas projectou-se um conjunto de módulos didácticos e uma maqueta da Serra do Marão que integrassem alguns dos conteúdos geológicos observáveis na serra e que fizessem parte dos currículos escolares. A característica principal destes recursos didácticos reside na sua interactividade com os visitantes procurando que as pessoas recriem com as suas próprias mãos alguns dos processos geológicos associados à orogenia Varisca que moldou uma boa parte da Península Ibérica e que estruturou o relevo da Serra do Marão.

A exposição está delineada de forma a integrar várias actividades que possibilitem diferentes oportunidades de aprendizagem, conceberam-se os módulos interactivos utilizando-se alguns materiais que melhor retratassem os processos geológicos actuais observados pelos alunos/visitantes. A sua explicação constará em painéis explicativos, não exaustivos, que fornecerão alguma autonomia ao visitante mas que de forma alguma substituirão o raciocínio que deverão desenvolver para adquirirem novos dados que lhes permitam reestruturar o seu conhecimento geológico. Abre-se também a possibilidade de se desenvolverem saídas de campo relacionadas com as actividades desenvolvidas nos módulos conjugando-se, desta forma, várias actividades diferenciadas mediante o tempo que os visitantes/alunos dispõem para a visita.

A localização destes espaços educativos em regiões mais interiores como por exemplo a de Trás-os-Montes e Alto Douro torna-se uma necessidade, dada a enorme carência de estruturas de apoio pedagógico. O facto de, no nosso país, os Centros de

Ciência se localizarem, na sua esmagadora maioria, no litoral faz com que o tempo que se poderia ganhar na exploração do Centro ou do Museu seja perdido nas deslocções fastidiosas e dissuasoras de qualquer actividade cognitiva à chegada a estes espaços. Daí que se torne urgente a construção de exposições integradas na região que não só equipare as oportunidades de cultura nos alunos do interior relativamente aos que auferem de melhores possibilidades de aprendizagem, como também forneça aos alunos e professores a oportunidade de um processo ensino/aprendizagem que integre actividades que não são, normalmente, realizadas nas escolas. Para além de diferentes as actividades que são propostas e que pretendem motivar os alunos para um conhecimento mais profundo e divertido de alguns processos geodinâmicos importantes que ocorreram no passado e que conduziram à formação da Serra do Marão trazendo para a exposição um cunho mais regional é ao mesmo tempo feita uma chamada de atenção para a valorização do nosso património natural e para a importância da geologia desta região.

A exposição didáctica, uma vez executada, permitirá às escolas da região usufruírem de um conjunto de actividades interactivas, painéis e propostas de saídas de campo que podem se deslocadas às próprias escolas e utilizadas pelos professores e alunos até à exaustão diminuindo a distância entre um conhecimento geológico abstracto e concreto que pode ser manipulado por cada um ao sabor do seu próprio tempo. De ressaltar que apesar de se insistir na utilização deste espaço pelas escolas, criando uma relação estreita entre o Museu e os estabelecimentos de ensino, a comunidade, de uma forma geral, não fica de fora até porque das várias actividades levadas a cabo pelo Programa Ciência Viva apercebemo-nos das inúmeras vantagens que advêm destas diferentes iniciativas para uma sociedade de cultura heterogénea como na nossa, particularmente em termos de alfabetização científica.

A implementação efectiva deste conjunto de iniciativas permite que o professor se integre, num espaço diferente do escolar, no processo de ensino/aprendizagem enriquecendo a sua acção pedagógica com novos recursos que poderá levar até à sua escola aumentando as oportunidades de um contacto com novas formas de cultura científica.

Permite ainda melhorar as saídas de campo feitas pelo programa Ciência Viva (Geologia no Verão) permitindo a quem realiza estas saídas uma integração mais fácil

na geologia e nos processos geodinâmicos característicos da Serra do Marão, melhorando a facilidade de aquisição de conhecimentos que alguns não dominam mas sentem uma enorme curiosidade em conhecer.

ABSTRACT

The museums have contributed throughout the times for a constant pedagogical update that confers them an even more important role in the formal education of our students, and also, for the increase of the scientific literacy of our society. From a society that privileged the arts and literature as only forms of culture we, gradually, pass on to a society where it becomes urgent a deeper acknowledgement of the Science it produces. Giving an answer to the demands of its visitors, its curiosities and scientific knowledge, the museums have been integrating, even more, pertinent subjects, creating all over the world Centers of Science that happen to be great cultural places attended by young people. They have also been a strong support for the school and have had a crucial role in the formation and reeducation of teachers.

Having this in mind, a set of goals was created such as the selection of the school contents of the 7^o form so that they could coexist with the existing geologic inheritance in the Mountain range of the Marão, with the goal of providing a pleasant learning of the contents most interesting that also arise the greatest doubts and the greatest difficulties in the forthcoming of the restructuring of new knowledge. Another goal consisted in calling people's attention to an important patrimony that has been relinquished by schools and that has been proved to be an important resource to the macroscopic scale and considered a living example in the geological contents taught in the basic and secondary education. Using a museum and at the same time promoting the habit of visiting these non-formal educational places, we have considered to incentivate the use of new resources that can also be used and dislocated to schools promoting thus a teaching/learning process that makes the geological contents more practical, decreasing, this way, the abstraction level that arises in these ages and becomes an obstacle to the students learning.

As we contacted students with different features and ages, we realized that they have something in common: moving to believe. The youngest students are supposed not to have a traditional education where the teacher uses few resources and where the students assume a truly passive role. Nowadays, the educational theories praise a restructuring of knowledge on the basis of differentiated activities that allow different opportunities and ways of building knowledge. Therefore, there came the necessity of

outlining a set of activities or interactive modules bearing in mind, the curricular contents of the 7^o form, so that, they could integrate the geology of the Serra do Marão, uniting a forgotten patrimony to a set of outlined activities to provide a dynamic learning.

To fulfil these expectations, a set of didactic modules and a scale model of the Serra do Marão was projected in order to include some of the geological contents observed in the mountain, being, thus, part of the school subjects. The main features of these didactic resources lie in its interactivity with the visitors allowing to rebuild with their own hands some of the involved geologic processes in the Variscan orogenesis that molded a good part of the Iberian Peninsula and that it structuralized the relief and the lithostratigraphy of the Serra do Marão. The exhibition is structured in a way that it allows to integrate different activities that create different opportunities of learning, so the interactive modules were designed using some materials that could portray better the geological processes observed by students/visitors. There will be elucidating panels that will allow a certain kind of autonomy to the visitor, but that in, no way, will replace the thought they should have to obtain new data, restructuring thus, their own geological knowledge.

One also has the possibility of field work related with the activities developed in the modules, meaning this way the existence of several activities according to the time that the visitors/students have for the visit.

The setting of these educative spaces becomes, a decisive factor in inland regions as for example Trás-os-Montes and Alto Douro due to its lack of pedagogical structures. The fact that, in our country, the Centers of Science are located, in its smashing majority along the coast, makes it a loss of time with boring displacements when people reach these places. Therefore, it becomes urgent the setting of exhibitions integrated in the region, so that the students of the inland will also have better learning and cultural opportunities, giving them a chance of having activities at schools. Besides being different, the activities that are proposed, try to incentivate students for a better and deeper knowledge created by some important geodynamic processes that had occurred in the past and that had lead to the formation of the Serra do Marão bringing for the exhibition a valorization of our inheritance as well as the importance of the geology in this region.

The didactic exhibition, will allow the schools of the region a set of interactive activities, panels and proposals of field visits that can be dislocated to schools and used by the teachers and students decreasing the distance between a geological abstract and precise knowledge that can be used any time. In spite of insisting in using this place by schools, thus, building a strict relationship between the museum and schools, the community, in a general way, also has an important role; this happens, because there are several activities promoted by *Ciência Viva* and we realize the advantages of these initiatives upon such an heterogeneous culture as ours, at least in terms of scientific alphabetisation.

The implementation of this set of initiatives allows the teacher to integrate himself in a different place from that of school, enriching his teaching action with new resources that he may take to the school where he works at, increasing, therefore, the opportunities of a contact with new forms of scientific culture.

It also allows an improvement in the field work accomplished by the programme *Ciência Viva* (Geology in Summer), making possible for those who carry out these visits an easier integration in geology and in the geodynamic process that characterize Marão, improving also the knowledge and arising a great curiosity in learning.

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GENÉRICAS

1.1. – Introdução

1.2. – Objectivos do trabalho

1.3. – Estrutura do trabalho

1.4. – Enquadramento do tema

desenvolvido nos currículos escolares

1.1. - Introdução

A construção de materiais didácticos para a melhoria do ensino-aprendizagem tem sido, ao longo dos tempos, uma prioridade para os docentes. Esta tarefa revela-se por vezes dificultada pela carga horária excessiva e burocracias que o sistema educativo actual exige. A estabilidade da carreira é, nesta área, um importante aliado dos docentes, uma vez que lhes permitirá um melhor intrusamento com a região onde se insere a escola e um melhor conhecimentos dos seus alunos (caso a política escolar privilegie a continuidade das turmas com um mesmo professor), permitindo-lhes desenvolver e enriquecer, ano após ano, a sua actividade com recursos que se adaptem e vão de encontro às necessidades e dificuldades dos alunos. A proximidade com a região é um factor de extrema importância visto que possibilitará, dentro de uma determinada área geográfica conhecida dos alunos, uma melhor compreensão de alguns conteúdos transmitidos na sala de aula, promovendo uma cultura mais abrangente e completa, bem como, um respeito cada vez maior pelo seu património natural.

Esta foi a motivação principal que levou ao desenvolvimento deste trabalho. Usando um recurso que está ao alcance de um olhar pela janela, projectaram-se um conjunto de materiais que integram uma futura exposição didáctica, que ilustram diferentes conteúdos geológicos abordáveis no 3º ciclo e que tiveram como linha orientadora os conteúdos que fazem parte do 7º ano de escolaridade. Servindo-nos da evolução geodinâmica da Serra do Marão, iniciou-se já um intrusamento com os alunos que aprendem a respeitar e a pensar mais frequentemente na serra “aqui do lado” sentindo-se atraídos e curiosos pela história que estava encerrada nas rochas que a constituem. De uma serra distante no pensamento dos alunos, passou a integrar todos os exemplos que lhes eram pedidos quando se leccionavam conteúdos como as dobras e as falhas, bacias de sedimentação, rochas metamórficas, deposição de sedimentos com base na granulometria, processos de fossilização, icnofósseis, entre muitos outros. Para estes alunos o conhecimento que detinham da Serra do Marão passou a ser mais completo e mais interessante, retirando destas aprendizagens ilações que procuravam adaptar a outras situações, numa tentativa de também reconstruir a sua história.

O trabalho privilegia a construção do conhecimento através de modelos que pudessem ser manipulados pelos alunos, permitindo a sua plena integração no processo

de aprendizagem. A razão desta escolha prende-se com o facto dos alunos quando chegam ao 3º ciclo possuírem poucos hábitos de trabalho experimental e poucas noções básicas de Geologia, dado que a primeira abordagem exaustiva se faz ao nível dos anos iniciais do 3º ciclo. A leccionação destes conteúdos exige por parte dos alunos uma abstracção que muitas vezes dificulta a compreensão e aquisição de conhecimentos. Se pensarmos na nossa própria noção de tempo geológico faremos uma pequena ideia das confusões que estes pequenos pensadores poderão enfrentar face à aplicação de um conceito como este. Por isso, há que começar por uma educação geológica que inicie os jovens alunos no contacto com o trabalho de campo, com um forte suporte de recursos de que possam valer-se para cimentarem o seu próprio conhecimento e ao qual possam, sem dificuldade, recorrer nas mais diversas situações. Embora alguns autores critiquem este tipo de abordagem (conteúdos curriculares – actividades de campo ou experimentais) alegando que *as diversas alternativas de trabalhos de campo ainda estão distantes da prática da maioria dos professores, que optam por actividades dirigidas para o reconhecimento no campo dos conteúdos desenvolvidos na sala de aula* (Scortegagna, 2001), não poderemos exigir aos nossos alunos uma actuação própria de um geólogo experimentado, sem lhes possibilitar um treino das competências necessárias ao desenvolvimento deste tipo de atitude.

Este estudo possibilitará planificação de alguns recursos didácticos que poderão ser usufruídos pelos docentes, alunos ou visitantes do Museu de Geologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, favorecendo um maior contacto entre a Geologia e a nossa sociedade, contribuindo para dar a conhecer aspectos geológicos da região. A área em foco (Serra do Marão) possui um enorme potencial didáctico devido à sua heterogeneidade geológica, processos de formação e geodinâmica, não se compadecendo com uma exploração simplista ou minimalista. As hipóteses de exploração didáctica integram-se nos vários conteúdos programáticos de Geologia, escolhendo-se apenas a profundidade com que queremos focar os diferentes locais de interesse geológico. As possibilidades de abordagem são “infinitas” e já foram alvo de alguns trabalhos anteriores, construindo-se roteiros geológicos utilizáveis pelos professores no enriquecimento e preparação das actividades curriculares com os seus alunos.

A construção da exposição tornará exequível um reforço didáctico do Museu de

Geologia da UTAD respondendo às necessidades expressas pelos professores desta área geográfica que reconhecem que a geologia e o património geológico na região estão mal conhecidos e divulgados pela comunidade escolar e pela população (Esteves, 2004). Segundo este autor os professores e alunos que compunham em 2004 o CAE³ de Vila Real e Bragança e que responderam a inquéritos realizados, manifestaram preocupação nesta falta de divulgação uma vez que estão conscientes do valor que representa, para uma região, a exploração dos seus geo-recursos. Ao nível da educação, a criação de um espaço interactivo que se debruce sobre a geologia da região tornar-se-á um forte aliado na medida em que se constituiria como um complemento curricular de ensino informal, permitindo uma consolidação e auxiliando a aprendizagem de conteúdos geológicos, de forma a assegurar um conhecimento mais profundo da região e simultaneamente criando uma vontade de protecção da sua geologia.

³ CAE – Centro de Área Educativa

1.2. – Objectivos do trabalho

Na execução de um trabalho são vários os objectivos que nos propomos a alcançar e que constituem o fio condutor de toda a pesquisa realizada. Neste caso os principais objectivos foram:

- Alertar para o património geológico existente na Serra do Marão;
- Promover nos alunos/visitantes uma relação mais estreita com os processos geodinâmicos característicos da região;
- Despertar o interesse de professores e alunos para o ensino/aprendizagem das geociências;
- Inculcar nos docentes/alunos e público o hábito de visitar museus com fins educativos;
- Desafiar os professores para a construção de novos materiais de trabalho nas escolas;
- Seleccionar um leque de actividades que favoreçam a integração dos conteúdos curriculares do 7º ano de escolaridade com a geologia da Serra do Marão, particularmente os seus processos geodinâmicos;
- Projectar um conjunto de recursos didácticos capazes de serem deslocados às escolas;
- Incrementar o recurso a actividades diferenciadas e facilitadoras do processo ensino-aprendizagem.

1.3. – Estrutura do trabalho

O trabalho desenvolvido conta com uma estruturação simples que por obrigação compartimenta temáticas indissociáveis para uma percepção geral do que foi pesquisado.

O trabalho apresenta seis partes, cada uma das quais constituindo um capítulo. No primeiro capítulo, no qual se insere este sub-tema, damos conta de uma introdução que revela algumas das motivações que nos conduziram ao longo de todo o processo de planificação da exposição didáctica, pesquisa bibliográfica e redacção da dissertação; dos objectivos delineados que constituem o âmago do progresso do trabalho, bem como uma alusão à forma como foi estruturado, dando a perceber e a integrar as várias fracções que o compõem.

No capítulo II serão desenvolvidos temas essenciais como por exemplo a importância da educação em Ciência, que procura desenvolver nos jovens as competências necessárias à sua inclusão plena numa sociedade que cada vez mais se torna dependente do conhecimento científico e que constitui o paradigma que, actualmente, orienta a construção e aplicação dos trabalhos práticos em ciências. Abordar-se-á o papel fundamental das escolas neste enriquecimento cultural, uma vez que é um espaço adequado e privilegiado que reúne jovens de várias idades, permitindo o desenvolvimento faseado de uma consciência cívica complementada pelo conhecimento ao nível da ciência, letras e artes. Aborda-se, igualmente, a importância para o ensino do desenvolvimento de actividades experimentais, o trabalho de campo em que os alunos tenham uma participação activa construindo, individualmente, o seu próprio conhecimento, reestruturando as suas ideias, acrescentando novos conceitos e eliminando, conscientemente os errados. A utilização destas actividades pressupõe não apenas vantagens ao nível cognitivo como também ao nível emocional e psicomotor dos alunos. Ao aperceberem-se que existem outras formas de aprendizagem, que não as que usualmente são utilizadas, adquirem uma motivação pessoal acrescida empenhando-se mais e melhor na procura de um conhecimento mais completo.

No capítulo III faremos referência à temática museológica desenvolvendo tópicos como a história dos museus, a sua evolução nalgumas partes do mundo e particularmente em Portugal, a evolução das suas linhas orientadoras incutindo transformações que

revolucionaram não só a selecção do material de interesse museológico, mas também a forma como são construídos e exploradas as exposições. Veremos como o público passou de um acesso restrito a ser o alvo privilegiado e centro de preocupação das direcções dos museus amotinando-se das formas anteriores de pensar, acompanhando o evoluir da Ciência e muitas vezes tornando-se o fulcro das novidades científicas e como as teorias educativas foram tidas em conta na reformulação destes espaços conseguiremos também perceber qual o papel destes espaços na educação formal que é desenvolvida nas nossas escolas, a forma como os docentes encaram este potencial recurso didáctico, como o aproveitam e que trabalho desenvolvem em torno da exposição para garantirem o desenvolvimento das competências nos alunos que propuseram na planificação de uma visita. Apercebermo-nos-emos que existem diferentes posturas destes profissionais face ao espaço museológico e que nem sempre este recurso é devidamente explorado.

O quarto capítulo desenvolverá a evolução geodinâmica da Ibéria e da Serra do Marão, reunindo informações que integram estudos exaustivos feitos na região por vários geólogos e que tornam possível a planificação dos módulos da exposição didáctica.

O capítulo seguinte (o V) reportar-se-á à planificação dos módulos didácticos interactivos que incidem sobre a temáticas específicas mas que poderão ser extrapoladas para o ensino das Geociências do 3º Ciclo. Serão, ainda, abordadas as metodologias, técnicas e materiais utilizados para a construção do recurso didáctico central de toda a exposição – a maquete da Serra do Marão -, que representará o ponto reunificador do espaço destinado à exposição didáctica. É também explorado neste capítulo a forma como se pretendem construir os módulos interactivos e os painéis explicativos, e cuja efectivação será feita no futuro acrescentado todas as novas ideias que advém, obrigatoriamente, de uma tarefa deste tipo. Serão expostos os temas que as actividades interactivas abordam, de forma a facilitar o relacionamento com as actividades interactivas; os protocolos da actividades delineadas, objectivos que se consideraram, metas que se procuraram alcançar. Este conjunto de materiais integrará o Museu de Geologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, para que sejam

aproveitados pelo máximo número de pessoas possível⁴. A dissertação ganhará, assim, vida própria, passando da delineação à prática, não se remetendo a *uma prateleira empoeirada* e contribuindo para a literacia científica de todos quantos com ela contactem.

Por último surge a conclusão que, integrando as diversas compartimentações da dissertação, avança novas ideias que ficaram por explorar, relata o impacte do trabalho na vivência enquanto docente e nas dificuldades sentidas e ultrapassadas.

⁴ A utilização dos materiais ficará ao critério exclusivo da direcção do museu, uma vez que serão construídos com o objectivo de constituírem uma mais valia para este espaço.

1.4. - Integração do tema desenvolvido nos currículos escolares

A grande preocupação dos professores será sempre a procura de actividades que, de forma apazível, consigam desenvolver nos seus alunos uma sede de saber. Uma vez a curiosidade despertada, os discentes ganham uma motivação acrescida capaz de os levar a aderir e sobretudo a retirar proveito dos conteúdos leccionados que integram o seu currículo escolar. No entanto, esta procura de actividades e novas estratégias deve ter sempre em conta as competências que os alunos necessitam desenvolver e que reflectem toda uma nova forma de ver o ensino e a aprendizagem.

A preocupação em fazer do aluno um imitador de frases feitas que deve saber de cor, sem muitas vezes entender o seu verdadeiro significado, não constitui de forma alguma, o ideal de um aluno actual. As novas directrizes educativas vêm no sentido de se desenvolverem competências nos alunos que os auxiliem pela vida fora. A escola é *um primeiro teste* que terão de ultrapassar para estarem aptos a uma vivência activa em sociedade.

Para isso o documento *Currículo Nacional do Ensino Básico – competências Essenciais*, publicado pelo Departamento do Ensino Básico (Ministério da Educação) em 2001, defende que se devem desenvolver, no aluno, capacidades e atitudes que tornem possível a utilização de conhecimentos em situações que sejam ou não familiares para o discente. Este objectivo de fundo só se torna possível quando se utiliza um conjunto de actividades diversificadas que desafiem o aluno a avaliar e a aplicar os seus conhecimentos. O aluno deixa de obedecer a estímulos, para avaliar a situação que se lhe depara, reflectindo na forma como poderá aplicar os conhecimentos que possui, ou concluindo que estes não são suficientes para responder ao desafio lançado. As actividades devem, por este motivo, proporcionar ao aluno a oportunidade de ampliar o leque dos seus conhecimentos, ao mesmo tempo que promove o desenvolvimento de capacidade e atitudes favoráveis a esta aprendizagem. Os alunos devem ser dinâmicos, questionar as situações, participar de forma activa na sua própria aprendizagem, em parceria com o professor, sendo, co-responsáveis pelo nível de conhecimentos alcançados até ao final do Ensino Básico.

A formação básica dos nossos alunos torna-se cada vez mais importante, sendo

sustentada por um conjunto de valores e de princípios sobre os quais assentam as competências definidas como atingíveis até ao final do terceiro ciclo. Esses valores e princípios são:

- a construção e a tomada de consciência da identidade pessoal e social;
- a participação na vida cívica de forma livre, responsável, solidária e crítica;
- o respeito e a valorização da diversidade dos indivíduos e dos grupos quanto às suas pertenças e opções;
- a valorização de diferentes formas de conhecimento, comunicação e expressão;
- o desenvolvimento da curiosidade intelectual, do gosto pelo saber, pelo trabalho e pelo estudo;
- a construção de uma consciência ecológica conducente à valorização e preservação do património natural e cultural;
- a valorização das dimensões relacionadas com a aprendizagem e dos princípios éticos que regulam o relacionamento com o saber e com os outros (DEB, 2001).

Da leitura destes princípios e valores orientadores das competências a desenvolver não restam dúvidas que o Ensino Básico deve estar voltado para uma educação plena dos alunos a todos os níveis, mobilizando os vários saberes das diferentes áreas disciplinares e não disciplinares para um crescimento individual que permita vivências integradoras em sociedade. Tendo em conta os princípios e valores enumerados, no final do Ensino Básico o aluno deverá ser capaz de:

- mobilizar saberes culturais, científicos e tecnológicos para compreender a realidade e abordar situações e problemas do quotidiano;
- usar adequadamente linguagens das diferentes áreas do saber cultural, científico e tecnológico para se expressar;
- usar correctamente a língua portuguesa para comunicar de forma adequada e para estruturar pensamento próprio;
- usar línguas estrangeiras para comunicar adequadamente em situações do quotidiano e para apropriação de informação;
- adoptar metodologias personalizadas de trabalho e de aprendizagem adequadas a objectos visados;

- pesquisar, seleccionar e organizar informação para a transformar em conhecimento mobilizável;
- adoptar estratégias adequadas à resolução de problemas e à tomada de decisões;
- realizar actividades de forma autónoma, responsável e criativa;
- cooperar com outros em tarefas e projectos comuns;
- relacionar harmoniosamente o corpo com o espaço, numa perspectiva pessoal e interpessoal promotora da saúde e da qualidade de vida (DEB, 2001).

As Geociências têm um papel privilegiado para o desenvolvimento destas competências ao longo do 3º ciclo. É uma disciplina integradora de saberes e que tem inúmeras metodologias aplicáveis à criação de ambientes de aprendizagem diversificados, que para além de cativarem o aluno para a disciplina, impele os docentes desta área a procurarem, sempre, novas formas de ensinar a aprender. A insatisfação dos docentes face às estratégias que aplicam em cada situação é o motor que promove a adequação, cada vez mais exigente, dos métodos de ensino às competências que surgem como um fio condutor ao trabalho de docência. Claro que as inovações são sempre bem vindas e quando o *feedback* é positivo, essas experiências devem ser partilhadas com a comunidade escolar para que se dirija a docência para um ensino motivador, capaz de ensinar aos alunos a exigirem cada vez mais e cada vez melhor.

O ensino que proporcione experiências enriquecedoras estará a desenvolver nos alunos o gosto pela integração de conhecimentos das várias áreas, a insaciabilidade de respostas face às suas curiosidades, a avaliação do trabalho efectuado reflectindo nele de uma forma crítica e conducente à sua reformulação, a flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza, o desenvolvimento do sentido estético, a divulgação do que foi aprendido em contextos diferentes dos escolares, acabando por o conhecimento ultrapassar as barreiras escolares e influenciar a sociedade mais próxima dos nossos aprendizes de adultos.

As experiências educativas diferenciadas devem, para que o seu objectivo último seja cumprido, estar de acordo com o interesse dos alunos e com o que se passa à sua volta, sem declinar uma intervenção ponderada do professor que surge, neste contexto, como um pilar fundamental de estratégia e orientador do processo ensino-aprendizagem (Barros e Delgado, 2006).

O trabalho desenvolvido vem contribuir para que se perspetive mais uma experiência educativa diferente das tradicionais podendo ser o trampolim para outras que se possam seguir. Poderemos pensar, no entanto, que a compartimentação dos currículos não favoreça uma alteração nas propostas dos programas disciplinares a implementar nas escolas. Verificando-se o documento das “Orientações curriculares” emanado do Ministério da Educação, facilmente, nos apercebemos que estas iniciativas são consideradas fundamentais e benéficas ao processo ensino-aprendizagem. Este documento descarta a obrigatoriedade de se seguir à risca o desenho curricular dos vários conjuntos de conteúdos, desde que este seja bem gerido e haja, de facto *implementação de experiências educativas, por parte dos professores, de acordo com alunos e contextos diferenciados* (Orientações Curriculares, M.E. 2001). As recomendações do Conselho Nacional de Educação (Parecer nº 2/2000), a saber: *A autonomia pedagógica, nomeadamente através da elaboração de projectos educativos, é também condição de flexibilização curricular, para que os professores ajam mais como produtores do que como consumidores de currículo* (ponto 19, p. 7) evidenciam, igualmente, o privilégio de situações novas a implementar nas nossas escolas.

Assim sendo, o trabalho que se apresenta pretende proporcionar estes diferentes ambientes de aprendizagem a alunos do 7º ano de escolaridade e que portando justifica um desenvolvimento mais direccionado da revisão bibliográfica feita; as actividades podem também ser direccionadas para alunos do 11º ano⁵. A aplicação das actividades desenvolvidas devem-se à colocação da investigadora numa Escola Básica do 2º e 3º Ciclos, onde permanecerá mais dois anos lectivos e na qual poderá testar as actividades projectadas.

Os temas que se relacionam com as actividades delineadas e os itens focados na exposição didáctica incidem sobre os conteúdos expostos no quadro nº 1, referentes ao currículo do 3º Ciclo do Ensino Básico.

⁵ De ressaltar que as actividades deverão ser repensadas, visto nível de aprofundamento dos conteúdos ser maior requerendo, por isso, uma abordagem mais elaborada das actividades, uma vez que alunos desta faixa etária revelam uma maior autonomia e maior capacidade de avaliação crítica na resolução de um problema.

TERRA EM TRANSFORMAÇÃO

A Terra conta a sua história	Fósseis e sua importância para a reconstituição da história da Terra	<ul style="list-style-type: none">- O que são fósseis- Processos de fossilização- Reconstituição de paleoambientes
	Grandes etapas na história da Terra	<ul style="list-style-type: none">- Eras geológicas- Datação dos principais acontecimentos da história da Terra (Princípio da Sobreposição de estratos e datação relativa)
Dinâmica interna da Terra	Deriva dos continentes e tectónica de placas	<ul style="list-style-type: none">- Teoria da Tectónica de Placas- Tipos de limites de placas
	Ocorrência de falhas e dobras	<ul style="list-style-type: none">- Tipos de estruturas (dobras, falha inversa, falha normal, desligamento e cisalhamento)
Dinâmica externa da Terra	Rochas sedimentares e metamórficas: génese e constituição.	<ul style="list-style-type: none">- Meteorização química (dissolução e oxidação)- Erosão, transporte e sedimentação- Rochas sedimentares detríticas- Factores de metamorfismo (temperatura e pressão)- Tipos de metamorfismo- Exemplos de rochas metamórficas- Paisagens metamórficas

Quadro 1 - Temas do 7º ano de escolaridade realcionados com as actividades propostas

As saídas de campo ou a visita a exposições suscitam o desenvolvimento de grande parte das competências que devem ser atingidas pelos alunos ao concluírem o 3º ciclo. É evidente que apenas uma ou duas actividades das que se apresentam ao longo dos três anos de escolaridade deste ciclo, por si só, não são geradoras de uma mudança conceptual ou atitudinal, no entanto, servem de mote para o desenvolvimento de outras, talvez menos complexas, que proporcionem as mesmas vivências aos alunos e o mesmo tipo de mudança. A questão é que os docentes devem ser fomentadores destas actividades. Nem que durem 5 minutos, as actividades variadas são muito representativas para os alunos, construindo conhecimento e atitudes que num ano inteiro de aulas não se conseguem desenvolver.

É importante que os nossos alunos nos vejam como agentes em movimento, sempre à procura de soluções e de estratégias que os possam ajudar a desenvolver o seu nível de conhecimento. De certo que os menos interventivos, no início, irão compensar o nosso esforço. Os alunos necessitam de ver nos professores o que estes gostariam de

ver nos seus alunos. Aí sim estaremos em pé de igualdade para sermos professores exigentes. A exigência tem um preço: a excelência.

Não se quer com isto dizer que esta dissertação será um modelo a seguir cegamente, muito pelo contrário, reflecte a preocupação de uma docente que considera os seus alunos a razão do seu esforço e do seu sacrifício, e que nas horas mais difíceis, quando as ideias escasseiam, pensa nos olhinhos a brilhar de crianças para quem a Ciência é capaz de explicar milagres em cada aula que passa.

CAPÍTULO II – A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

2.1. – Uma visão actualizada da Ciência

2.2. – A integração da exposição

didáctica no ensino

2.2.1. – O Trabalho Prático

2.2.1.1. – O Trabalho Experimental

2.2.1.2. – O Trabalho de Campo

2.1. – Uma visão actualizada da Ciência

A geologia da Serra do Marão tem que ser vista sobre uma perspectiva mais abrangente do que apenas a regional. Tal como as outras Ciências, os fenómenos que cabem à Geologia são indissociáveis de todo um conjunto de conhecimentos imprescindíveis ao crescimento como Ciência e dos Geólogos como cientistas e *tradutores* da história do nosso planeta.

Ao ensinarmos Ciência temos que ter presente sempre esta interdisciplinaridade e transversalidade de conhecimentos, para que possamos inculcar nos nossos alunos, mais do que uma sede de conhecimentos, uma insaciedade pelo raciocínio. A Ciência, como verdade absoluta que não se questiona mas apenas se aceita deixou, há algum tempo, de fazer parte das preocupações dos docentes. Os alunos, sob o ponto de vista das novas pedagogias, devem ser capazes de raciocinar, de criticar e avaliar informações que lhes chegam pelos diferentes meios, sugerir novos métodos de abordagem, de forma a que se tornem cidadãos atentos, mas conhecedores dos avanços que a Ciência torna cada vez mais céleres.

Quotidianamente, qualquer indivíduo se vê a braços com inovações científicas que apenas podem ser analisadas e criticadas se a sociedade investir numa actualização permanente (recorde-se que nem sempre a informação veiculada é fielmente abordada). Os casos em que essa preocupação não está presente reflectem-se numa iliteracia que vai marginalizando cada vez mais esses indivíduos. Actualmente, quem não é detentor de informações relativas às várias vertentes científicas, facilmente, é posto à parte das conversas em sociedade e encarado como um *moderno ignorante*.

Dadas estas realidades, a escola desempenha um papel fundamental na construção do conhecimento nestes novos indivíduos que devem estar aptos não só a debater estas questões científicas como a criticá-las. O ensino deverá ter como função essencial o desenvolvimento das competências necessárias a um conhecimento integrado de informações, das mais variadas índoles, a fim de formarmos jovens cientificamente informados e capazes de desempenhar o papel de cidadãos responsável (Fontes e Silva, 2004).

A função dos docentes deve ter como meta este perfil complexo de cidadania, mesmo contornando um sistema de ensino que sempre privilegiou as Letras em

detrimento das Ciências. A cultura, até há bem pouco tempo, passava por um conhecimento de obras artísticas (escrita, pintura, escultura, entre outras) declinando qualquer relevância para os sucessivos avanços científicos e tecnológicos, que influenciam de sobremaneira a vivência, diária, das sociedades.

Os sistemas de ensino têm-se debruçado, inequivocamente, sobre o saber ciência sem se indagarem sobre o porquê ou a utilidade desse saber, apostando num ensino em que há debitação de conteúdos que não se relacionam com as várias metaciências, com a vertente social e cultural (Fontes e Silva, 2004).

Um ensino centrado nos objectivos anteriores (saber ciência) desmotiva não só os alunos, como influencia a formação dos professores. Adaptando-se ao sistema de ensino, os docentes estagnam, também eles, no seu conhecimento da Ciência, transmitindo, subjectivamente, uma imagem que perdura na mente dos seus alunos: a Ciência é aborrecida, os conteúdos que são leccionados não servem para nada. Esta forma de pensar sobre a Ciência perdurará, longamente, influenciando a entrega que farão às disciplinas científicas ao longo do seu percurso escolar. A Ciência é rotulada como distante, quando na realidade está relacionada com milhões de actos que repetimos vezes sem conta ao longo do dia.

Assim sendo, o ensinar Ciência deve eleger como prioritárias outras metas, ajudando a construir, utilizando os seus conteúdos, *cidadãos livres, autónomos, intervenientes e cultos, portadores de um novo discurso e de novas práticas sociais, mais democráticas e humanistas* (Fontes e Silva, 2004).

É importante enfatizar a cultura científica sobretudo ao nível do terceiro ciclo, uma vez que para muitos alunos constitui a última ligação à área das ciências ou mesmo à escola. Deste grupo fazem parte os que abandonam a escola ao longo ou no final do terceiro ciclo, os que seguem cursos profissionais e os cursos humanísticos.

Cabe aos professores tornar a Ciência acessível, atraente e presente, num espaço privilegiado que é o da sala de aula, com jovens que estão a formar a sua personalidade e consciência. No entanto, as actividades que lhes proporcionem visitas a locais diferentes da escola ou mesmo uma breve visita para relacionar conteúdos e inferir outros transformam e recuperam a visão de Ciência que deve ser transmitida. Daí a preocupação em delinear um trabalho atractivo aos alunos para que a ideia que fazem de

Ciência se modifique, contribua para uma motivação acrescida para estudar Ciências e para uma formação plena da sociedade futura.

A Ciência e a Tecnologia encontram-se, hoje, indissociáveis do presente e do futuro da nossa sociedade. Segundo Rutherford e Ahlgren (1995), o que o futuro reserva para os seres humanos individuais, as nações e o mundo depende, grandemente, do grau de sensatez com que a humanidade faz uso da Ciência e da Tecnologia. Dada esta consciência, que é urgente disseminar entre as comunidades escolares, cumpre-nos a nós docentes organizar o nosso método de ensino e aferir os nossos recursos de maneira a desenvolvermos competências essenciais à difusão deste novo conceito de cidadania. Sem a capacidade de desenvolverem raciocínios críticos e inteligentes, a nossa sociedade será um alvo preferencial para a propagação de *pessoas dogmáticas, artistas da fraude e vendedores de soluções simples para problemas complexos* (Rutherford e Ahlgren, 1995).

A construção de um mundo melhor só se pode fazer à custa dos conhecimentos científicos, as formas de actuar das populações são cada vez mais dependentes da sua literacia científica, basta lembrarmo-nos de uma simples separação de lixos em nossas casas; da reutilização de materiais que já não servem para um dado fim mas que podem, perfeitamente; integrar outra função, do comportamento que seguimos e transmitimos aos nossos quando, em contacto com a natureza, chamamos a atenção para um ou outro aspecto da Geologia ou da Biologia. Estas pequenas práticas são uma forma de microciência que, diariamente, contribui para a formação integral dos que nos rodeiam, dotando-os de hábitos saudáveis, de um espírito curioso e crítico, que lhes permitirá ver o mundo com outros olhos: os olhos da consciência que lhes chamam a atenção para pequenos gestos que significam um mundo de mudanças.

Neste campo as escolas têm um papel privilegiado. Se no seio das famílias esta cultura não existe, a mão e a voz dos pais pode ter significado de mudança. Ao transmitirem o que aprendem, os pais são os veículos substanciais para a entrada de informação em nichos familiares que, devido a uma baixa escolaridade, nunca tiveram acesso aos conhecimentos científicos. Novos costumes podem ser postos em prática, abandonando outros vigentes. Não é invulgar esta situação, pelo que a escola deve apostar em formar *pequenos teimosos* que insistirão junto das famílias para que

estas comecem a ter a consciência de que um mundo melhor implica um conhecimento mais amplo que se deve questionar em caso de insatisfação.

Apesar do esforço feito já por alguns docentes nestas áreas, persiste ainda uma luta muito importante e diária nas nossas escolas. A quantidade de conteúdos para leccionar acaba por fazer com que as práticas ao desenvolvimento de novas metodologias sejam muitas vezes pontuais, resultando apenas em alguns alunos. Os manuais escolares tornam-se desajustados às novas práticas de ensino, embora já se observem alguns manuais dissonantes, mas apenas num ou noutro conteúdo. No caso da Biologia esta prática está mais fomentada, nos conteúdos de Geologia verifica-se que a sua integração social, praticamente, não se faz ao nível do 3º ciclo⁶, mas apenas ao nível do secundário, em algumas unidades temáticas.

A literacia científica deve começar o mais cedo possível para que haja, de facto, uma mudança no que concerne às formas de pensar e agir dos mais novos. Esta mudança não pode esperar por uma transformação global do sistema de ensino, os professores podem e devem ser os agentes responsáveis por esta remodelação. A sala de aula é dos meios mais importantes para que estas mudanças aconteçam, não podemos alegar uma passividade hierárquica, as boas ideias serão sempre bem recebidas venham de onde vierem e a comunidade docente deve ser a pioneira destas inovações ao introduzir novas formas de ensinar ciência. O ensino da ciência deve seguir as mesmas premissas da própria Ciência, ou seja, estar aberto à mudança de ideias, não rejeitando totalmente as anteriores, mas reestruturando-as para que se vão edificando construções poderosas que tendem a sobreviver e a tornarem-se mais precisas e amplamente aceites. As novas metodologias de ensino devem ser largamente debatidas e deveremos ter sempre presente que *a continuidade e a estabilidade são tão características da ciência como também o é a mudança, e tanto a confiança como a hesitação prevalecem* (Rutherford e Ahlgren, 1995). Esta é a imagem que deveríamos passar para cumprir o objectivo final de formar jovens cientificamente atentos, críticos e conscientes dos novos pergaminhos sociais.

As práticas pedagógicas implementadas na sala de aula, ou fora dela, requerem uma preparação muito anterior do professor que as preconiza. Consoante as actividades

⁶ Excepção feita ao tema *Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente*, tratado nos manuais como um conteúdos estanque dos restantes.

que este desenvolve, poderemos verificar a própria visão que esse docente possui de Ciência, bem como o grau de conhecimento e adesão que possui face às novas metodologias do ensino das Geociências. Um professor activo, do ponto de vista da utilização variada de recursos, percebeu a Ciência como um processo incessante de buscas e questões, de trabalhos e testes, de erros e vitórias, que só um método dinâmico é capaz de acompanhar. Daí que a formação inicial de professores seja tão importante para o desenvolvimento de profissionais capazes de proporcionar aos seus alunos, experiências inesquecíveis que farão mais pelo processo ensino/aprendizagem, do que as longas horas passadas nas salas das nossas escolas.

A preocupação em modificar a ideia que os jovens professores detêm de Ciência, como a devem apreender e como a devem transmitir aos seus discentes, é um facto que tem vindo a ser alvo de investigações, no sentido de se diagnosticarem, nos cursos de licenciaturas via ensino ou de *Formação de Professores* como Trindade e Bonito (2006) lhe preferem chamar, a forma como encaram estes itens, para que através das disciplinas de Metodologias e Didácticas da Ciência, lhes seja possível desembaraçarem-se das velhas teorias e abraçarem uma perspectiva nova que lhes permita criar vivências renovadas nas escolas conducentes a um ensino mais eficaz.

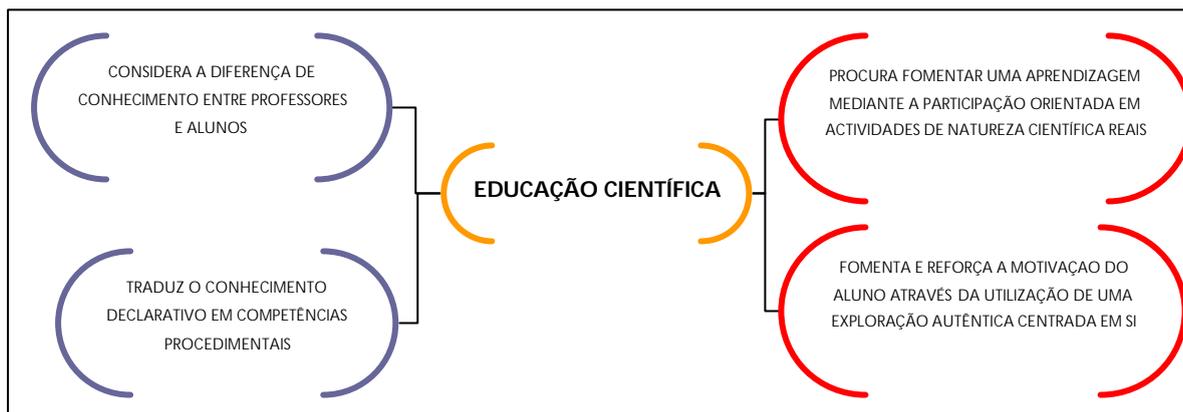
Trindade e Bonito (2006) no artigo que publicaram intitulado *A construção do conhecimento em Geologia e as suas consequências na formação em didáctica dos futuros professores da disciplina ao nível do secundário*, dão-nos conta da preocupação de há alguns anos na formação destes profissionais, para acabar com um tipo de ensino centrado na descrição dos fenómenos geológicos, em detrimento de um provimento de ferramentas capazes de apetrecharem os alunos com os conhecimentos que os tornem capazes de investigar e aprofundar os seus conhecimentos sobre esta ciência, para se possam articular e criar a sua própria visão de Geologia.

Já há algum tempo (início da década de 90) que uma nova forma de ensinar Ciência se vinha dando a conhecer pela mão de vários autores⁷ que revolucionaram e modificaram a forma de agir dos docentes encarregues da formação inicial de professores de Geologia (Trindade e Bonito, 2006).

⁷ Hudson, Klopfer, Novak, Gowin, Perez, Yager, Ogborn, entre outros.

As novas teorias construtivistas assentavam no ensino centrado no aluno e no aprender a aprender, tornando-se urgente transpor estas novas práticas aos docentes em formação para serem aplicadas, o mais rapidamente possível, nas escolas. Iniciando esta prática, Trindade e Bonito começam a aplicar estas teorias em alunos das licenciaturas de ensino fazendo um diagnóstico da forma como estes entendiam a Ciência e como encaravam a Didáctica. Os resultados obtidos revelaram aos investigadores que os professores em formação tinham uma imagem estagnada de Geologia: *as representações que os nossos estudantes apresentavam sobre a estrutura da geologia e das formas de construção do conhecimento nesta área científica, eram praticamente idênticas às que tínhamos quando acabámos a licenciatura dos finais da década de 1960*. As ideias construtivistas continuavam então, por não surtir efeito contra as arraigadas representações da Geologia que estes alunos haviam vivenciado, possivelmente, com os seus próprios professores do ensino básico e secundário. Da análise destas representações verificamos quão importante é a mensagem que transmitimos aos nossos alunos e da longevidade dessas posturas face à Ciência. Conclui-se que a nossa percepção de Ciência influenciará não só uma geração de futuros cidadãos, como também preponderará nas suas percepções que forem passadas aos seus alunos ou aos seus filhos. Para além disso as novas formas de pensar que implicam alterações na forma de agir, encontram sempre relutância não só na sua implementação, como também na adesão. Posto isto torna-se imperativo começar desde já a lutar contra uma percepção falseada da Ciência cujas desvantagens se repercutirão ao longo de várias gerações.

A educação científica actual, segundo Colin, Brown e Newman (1989) referidos por Bonito *et al* (2006), é de natureza construtivista, caracterizando-se por quatro aspectos particulares:



Esquema 1 - Principais características da educação científica actual (baseada em Collin, Brown e Newman, 1989 e adaptada de Trindade *et al*, 2006).

Analisando-se este esquema torna-se evidente que, o professor tem como função gerir o currículo de forma a proporcionar as ferramentas necessárias à resolução de problemas científicos. O desempenho do professor é essencial para que o aluno adquira competências e construa esquemas (estruturas do conhecimento) que se conduzam ao envolvimento do aluno com os problemas e com os procedimentos necessários à sua resolução (Bonito *et al*, 2006). Segundo este modelo, a educação científica deve ser feita baseando-se na realidade, deve ser prática e ser capaz de desenvolver competências nos alunos. A percepção da realidade e o trabalho desenvolvido em torno de factos com os quais os alunos contactam quotidianamente através de várias fontes, promovem uma presença diária da Ciência, a sua aprendizagem mais aliciante tornando-os capazes de responder às questões que se lhes deparam nas mais variadas situações.

2.2. – A integração dos recursos didácticos a utilizar na exposição no ensino das Ciências

A diversificação das metodologias empregues na aprendizagem com o auxílio de novos recursos, promovem nos alunos motivações acrescidas, acabando por facilitar a apreensão de novos conhecimentos, reestruturando o conhecimento prévio e criando novas formas de reacção, por parte dos alunos, a novos conteúdos que serão leccionados à posteriori. Verifica-se que começam, desde cedo a fazer correlações entre conteúdos, que em geologia, são de facto indispensáveis. Se bem que estas associações de conteúdos são mais facilmente feitas em idades mais avançadas do que as dos alunos do 3º ciclo, quando essas competências são desenvolvidas o mais cedo possível, brevemente notaremos que ficaremos surpreendidos pelo *feedback* recebido. Estas actividades são descuradas nas idades mais jovens visto não ser fácil que estes alunos comecem a desenvolver estas competências, no entanto, é também nesta idade que as personalidades se moldam e se incutem, mais facilmente, motivações e novos hábitos de trabalho. Não podemos esperar que os alunos adquiram maturidade suficiente para desenvolverem, autonomamente, estas actividades sem nunca os termos incentivado ou demonstrado as vantagens destas novas experiências. Por esta razão é que as actividades de laboratório são mais frequentes no ensino secundário, do que no 3º ciclo e mesmo assim são quase sempre ilustrativas e demonstrativas, não deixando espaço ao aluno para desenvolver um raciocínio próprio. O mesmo acontece com as actividades desenvolvidas fora de portas. Já de si parcas nas escolhas de estratégias desenvolvidas pelos professores, as actividades de campo ou a realização de maquetas e recursos explicativos dos fenómenos geológicos criam nos docentes um sentimento de desafio exageradamente grande para os implementarem nas suas aulas.

É certo que surgem alguns factores que promovem esta inércia, como é o caso de, em algumas escolas, nos serem dadas um elevado número de turmas (8 em alguns casos em que a escola não faz o desdobramento⁸ das turmas), com mais de 25 alunos, ou

⁸ O desdobramento das turmas faz-se dividindo a turma em dois turnos (T1 e T2). Cada turno tem a mesma carga horária da disciplina (90' para os alunos do 7º ano de escolaridade), no entanto, há uma redução do número de alunos para metade em cada aula de Ciências Naturais. Desta forma enquanto o 1º

como referem alguns autores (Rebelo e Marques, 2000, *in* Monteiro e Kullberg, 2006) na escassez de materiais de apoio que auxiliem a preparação das saídas de campo. Devo dizer que esta última justificação, actualmente, me parece um pouco descabida, uma vez que têm surgido nos últimos anos publicações focando exactamente este tema. Escolhendo uma dada região do nosso país, desde o Algarve a Trás-os-Montes, estas publicações divulgadas em conferências sobre o ensino desenvolviam saídas de campo já com uma caracterização geológica do local, com os materiais de apoio que foram utilizados pelos investigadores e aplicados aos alunos. Por esta razão, este argumento que por ventura seria válido em 2000 (ano do estudo realizado por Rebelo e Marques) torna-se hoje um pouco obsoleto e se de facto esta inércia continua apenas poderá ser justificada por uma falta de investigação e falta de ambição dos docentes em otimizar o processo ensino/aprendizagem. No entanto, a verdade é que recebemos mais entraves por parte dos Conselhos Executivos e/ou Serviços Administrativos, quando tentamos requisitar material para a construção de recursos para a própria escola do que seria de desejável, acabando estes recursos por serem construídos com materiais doados por professores e alunos quando se querem levar a cabo iniciativas desta monta. Estes factores não devem servir para nos descartarmos do nosso papel de educadores e procurarmos, proporcionar aos nossos alunos experiências enriquecedoras que contribuirão para o sucesso escolar das nossas disciplinas, mas são um importante entrave material e psicológico.

A preocupação em melhorar o ensino das Geociências não é exclusivo do nosso país, muito pelo contrário, em Espanha, França, Brasil, Argentina, EUA e Inglaterra, assistimos, igualmente à preocupação em construir novas formas de ensinar Geociências. Quer sob a forma de percursos que podem ser usufruídos por crianças que entram para o sistema de ensino, quer por adultos que pouca relação têm com as Geociências excepto uma grande vontade de aprender e de compreender o nosso

turno está 90' na aula de Ciências Naturais, o T² estará a frequentar a aula de Ciências Físico-Químicas; nos 90' seguintes os turnos trocam de sala, ou seja, o T¹ assistirá à aula de CFQ, enquanto que o T² frequenta a aula de Ciências Naturais. Esta modalidade tem inúmeras vantagens como por exemplo reduzir o número de alunos tornando possível a implementação de actividades diversificadas, como a preparação de saídas de campo, a realização de actividades experimentais em laboratório, promovendo um olhar mais atento do professor às dificuldades apresentadas pelos alunos.

planeta, até saídas de campo virtuais, exposições interactivas, entre outros, começam a existir projectos ligados a associações⁹ que desenvolvem actividades destinadas às salas de aula e excursões pedagógicas, para crianças desde o Jardim-de-infância até ao Ensino Secundário.

Em Espanha podemos, por exemplo visitar o portal de Internet da GEOCAMP que nos surpreende com sugestões de actividades de campo, a preparação das mesmas, indicando que actividades se podem desenvolver na sua preparação, durante a saída e após a mesma. Se bem que existem actividades onde os envolvidos desempenham um papel mais passivo, também poderemos encontrar o oposto, ou seja, actividades mais activas onde existe um envolvimento pleno dos participantes.

⁹ Por exemplo a associação francesa *Assotiation Géoval* que desenvolve um manancial de actividades sobre a geologia dos Pirinéus para diversas faixas etárias, desde caminhadas pedagógicas a intervenções na sala de aula e animações escolares.

2.2.1. – O Trabalho Prático

O Trabalho Prático foi cumprindo vários propósitos ao longo do tempo, acompanhou as teorias educativas e serviram diferentes objectivos e formas de implementação consoante as correntes educativas da altura. A verdade é que se torna cada vez mais importante promover o contacto entre os alunos e o aspecto prático da Ciência, afastando-os da teoria pura que os desmotiva para as aprendizagens científicas.

Quando a Didáctica da Ciência procura novas formas de aprendizagem, preocupa-se, principalmente, com a forma como o aluno aprende para se poderem delinear estratégias e recursos eficazes para uma melhoria significativa do processo ensino/aprendizagem. Desde que este processo se centra no aluno e não somente nos conteúdos que devem ser aprendidos que as investigações têm evoluído sobremaneira dado lugar a *perspectivas de ensino voltadas para o papel do aluno, como sujeito activo na construção do conhecimento, e para o reconhecimento do valor meramente instrumental dos conteúdos curriculares* (Vasconcelos, *et al*, 2003).

A importância do trabalho prático sofreu, por estas razões, alterações ao longo do tempo, de perfeitamente dispensável passou a uma actividade demonstrativa na qual existe um cumprimento de etapas pré-estabelecidas e finalmente a um recurso que se quer responsável pela aprendizagem e sobretudo desenvolvimento de uma atitude de abertura face à Ciência que provoque a discussão, a reflexão dos envolvidos e a aplicação dos conhecimentos científicos no quotidiano.

Antes de explorar a evolução da sua utilização no processo ensino/aprendizagem convém fazer uma clarificação de conceitos que são empregues frequentemente como tendo o mesmo significado mas que alguns autores diferenciam.

A terminologia Trabalho Experimental, Trabalho Prático, Trabalho Laboratorial e Trabalho de Campo tem experimentado uma certa ambiguidade na sua utilização e inúmeras vezes é lhes atribuído o mesmo significado sem nos preocuparmos com o significado específico de cada um destes termos. Para alguns autores o termo Trabalho Prático é sinónimo de Trabalho Experimental baseando-se este na prática ou nos conhecimentos que são adquiridos por essa prática (Chaves e Pinto, 2005). As actividades práticas ou os trabalhos práticos são, segundo Santos (2002) os trabalhos realizados pelos alunos em ambiente de sala de aula ou fora dela em que há interacção com materiais e equipamentos para se observarem fenómenos. Desta feita as actividades

que se projectam e que se querem desenvolver nesta proposta de exposição didáctica estão, por definição, englobadas neste conceito.

As actividades que se podem englobar no Trabalho Prático não são necessariamente de grande aparato ou muito complicadas, podem-se englobar neste item a resolução de exercícios, as actividades laboratoriais, os trabalhos de campo, entre outros, pelo que possui uma maior abrangência do que o Trabalho Laboratorial e o de Campo como se pode ver no esquema 2.



Esquema 2 - Relação entre o Trabalho Experimental e outros tipos de Trabalhos Práticos
(adaptado de Leite, 2001).

O Trabalho Prático pode desenvolver-se nos mais variados espaços, quer numa sala de aula, no campo, num laboratório ou numa exposição interactiva. Ao longo destas actividades é importante que o aluno execute exercícios de observação, demonstrações, experimentações e investigações, utilizando os mais variados recursos, para que possa resolver problemas que se lhe vão deparando à medida que desenvolve as actividades que lhe são propostas por um professor que intervém para direccionar as actividades, mas que levanta questões e faz propostas incitando os alunos a construir a sua própria aprendizagem relacionando os seus conhecimentos com os conhecimentos científicos.

2.2.1.1. – As actividades experimentais

As actividades experimentais que se têm desenvolvido nas aulas de Ciências privilegiam sempre mais a Biologia do que a Geologia. Embora de há algum tempo para cá se comece a enfatizar o ensino da Geologia, a verdade é que em raras ocasiões proporcionamos o contacto com materiais suficientemente aliciantes para promover o ensino desta ciência. À parte das amostras de rochas vulgarmente utilizadas nas aulas e que não deixam de ser importantes, pouco mais se tem feito pelo ensino experimental da Geologia, sobretudo ao nível do 3º Ciclo do Ensino Básico. Esta é uma das razões pelas quais se considera a importância de ultrapassar esta delimitação da exposição didáctica para a sua implementação plena, favorecendo a oportunidade de promover um contacto mais próximo entre os alunos do 3º Ciclo e a resolução de problemas propostos que culminam em aprendizagens significativas e na aproximação com a resolução de problemas que se relacionem com o quotidiano das populações.

Estas actividades experimentais não devem manter as características fechadas sobre um conjunto de material e um procedimento estanque que se deve cumprir não dando espaço para se constituírem discussões, procedimentos alternativos da iniciativa dos alunos ou a uma actividade reflexiva de avaliação do trabalho desenvolvido. As actividades de imitação de um processo científico na qual parece que se forem seguidos os passos de um procedimento chegaremos a resultados positivos, promove uma imagem muito distorcida do processo de investigação científica e banaliza o esforço feito pelos investigadores ao longo de anos na procura das soluções para o problema que dinamiza a sua investigação. Alguns investigadores defendem mesmo que a forma como é implementada a actividade experimental nas nossas salas de aula são a principal razão do seu fracasso, uma vez que *assume características prescritivas, assentes no cumprimento de instruções detalhadas, que conduzem os alunos para a resposta correcta e tem como objectivos fundamentais comprovar uma teoria e desenvolver habilidades manipulativas* (Garcia Barros, 1998 in Dourado, 2005).

Para que os nossos alunos percebam a Ciência necessitam de a experimentar e *virar do avesso*, necessitam de contactar com os mais variados materiais, chegar a conclusões, errar e reformularem o seu raciocínio. A realização de experiências constitui uma ferramenta essencial para se proceder a esta reformulação e associar a

teoria com a prática científica, desenvolvendo uma Educação Científica desligada dos conceitos ancestrais de memorização e sistematização do conhecimento.

Os alunos têm uma curiosidade que se deve explorar, que é estimulada com a oportunidade de manipulação de materiais diferentes e pelo desenvolvimento da prática (Bevilacqua e Coutinho-Silva, 2007). Gaspar e Monteiro (2005 *in* Bevilacqua e Coutinho-Silva, 2007) afirmam que *pode-se inferir, portanto, que a utilização da demonstração experimental de um conceito em sala de aula acrescenta ao pensamento do aluno elementos de realidade e de experiência pessoal que podem preencher uma lacuna cognitiva característica dos conceitos científicos.*

Estas actividades constituem um importante recurso a utilizar uma vez que constituem um meio de elaboração de respostas ponderadas e discutidas pelos alunos quando lhes colocamos como tarefa a resolução de um problema, sendo, igualmente, eficaz na compreensão dos procedimentos científicos, bem como no desenvolvimento de valores e atitudes que lhes permitirão resolverem problemas reais melhorando o seu interesse e a sua atitude perante a aprendizagem da Ciência.

2.2.1.2. – O trabalho de campo

O trabalho de campo representa uma das melhores estratégias de ensino, uma vez que conduz a uma melhoria significativa das aprendizagens feitas pelos alunos. No entanto verificamos nas escolas pelas quais passamos, que não existe memória de ter sido realizada este tipo de actividade. Felizmente, existem excepções a esta regra e também ouvimos falar de aulas que os alunos recordam como tendo sido das mais produtivas e interessantes.

O facto desta estratégia não estar tão positivamente vulgarizada nas nossas escolas traduz uma certa acomodação e receio dos professores que ministram aulas de geologia. A maioria acomoda-se à utilização de estratégias, que não implicam o abandono do espaço sala de aula, outros receiam não ser capazes de conduzir, eficazmente, uma aula num contexto tão diferente.

Se analisarmos o trabalho levado a cabo pela investigadora Jacinta Moreira (2006) verificamos que, aquilo que os professores neófitos (em formação inicial) intencionam implementar, nas suas aulas, e o que depois implementam, de facto revelam-nos

realidades completamente diferentes. Ao analisar as estratégias que estes professores de Biologia/Geologia consideravam mais importantes para o processo ensino/aprendizagem (e que por consequência se esperaria que pautassem a sua actividade docente), verificou-se que ao ordená-las por ordem decrescente de importância, as primeiras a surgirem foram: as actividades de discussão, seguidas pelo trabalho de campo e pelo trabalho de laboratório. No entanto, a realidade, quando estes professores tiveram oportunidade de as implementar no espaço da sala de aula, revelou-se bem diferente. Justificando com base em vários argumentos a razão das suas escolhas para as estratégias implementadas, a verdade é que as expectativas que tinham anteriormente, não correspondem às estratégias que colocaram em prática nas escolas. De acordo com os dados recolhidos, as estratégias que estes professores mais utilizaram foram: as fichas de trabalho, as actividades de discussão e a exposição de matéria, curiosamente as que foram consideradas de menor importância (excepção feita às actividades de discussão). A minoria dos professores neófitos que implementaram, com as suas turmas, o trabalho de campo, utilizou esta estratégia visto estarem convictos que esta actividade permitia aos alunos uma melhor articulação entre a teoria e a prática (Moreira, 2006).

O trabalho de campo, constitui, na minha opinião uma das estratégias mais eficazes no que toca ao desenvolvimento de competências nos alunos. Não só torna o estudo da geologia mais atractivo, percebendo-se o trabalho realizado pelos geólogos, como também facilita a compreensão dos conteúdos científicos, especialmente os que devido à sua natureza abstracta, se tornam difíceis de transpor para a sala de aula¹⁰ e o desenvolvimento de sócio-afectivas nos alunos. O facto desta estratégia conseguir desenvolver estas competências cognitivas e sócio-afectivas permite que o aluno se desenvolva de uma forma integral, tornando-se capaz de observar e compreender o mundo que o rodeia (Esteves *et al*, 2006). Devem então, de acordo com o estipulado pelo DES¹¹, *não ser vistas como actividades isoladas e complementares, mas antes*

¹⁰ Como por exemplo a formação de dobras e falhas; a extensão diversificada que estes fenómenos podem ter *in situ*; a metamorfização das rochas; a dimensão das zonas afectadas pelos fenómenos de metamorfismo, entre outros.

¹¹ Departamento do Ensino Secundário.

como acontecimentos contextualizados e perfeitamente integrados nos currículos, dando continuidade ao que se faz na sala de aula e no laboratório (DES, 2003).

De forma a cumprir estas orientações, cabe aos professores, quando realizam este tipo de actividade, uma planificação atempada e preparação cuidadosa do trabalho de campo, articulada com os conteúdos leccionados na sala de aula e que envolva o aluno em todas as suas fases, para que as suas competências sejam de facto desenvolvidas.

Neste caso particular a saída de campo irá demonstrar a importância desta estratégia para reforço dos conteúdos temáticos considerados no currículo escolar do 7º ano de escolaridade, permitindo que se diminua o carácter abstracto dos conceitos transmitidos pelo professor, atestando que *os conhecimentos adquiridos pelo aluno servem para interpretar o que a natureza nos oferece* (Enriquez *et al*, 2006). Ao realizar-se esta actividade, integrando-a nas que se vão desenvolver em torno desta temática, pretende-se que os alunos desenvolvam a sua sensibilidade face às paisagens geológicas, a sua capacidade de observação, análise, avaliação, bem como o uso dos conceitos que lhes são transmitidos no contexto curricular (Enriquez *et al*, 2006).

É nosso objectivo que a aprendizagem significativa não se faça apenas através de saídas de campo, deverá ser reforçada pela visita a uma exposição onde o aluno possa interagir com modelos que simularão, num espaço de tempo muito curto, os vários fenómenos geológicos que moldaram a Serra do Marão, para que desta feita não restem dúvidas quanto às explicações prévias que são dadas ao longo de uma possível saída de campo e na explanação dos conteúdos curriculares. Podendo participar nos vários processos geológicos ao longo da exposição, o aluno consegue ter uma percepção mais aprofundada da forma como um dado fenómeno se desenrola e das suas consequências nas paisagens que nos rodeiam. Consegue constatar e justificar, por ele próprio os vários acontecimentos geológicos que escreveram a história da Serra do Marão, prevendo as consequências quando acontecem fenómenos semelhantes noutros locais do globo. Através do conhecimento da história geológica de um local muito próximo e que lhes é familiar, conseguirá inferir e até explicar a formação de paisagens que apresentem características similares, aplicando assim o que aprendeu e reforçou com as várias estratégias utilizadas.

O facto do aluno poder ocupar, por momentos, o papel de um agente modificador da paisagem, motiva um interesse crescente na sua aprendizagem, obriga-o a estar

concentrado no que acontece pelas suas mãos, forçando-o a tirar conclusões que lhe surgem de uma forma muito mais fluente do que se estivesse no papel de um simples observador.

Ao longo das saídas de campo os alunos podem motivados a realizarem um conjunto de tarefas que lhes permitirá interpretar as paisagens geológicas, realçando os aspectos litológicos, estratigráficos e estruturais, associando-os aos conteúdos apreendidos na sala de aula ou na exposição visitada onde puderam intervir na formação destas mesmas paisagens. Realça-se que o aluno, nestas actividades, deve ter o papel principal, ou seja estar integrado e ser ele a realizar todas as tarefas para que haja um efectivo desenvolvimento das capacidades que este género de actividade possibilita. O professor deve remeter-se a um papel de orientador das actividades, relegando para segundo plano qualquer intervenção que monopolize a atenção dos alunos e os remeta para uma condição de ouvintes que escutam uma palestra sobre fenómenos geológicos. Se agirmos desta forma, a saída do contexto da sala de aula pouco efeito terá a não ser o de uma visita de estudo igual a tantas outras às quais os alunos aderem apenas para sair dos recintos escolares.

Para que os conteúdos leccionados nas aulas se transformem, de facto, em aprendizagens significativas, a geologia não se pode limitar ao espaço da sala de aula, deverá ser complementado pelo trabalho de campo, mas também pela construção de materiais manipuláveis pelos alunos. A planificação desta exposição surge neste âmbito, ou seja, dar a oportunidade aos alunos de poderem diminuir, pelas suas próprias mãos, o carácter abstracto dos conteúdos geológicos. Esta abstracção constitui o obstáculo mais difícil de ultrapassar quando leccionamos conteúdos como, por exemplo, a noção de tempo geológico ou a tectónica de placas. Fenómenos e espaços temporais com esta dimensão têm sempre uma abordagem problemática, uma vez que se tratam de noções que ultrapassam a nossa própria noção de tempo e espaço.

CAPÍTULO III – OS MUSEUS

3.1. – A história dos museus

3.2. – Os museus em Portugal

3.3. – Os museus do século XXI

3.4. – A aprendizagem nos museus

3.4.1. – O museu como espaço de educação

***3.4.2. – A epistemologia do conhecimento
versus a organização dos museus e centros
de ciência***

***3.4.3. – O papel dos professores nestes
espaços educativos***

3.5. – A relação entre os museus e as escolas

***3.5.1. – O caso da exposição didáctica da
Serra do Marão***

***“A educação é o que sobrevive quando o que foi
aprendido foi esquecido.”***

Skinner

3.1. – A história dos museus

Quando procuramos definir museu verificaremos que em conjunto com a compreensão do conceito teremos que conhecer a história destas instituições e indissociavelmente a história das sucessivas sociedades que apoiaram com maior ou menor fervor a sua implementação. A história dos museus confunde-se com a história universal, os acontecimentos que inflectiram o percurso da humanidade, modificaram o género de museus que emergiam. A forma de expor, os conteúdos, a preocupação ou a indiferença com que os museus encaravam o seu público, a relação pedagógica com as escolas e com as comunidades retratam as ideologias das épocas que marcaram a nossa própria História. À medida que as políticas sociais e educativas foram obedecendo a determinadas correntes filosóficas, psicológicas e intelectuais, surgiam, ciclicamente, novas atitudes prioritárias na actuação com o público-alvo, passando este de imprescindível a transparente e, novamente, a notório.

Desde muito cedo que os museus são criados com o intuito de serem veículos de formação começando já na Grécia antiga por serem locais privilegiados para o exercício da poesia, música e outros estudos (Esteves, 2004). Na Idade Média, caracterizada por uma sociedade em que a cultura estava centrada no Clero, que era responsável pela sua disseminação e conservação, os museus tornam-se armazéns de tesouros religiosos e de famílias reais que deviam ser preservados com o objectivo de serem testemunho de um *status* social apreciável. Os museus tornam-se centros de apreciação de objectos apenas acessíveis a visitantes cultos, o que de forma nenhuma traduzia uma acessibilidade às camadas menos literadas. As exposições seriam *feiras de vaidades* destinadas a serem vistas pela nobreza para demonstração do poderio, da riqueza da Igreja e de alguns nobres em busca de reconhecimento social (Cazelli et al, 2004 in por Ribeiro, 2005). Nesta época os museus, sob a máscara de proporcionar conhecimento, começam a servir propósitos sociais com os quais farão uma parceria da qual dependerá a sua evolução conceptual até à actualidade.

Nos séculos XVI a XVIII os museus continuam a acumular objectos e os gabinetes de curiosidades engrossam as suas colecções com materiais das mais diversas proveniências. Desde conchas, até instrumentos científicos ligados à electricidade, à física, moedas, objectos de arte (pinturas, esculturas, entre outros), tudo é acumulado

agora com o intuito de serem vistos por toda a população e não apenas por uma elite socialmente mais favorecida contribuindo para a sociabilização da população de uma forma geral. As colecções de objectos serviam, igualmente propósitos académicos fomentando a investigação e o crescimento científico (Ribeiro, 2005). Tal como na Idade Média serviram para uma demonstração de poder das classes sociais que se impunham na época, também nos séculos caracterizados pela expansão e pelo colonialismo assistimos à divulgação, através destas instituições, do poder das nações que participavam em expedições de exploração marítima e na descoberta de novas terras. Os museus passam a ser mais um meio de divulgação destas novas descobertas. Através deles e com a sua abertura generalista à população, são um meio de informação e de cultura fazendo chegar a todas as classes sociais novos temas de interesse. São responsáveis pelo crescente interesse na Ciência ao surgirem, em todo o mundo, os Museus de História Natural impulsionados pelas novas teorias darwinistas e pela tecnologia criando-se os primeiros espaços destinados à divulgação de instrumentos científicos.

No séc. XVIII caracterizado por revoluções intelectuais, como a Revolução Francesa, assiste-se à proliferação de uma nova tipologia de museus que têm como meta principal a educação técnica das classes mais desfavorecidas. Em França, mais concretamente em Paris, surge o *Conservatoire des Arts et Métiers*, e 1791 que influenciado pelas novas correntes intelectuais resultantes da Revolução Francesa aposta no treino de classes operárias a partir dos instrumentos que compunham as colecções dos museus e ao mesmo tempo na divulgação das tecnologias inovadoras para a época.

No séc. XIX os museus continuam e intensificam esta nova vertente educacional voltada, principalmente, para a educação de adultos (Faria, 2000). Os museus passam a englobar bibliotecas, jardins zoológicos e botânicos, bem como, todas as instituições que poderiam *in Faria, 2000*). Esta forma de educação era feita não só mediante o uso de instrumentos técnicos como também através da ministração de palestras, manipulação de alguns modelos interactivos, entre outras iniciativas centralizadas num objectivo comum. Com a investigação mais focalizada na educação, na segunda metade do século XIX, a forma de actuação dos museus transformou-se radicalmente. A criança e o modo como se processa a aprendizagem nas idades mais jovens instiga os museus a

centrarem as suas atenções num público até então esquecido. A concepção deste mecanismo de aquisição de conhecimentos que considerava as operações cognitivas que as crianças eram capazes de realizar e que eram responsáveis pela sua aprendizagem, começa a ser o tema preferencial tido em conta pelos museus na idealização e construção das suas exposições e na formação dos seus especialistas.

Com o séc. XX e o início dos conflitos mundiais, os museus mudam as suas prioridades passando a ser importantes focos de informação e de formação cívica de preparação das comunidades para enfrentarem situações vivenciadas em tempo de guerra. Neste século a abertura dos museus à população potenciava o autodidactismo, buscando um equilíbrio social ao instruir *os grupos de desempregados e indigentes* (Faria, 2000). As características humanitárias dos museus, fomentadas pelos grupos mais favorecidos que permitiam a educação dos desfavorecidos, careciam de um acompanhamento eficaz que permitisse que estas iniciativas resultassem no tão esperado equilíbrio social.

A centralização dos museus nas crianças, preconizada na segunda metade do séc. XIX, viria a sofrer um revés no século XX e os especialistas em educação passam a ocupar um lugar muito menos promissor do que o de conservador. Volta-se a dar importância à investigação científica e as exposições surgem como uma montra que mostra aos visitantes a evolução científica dos conservadores dos museus. O papel do museu como centro privilegiado de educação deixa de existir e o carácter científico, a produção de publicações e exposições para divulgação dos avanços científicos dos museus volta a caracterizar estes espaços. O museu centra-se, novamente, em objectivos puramente académicos. O papel desempenhado pelos profissionais que se ocupavam do ensino das crianças – os educadores – fica relegado para um plano inferior uma vez que, segundo a comunidade científica da altura, o facto de se simplificarem conceitos científicos para que fossem percebidos pelas crianças desvirtuaria a importância e vulgarizaria os conceitos.

O que se esquecia era que os avanços científicos nas ciências da educação também acompanhavam as disciplinas académicas mais tradicionalistas, começando a abrir um caminho muito importante que viria a tornar-se a preocupação central dos museus actuais. A quebra da ligação entre a escola e o museu viria a ser reatada, complementando-se o que se faz nas escolas com o que se explora nos museus.

Os primeiros passos para esta convivência mais estreita começam a dar-se no Reino Unido e nos E.U.A.. Segundo Faria (2000) o alargamento da escolaridade obrigatória no Reino Unido leva a que se entendam os museus como espaços que complementavam o que era leccionado nas escolas. Para que não se diferenciasses as oportunidades de aprendizagem relacionada com o maior ou menor distanciamento dos estabelecimentos de ensino aos museus e para que a aprendizagem fosse mais eficaz desenvolvem-se, nestes dois países, projectos de itinerância dos seus museus, serviços educativos e empréstimo de colecções. A aproximação dos museus ao público mais jovem desvaneceu a passividade com que se encarava a tarefa de ensinar e de aprender, promoveu a interdisciplinaridade e a sociabilização da escola ao contar com as experiências de outras fontes de informação e indivíduos que não pertenciam ao círculo escolar.

Os museus quando compreendidos como parte importante no processo de ensino/aprendizagem começam a explorar a sua vertente pedagógica. De maneira a tornarem-se mais eficazes no cumprimento de uma tarefa que estava reservada às escolas, surgem investigações que avaliam o impacto da organização das exposições no processo de aquisição de conhecimentos dos visitantes. O modo como era feita a comunicação e como se privilegiava uns objectos em detrimento de outros ou mesmo as cores utilizadas nos expositores e o seu impacto sobre os visitantes tornam-se prioritários para os conservadores. Os primeiros estudos centraram-se em quem visitava os museus, como adquiriam novos conhecimentos, de que forma viviam a exposição e como esta corresponderia às suas expectativas (Shettel, H. 1973; Alt, M. 1977; Bitgood, P. 1986 *in* Faria, 2000). Os objectivos educacionais são a meta a cumprir para esta nova geração de museus, centrados em novas metodologias educacionais e psicológicas.

As características da sociedade actual representam uma linha de orientação para o desenvolvimento de novos métodos museológicos. O facto da nossa sociedade absorver a informação de uma forma quase instantânea, através dos *massmédia*, leva os museus a reformularem a forma como expõem ou organizam as suas exposições, privilegia-se a interactividade de maneira a que esta resulte numa aprendizagem mais atractiva e eficaz. O confronto entre os museus e os *massmédia* levam muitos deles a modernizarem-se apostando num aspecto visualmente mais atractivo e que consiga fornecer informação enquanto os visitantes deambulam pelas exposições. Esta

preocupação de atrair visitantes e de lhes oferecer um manancial de possibilidades leva a que, actualmente, nos museus e centros de ciência consigamos ver mais do que exposições temáticas interagindo com módulos relativos a diferentes temáticas. Podemos também encontrar alguns destes espaços bibliotecas, videotecas, auditórios para conferências e cibercafés que fazem as delícias dos mais jovens e que transformam estes locais em espaços nos quais a vertente lúdica anda de braço dado com a vertente educacional. A modernização dos museus e a sua actualização face às preferências desta nova sociedade mais dependente da ciência e tecnologia é imprescindível para que estes espaços não caíam no esquecimento e sobretudo que se tornem, economicamente, rentáveis. O visitante torna-se um *cliente* que é preciso satisfazer indo de encontro às suas próprias expectativas.

Esta visão economicista, embora inquietante, para quem apenas encara os museus como fontes de conhecimento e cultura e esquece que são espaços que carecem de mil cuidados de manutenção física, que necessitam de uma boa equipa profissional de educadores, investigadores e auxiliares, pode não se coadunar com a imagem idílica de um espaço sempre pronto para receber. No entanto, também foi esta visão que desencadeia nos museus a necessidade de se adaptarem aos vários públicos que os procuram. Foi este *marketing* que impeliu a inversão de prioridades e que considerou a vertente educativa como uma das mais rentáveis na exploração destes espaços. O museu torna-se, de novo tal como início do séc. XIX, um aliado do sistema educativo servindo como um espaço privilegiado de educação, capaz de oferecer outras iniciativas que a escola devido a algumas limitações, não consegue ofertar aos seus alunos.

Os museus de Ciência e Tecnologia desempenham um forte papel social ao reflectirem o carácter progressista de uma cidade ou de um país. Ao mostrar aos seus visitantes o que de mais recente a Ciência e a Tecnologia conseguia produzir deixou, progressivamente, de ter carácter demonstrativo quando apenas constituíam os gabinetes de curiosidades para durante o séc. XVI até ao XIX se expandirem com as continuadas pesquisas científicas. No entanto, estes museus sempre se destacaram dos museus de outras áreas, uma vez que a sua preocupação passou sempre pela prática pedagógica, ou seja, mostrar não só os avanços da ciência e da tecnologia mas também dar oportunidade aos visitantes de mexerem e de aprenderem. Desde o treino técnico proporcionado a adultos, acrescentando à indústria o conhecimento científico, técnico e

artístico, tal como se fazia no Franklin Institute em 1824 (EUA) ou o Science Museum em Londres, e que consistia já num avanço na concepção do espaço museológico, integrando a 2ª geração de museus (Ribeiro, 2005). A aposta na educação e na sociabilização com estes novos museus torna-se evidente começando-se a perceber o potencial educativo que, actualmente, lhes é indissociável. A interactividade começa também a ser uma das características destes museus que ao longo do tempo se vai tornando fundamental e que se procura mais eficaz e aliciante funcionando como um chamariz para um público mais jovem e interactivo com tudo o que o rodeia. Seguindo uma metodologia que apostava numa forma diferenciada de comunicação aparece o Deutsch Museum, em Munique no ano de 1903. O *push-botton* foi uma das primeiras iniciativas para promover a interacção entre o público e o museu. O rodar de manivelas ou o apertar de botões quebrava, definitivamente, com o carácter estático das exposições conhecidas até então e marcavam o início da interactividade com o público dos museus.

No século XX, a democratização dos museus, promove a ampliação destas instituições nas mais variadas áreas e originando os diversos tipos de museus de Ciência da actualidade onde a interactividade é marcada pelo *hans-on* e *minds-on*. A educação tornou-se de tal forma importante que, actualmente, os museus promovem eles próprios investigações no campo da educação não formal (Marandino, 2005). Foi, principalmente com Frank Oppenheimer, um físico atómico apaixonado pela transmissão interactiva de conhecimentos que as exposições *hands-on* ganham a sua verdadeira dimensão. Ao criar o *Exploratorium*, em S. Francisco, este cientista foi um dos pioneiros da mudança radical que os museus de ciência viriam a experimentar por todo o mundo, criando uma instituição que ainda hoje se destaca pela diferença e inovação, que não vê o museu como o ponto de chegada de todo o conhecimento, mas também como o ponto de partida de profissionais treinados para, nas suas escolas e em conjunto com os seus alunos, experimentarem esta interactividade e utilizando-a como um recurso didáctico a abusar. O *Exploratorium* em conjunto com o *Palais de La Découverte* e o *Lawrence Hall of Science* (Universidade de Berkeley) marcam o início de uma terceira geração de museus que dispensam os objectos como um objectivo mas que os utilizam como um meio de obtenção de conhecimento e competências. A quarta geração de museus de Ciência aposta numa interacção ainda mais dependente do visitante. Segundo Padilha, (*in* Ribeiro, 2005), estes museus albergam exposições de

final-aberto em que ao visitante são-lhes proporcionadas experiências definidas por ele próprio através de várias opções.

3.2. – Os museus em Portugal

Os museus em Portugal acompanharam, de grosso modo, as tendências mundiais, por vezes com espaços temporais diferentes e fortemente marcados pela política e pelo colonialismo que no século passado caracterizou o nosso país. As diferentes organizações políticas do nosso país (Monarquia, Primeira República, Estado Novo e a Democracia) marcaram, profundamente, a estrutura dos museus que se implementaram em Portugal, a constituição das exposições, a relação entre estas instituições e o seu público e a sua comunicação.

A monarquia, fortemente condicionada pelo clero, revelou-se na organização de museus, que tal como no resto do mundo, implicou a mostra de colecções de arte sacra ou de espólios de famílias mais abastadas, em resultado da expansão marítima organizou mostras de animais e plantas oriundas das colónias e que fascinavam todos quantos tinham acesso a estes espaços. De espaços mais reservados, os museus, passaram a ser espaços públicos mais interessantes e contributivos para uma cultura orientada que caracterizou a filosofia museológica portuguesa. Uma vez mais instituída para a defesa da imagem internacional do país, outras vezes para a educação interna de um povo e para a perpetuação das suas tradições e origens, a museologia tem evoluído no sentido de se desprender do estado e se tornar mais independente na escolha dos seus temas, formas de abordagem e interacção com o público. Esta revolução ideológica é consequência de outra revolta, o 25 de Abril.

Segundo Faria (2000) com o 25 de Abril os museus aliam-se às modificações ideológicas da altura contribuindo para uma nova concepção da democratização da cidadania e participação, bem como da descentralização e afirmação da diferença, quebrando definitivamente o forte elo governamental que lhe fora incutido pelo Estado Novo. As sucessivas reformas educativas, sociais e culturais colocam os museus noutra patamar, do papel de coleccionador de objectos cujo objectivo passa apenas por expor memórias, transformam-se em locais de aprendizagem com uma importância acrescida na valorização de todo o património (geológico, histórico, arquitectónico, religioso, entre outros) para que o público, ao qual se destina receba uma cultura multidisciplinar e interdisciplinar.

Durante o século XX os museus portugueses sofreram uma importante influência política e ideológica (Lira, 2000) que, seguindo o que se fazia no resto da Europa, assume um carácter particular dadas as condicionantes políticas nacional deste século. A mais importante e duradoura manipulação destes espaços prende-se com a implementação do Estado Novo que, ficará marcado no panorama museológico português por imponentes exposições temporárias de conteúdos com interesses estatais para uma educação ideológica de massas da população portuguesa.

O início do século XX, no nosso país, marcou também uma importante mudança política. O fim da monarquia e a implementação da Primeira República a 5 de Outubro de 1910 modificam a legislação vigente para estes espaços culturais a fim de *enquadrar o esforço desenvolvido no sentido de uma nova e mais eficiente preservação do património* (Lira, 2000). Na prática estas iniciativas, que acabaram por não passar de meras intenções, supunham que se protegesse o património nacional, impossibilitando-o de ir para o estrangeiro, modernizando-se os espaços museológicos e implementando-se a fundação de museus regionais.

A utilização dos museus como meio de propaganda política e ideológica viria a ser flagrante nos cinquenta anos seguintes. Com a queda da Primeira República, em Maio de 1926, a Ditadura Militar, que serviu de porta de entrada para o Estado Novo, transforma os museus em mais uma forma de fazer chegar à população os ideais nacionalistas que caracterizaram o longo período político que se avizinhava no nosso país. A aprovação da Constituição em 1933, com o Estado Novo, continuou e reforçou este procedimento valorizando a cultura popular ao utilizarem-se símbolos nacionais e objectos desta cultura, em especial nas décadas de 30 e 40 (Lira, 2000).

O Estado Novo serve-se dos museus e da realização de exposições temporárias para projectar uma imagem de Portugal como um país que respeita a sua cultura e os seus antepassados, demonstrando que se trata de uma potência colonial integrando todas as várias colónias da época com os seus usos e costumes, fauna, flora e indígenas. Estas exposições com fins puramente propagandísticos podem reunir-se à volta de três temas principais (Lira, 1999; Lira, 2000):

- **Império Colonial e Descobrimientos Marítimos** – em que são lembradas as grandes viagens ultramarinas dos grandes descobridores portugueses, bem como os governantes da época, recriando-se os ambientes de além-mar com

todas as suas características, demonstrando Portugal com todo o seu poderio colonial, rico, coeso e com um passado histórico invejável;

- **Cultura e Artes** – no qual se aborda a cultura popular portuguesa reunindo, em exposições animadas por homens e mulheres com trajes típicos e cenários de todas as regiões do país e das ilhas, mostrando as nossas tradições e as nossas artes (cerâmica, instrumentos musicais, alfaias agrícolas, entre outros), para atestar da coesão nacional que se pretendia e que se tornaria, obrigatoriamente um dos símbolos nacionais; algumas destas exposições, levadas também para o estrangeiro (Londres, por exemplo), tinham como objectivo fulcral mostrar a arte produzida no nosso país (literatura, pintura, arquitectura, escultura, ourivesaria, faianças, mobiliário, pratarias, tapeçarias, entre outros) provando que Portugal tinha um governo que se preocupava em apoiar as suas diversas vertentes culturais e que detinha um espólio artístico capaz de competir com qualquer potência europeia;

- **Obra do Estado Novo** – mostras destinadas a apagar a fraca política externa anterior à década de 30, demonstrando que Portugal era um país renovado graças às iniciativas económicas e financeiras preconizadas pelo Estado Novo. Estas exposições eram usadas para granjear apoios internos ao propagandar a estabilidade económico-financeira alcançada pelo país, bem como as mudanças ao nível da construção de novas infra-estruturas ou aquisição de novos materiais que, no caso dos museus passava por novos objectos ou colecções que integraram as suas exposições após 1926, para a modernização do país, aceitando por isso que, politicamente, tudo estava bem e que não eram necessárias mudanças. *O regime louva-se a ele próprio, aplaude-se e espera que o país aplauda também* (Lira, 1999).

Ao longo destes anos de ditadura todas as exposições nos museus e informações que eram passadas para o exterior tinham o cunho do regime. Os conservadores e directores de museus não tinham autonomia para a escolha dos temas que deveriam explorar nos seus espaços, nem sobre a forma como o haveriam de fazer. Era preciso insistir na seguinte mensagem: *Portugal era um país que respeitava o património, que protegia os espólios museológicos, que pugnava pelo respeito aos antepassados ilustres e ao que da sua cultura material havia chegado ao presente* (Lira, 1999). As directrizes

deveriam ser obedecidas e sempre centradas na ideologia da União Nacional e na salvaguarda da imagem de um país unido, culto e grande, apenas interrompidas pela 2ª Guerra Mundial mas logo retomadas para agonizarem no 25 de Abril de 1974.

Com a chegada da democracia, a politização dos museus torna-se menos evidente, mas não se torna ausente! Estes espaços são agora utilizados para rebater tudo o que o Antigo Regime havia defendido. A democratização da população passa por eles ao receberem explicitamente, ou não, a missão de *libertar* a população das antigas ideologias e de promover novos valores políticos e sociais democráticos, centrados na liberdade de expressão e igualdade de direitos. Os museus passam a existir e a centrar as suas actividades para a população e não para o Estado, servindo as directrizes que por todo o mundo se estabeleciam com a Declaração de Santiago¹², em 1972, integrando-se na sociedade e participando na formação de uma consciência comunitária tornando-a crítica e interventiva (Moutinho, 1993; Moutinho, 1996). Os museus tornam-se mais abertos e menos ligados à exposição exaustiva e taxonómica das suas preciosidades, transformando-se, também em Portugal, num espaço de lazer, que procura acompanhar as necessidades sociais e culturais da sua comunidade, modificando a sua forma de comunicar.

Em Portugal assiste-se, após o 25 de Abril, a um crescimento exponencial dos museus locais. A partir desta data foram criados centenas destes museus um pouco por todo o país devido ao empenho de particulares, associações culturais ou autarquias. Embora seja considerada uma museologia *pobre, sem recursos financeiros e saberes sofisticados,...*, *marcados por ideologias e paradigmas desfasados* (Moutinho, 1996) tem um importante contributo na expressão da cultura e na preservação do património local, aproximando a comunidade de um espaço cultural que, nalguns casos, é o único contacto com iniciativas culturais diferenciadas. A verdade é que a abertura destes

¹² A Declaração de Santiago é um documento saído da Mesa Redonda de Santiago do Chile, em 1972, elaborada no seio do ICOM (Conselho Internacional de Museologia) e resultante de uma reflexão conjunta de profissionais da área da museologia com a finalidade de procurarem a melhor e a mais actual forma de actuação para dotarem os museus de interdisciplinaridade reconhecida como um dos factores a desenvolver nestes espaços educativos. Estes profissionais reúnem-se periodicamente e curiosamente, todos os seus encontros ocorreram no continente Americano com forte participação dos profissionais da América Latina que procuram, através da cultura, dar resposta a muitos dos seus problemas económicos, sociais e ideológicos (Primo, 1999).

museus marca também, mais uma vez, uma posição política. Na maioria dos casos, como afirma Faria (2000), este crescimento descontrolado dos museus locais, que dependem das autarquias, são o reflexo da utilização que os autarcas fazem da *cultura* como forma de promoção das suas próprias carreiras. Matos (2000, *in* Faria, 2000) afirma mesmo que *os executivos municipais geram museus com exposições sistemáticas utilizadas para a promoção de carreiras políticas, como salas de visitas para convidados oficiais, como fornecedores de status para o concelho, ou simplesmente, como armazém de velharias*. No entanto estes espaços também promovem a região na qual se inserem colocando-a nos roteiros turísticos de interesse, trazendo para o concelho mais valias económicas muitas vezes fundamentais, estabelecendo parcerias com os estabelecimentos de ensino locais e promovendo outras iniciativas culturais (teatros, recitais, entre outros). Quer estes espaços estejam directa ou indirectamente sob a tutela do estado, a verdade é que lutam, constantemente, contra a falta de recursos financeiros, tendo muitas vezes que se reinventar para continuarem a prestar um bom apoio social e cultural às populações.

Em Maio de 2006 foi publicado um documento, no âmbito do projecto de Base de Dados *Museus* e que envolve o IPM¹³, o INE¹⁴ e o OAC¹⁵, que nos dá uma visão mais fidedigna da evolução de todos os tipos de museus existentes em Portugal no intervalo compreendido entre o ano 2000 e 2006. Através da análise estatística¹⁶ dos dados recolhidos pela equipa responsável é possível traçar-se, rapidamente o panorama da museologia em Portugal no que toca à evolução da quantidade e à tutela.

Quanto ao crescimento dos museus portugueses neste intervalo de tempo, na tabela nº 1 verificaremos que estas instituições, a funcionar, têm crescido em Portugal cerca de 40%. Os museus com abertura esporádica foram os que mais cresceram no

¹³ IPM – Instituto Português de Museus.

¹⁴ Instituto Nacional de Estatística.

¹⁵ Observatório das Actividades Culturais.

¹⁶ O universo considerado para este estudo engloba todas as entidades (existentes ou projectadas) auto designadas museus que preenchem os seguintes critérios mínimos: (1) ter pelo menos uma sala de exposição; (2) estar aberto ao público permanente ou sazonalmente; (3) ter pelo menos um conservador ou técnico superior (incluindo pessoal dirigente); (4) ter orçamento segundo uma óptica mínima de conhecimento do total da despesa; (5) ter inventário (óptica mínima: inventário sumário) (Neves e Santos, 2006).

período de tempo considerado, mas a maioria dos museus do território nacional tem abertura permanente ou sazonal. As intenções de criação de museus dão-nos já uma perspectiva do crescimento que estas instituições irão ter, proximamente, verificando-se que o propósito de criar um novo museu, relativamente a 2000, apresenta um crescimento na ordem dos 153% (Neves e Santos, 2006).

Situação	Ano						Taxa variação 2000/2005
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
A funcionar	728	875	941	954	977	1.018	39,8
<i>Aberto ao público</i>	650	800	866	874	898	920	41,5
Permanente ou sazonal	513	625	642	599	617	622	21,2
Esporádica	137	175	224	275	281	298	117,5
<i>Encerrado ao público</i>	78	75	75	80	79	98	25,6
Temporariamente encerrado (até 6 meses)	24	26	24	21	20	24	0,0
Projecto	129	273	307	317	312	326	152,7
Intenção	54	56	95	96	94	93	72,2
Fechado	6	10	22	30	33	39	550,0
Universo a inquirir pelo INE	533	626	631	588	603	618	15,9
Percentagem do Universo INE nos registos A funcionar	73,2	71,5	67,1	61,6	61,7	60,7	-17,1

Fonte: OAC/BDmuseus.

Tabela 1 - Registos da base de dados Museus por situação e por ano (adaptado de Neves e Santos, 2006).

Se analisarmos os dados recolhidos relacionando estas entidades com a sua tutela correspondente observaremos que a Administração Local têm um grande interesse na criação de museus verificando-se que detêm a maior subida no período de tempo considerado (tabela nº 2).

Tutela	Ano						Taxa variação 2000/2005
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Administração Central	19,3	17,4	17,4	17,5	17,1	16,7	0,0
Administração Regional	3,9	3,5	3,6	4,1	4,0	3,9	12,5
Administração Local	39,0	39,1	39,6	40,1	41,5	40,9	17,8
Privados	37,7	39,9	39,3	38,3	37,5	38,5	15,5
<i>Número de casos</i>	533	626	631	588	603	618	13,8

Fonte: OAC/BDmuseus.

Tabela 2 - Registos da base de dados Museus por tutela e por ano (percentagem em coluna) (adaptado de Neves e Santos, 2006)

Com o crescimento dos museus locais aumenta, igualmente, a responsabilidade que têm na capacidade de funcionar, no desenvolvimento pessoal que promovem, e em

se constituírem como um instrumento importante e fundamental de difusão cultural e patrimonial, capaz de gerar impacto local (Primo, 2000).

Quanto aos museus e Centros de Ciência a sua aceitação e proliferação foi mais tardia em Portugal, relativamente ao estrangeiro. Já desde a década de 50 que a urgência de se motivar a população para aprender Ciência constituía uma preocupação. Snow apelava, nesta altura, para a necessidade da cultura científica assumir a importância da cultura humanista. No entanto, só em meados dos anos 80 é que esta preocupação chegaria à dimensão política e vários países acordaram para o significado da iliteracia científica. Em Portugal esta preocupação é muito recente, data de meados da década de 90, pelo que existe ainda um longo caminho a percorrer por todos nós (políticos, professores, pais, ...) para aproveitarmos todos os benefícios da utilização de espaços de ensino não formal na construção da nossa cultura científica. A política que, mediante as suas conveniências, transformava e destacava o papel dos museus, no passado, também é o que atrasa o desenvolvimento científico e a sua divulgação em Portugal. Só com a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia começa uma intervenção palpável na aposta de tornar a Ciência acessível a todos, materializada pelo programa Ciência Viva (Costa, 2002) que oferece várias iniciativas (programas de Ciências nas férias para alunos do ensino secundário, projectos destinados a vários tipos de público, concursos, apoios a iniciativas culturais, debates, programas de Ciência Viva no Verão, fóruns, Centros de Ciência Viva, entre outros) que podem ser aproveitadas para saber mais e melhor ciência.

O nascimento dos Centros de Ciência, em Portugal, marcam uma aposta definitiva na divulgação da Ciência que se faz actualmente e na educação científica da nossa população e desde 1997 que estes centros têm proliferado no território nacional procurando chegar a todo o lado com as suas exposições dinâmicas, didácticas e interactivas. O primeiro Centro de Ciência (resultante do Programa Ciência Viva) a existir no nosso país foi o do Algarve (na cidade de Faro), em 1997, cujo tema central é o sol e a sua influência sobre a Terra e os seres vivos; seguido pelo de Coimbra que se dedica para além da divulgação científica através de módulos interactivos, à formação para professores, apoio a alunos com necessidades educativas especiais, pesquisa sobre a aprendizagem em centros de ciência, construção de *kits* e brinquedos científicos, entre outras actividades; e pelo planetário do Porto do Centro de Astrofísica, em 1998, (o de

Coimbra já existia, anteriormente, como Exploratório Infante D. Henrique, mas só nesta data passou a integrar a rede de Centros de Ciência Viva); em 1999 junta-se o Pavilhão do Conhecimento que funcionando como um centro dinamizador de toda a rede de centros, mas não deixa, também, de apostar nas suas mostras que integram exposições interactivas de Ciência e Tecnologia provenientes de vários centros de ciência do mundo e o Visionarium que passa a ser um membro associado da Rede de Centros Ciência Viva e que resulta do esforço feito pela AEP¹⁷ no sentido de ser também um parceiro na promoção da cultura científica em Portugal; em 2001 surge o CCV¹⁸ de Vila do Conde, que funciona na antiga Cadeia Civil de Vila do Conde, tem como tema aglutinador *A Água* e dispõe de um mini laboratório, de uma mediateca, auditório, aquário, sala de monitorização ambiental e de um espaço gratuito de acesso à Internet; em Setembro de 2003 surge o CCV da Amadora; em 19 de Março de 2004 o CCV de Constância que se dedica, principalmente, à divulgação da Astronomia e o de Aveiro, fundado em parceria com a Universidade de Aveiro possibilitando uma interacção estreita com escolas de diferentes níveis de ensino; a 4 de Setembro de 2004 abre ao público também outro CCV, em Porto Moniz (Região Autónoma da Madeira) que estende até às Regiões Autónomas a possibilidade de todos aprenderem ciência de uma forma interactiva; o CCV de Estremoz foi aberto ao público em 27 de Maio de 2005, resulta de uma iniciativa conjunta entre a Câmara Municipal de Estremoz, o Ministério da Ciência e Tecnologia e a Universidade de Évora, dedicando-se ao aumento do conhecimento sobre a dinâmica do nosso planeta e à interligação entre os seus fenómenos; o CCV de Tavira tem como temas fundamentais a água e a energia desenvolvendo um sem número de actividades onde esta temática está sempre presente; o CCV de Sintra, instalado no antigo edifício da Garagem dos Eléctricos, explora como tema central o corpo humano e o mundo à sua volta; o Planetário Calouste Gulbenkian, integrado na rede de centros de Ciência Viva explora o céu nocturno proporcionando aos seus visitantes uma experiência única de simulação.

Estes centros têm como principal objectivo a promoção da cultura científica e da tecnologia integrando-as nas actividades económicas, sociais, culturais e ambientais que são comuns a todos os cidadãos, convidando-os a interagirem com as exposições e

¹⁷ Associação Empresarial de Portugal.

¹⁸ CCV – Centro Ciência Viva

procurando que as características interdisciplinares estejam sempre presentes diferenciando-se dos restantes museus, geralmente, acoplados a uma só temática. Procuram explorar temas actuais, bem como as suas aplicações e implicações utilizando uma linguagem cientificamente correcta e precisa, mas acessível a todos os visitantes, encorajando-os a serem actores principais, resolvendo problemas e pensando no que se lhes depara a fim de participarem, activamente, no seu próprio processo de obtenção de novos conhecimentos (Gil, 1989 *in* Ribeiro, 2005).

Estes espaços não são estáticos, nem as suas exposições são um produto acabado, muito pelo contrário, procuram renovar-se, constantemente, para a acompanharem a evolução da Ciência. Alguns destes centros caracterizam-se, também, pela disponibilidade de material didáctico que podem ser utilizados pelas escolas para tornar a aprendizagem da Ciência mais atractiva, outros apostam em *workshops*, seminários, transmissão de filmes científicos, edição de livros, atribuição de prémios científicos entre outros, como interacção e integração com a sociedade civil e escolar.

3.3. – Os museus do século XXI

A concepção do museu ideal para este século não é uma ideia consensual. Cada vez mais os museus são concebidos para servirem como ponto de convergência dos vários elementos da mesma sociedade, daí que cada país projecte os seus museus da forma que consideram mais satisfatória, tendo em conta as suas prioridades sociais, ambientais e educacionais. Embora a prioridade pedagógica seja uma premissa constante na motivação dos museus em inovar a sua forma de estar e divulgar ciência, a forma como o fazem varia de museu para museu, temos que ter em conta que as estratégias têm por detrás pessoas que são mais ou menos criativas e que influenciam toda a forma de repensar a ciência museológica.

No México, por exemplo, uns centros de ciência são utilizados para criar mais afinidades com certas disciplinas curriculares, motivando a aprendizagem em conteúdos menos populares entre a população estudantil. O Centro Nacional de Educação Química tenta a todo o custo minorar o impacto negativo desta disciplina e tem desencadeando uma série de acções que envolvem todos quantos estão ligados ao processo educativo (professores e alunos). Com os professores foram desenvolvidas acções que os tornassem mais conscientes das diversas estratégias didácticas que poderiam utilizar para cativar os seus alunos tendo sempre em atenção a educação para a cidadania de maneira a formarem jovens conscientes do seu impacto no planeta; com os alunos ofereceram-se-lhes actividades de divulgação abordando temas actuais que lhes permitissem conhecer o pensamento científico (Salazar, 2005). Outros privilegiam a divulgação de conhecimentos científicos resultantes da investigação académica; outros ainda, apoiam as empresas com o seu conhecimento tecnológico. A prioridade de cada Centro de Ciência apenas depende dele próprio, não existindo uma homogeneização quanto à forma de actuar de cada um. Enquanto que uns reforçam os conhecimentos curriculares do ensino formal, outros complementam-nos possibilitando o contacto com os últimos conteúdos descobertos pela investigação que farão parte dos currículos escolares no futuro; outros ainda dedicam-se às classes menos instruídas ou com pouco acesso à cultura científica como forma de os alfabetizar.

No Brasil, ainda há muito para fazer, poucos são os Museus de História Natural que acompanharam a mudança dos tempos. Desde 1980 (década marcante no

surgimento de novos museus de Ciência) que se tem vindo a apostar na renovação dos museus já existentes para que integrem as novas conclusões a que investigações educacionais paralelas têm chegado sobre a importância da utilização destes espaços como meios de educação não formal e de divulgação científica de qualidade. Com o auxílio do governo brasileiro tem-se feito um esforço para a criação de novos museus que defendam estes ideais e que ampliem estas acções de divulgação científica (Marandino, 2005).

Na Grã-Bretanha, mais especificamente o *Nacional Museum of Photography, Film and Television* (NMPFT), em Bradford; o *National Railway Museum* (NRM), em York e o *Science Museum*, em Londres, reunindo-se no NMSI¹⁹, publicaram um manifesto, no seu sítio oficial, que dá conta das intenções verdadeiramente ambiciosas para o futuro da associação destes três museus. Intitulado *In the 21st century what role should a museum play?* este documento questiona-se e responde, simultaneamente, aos grandes desafios que são postos aos museus neste século. Disposto a modificar a ideia de que as pessoas só vão ao museu três vezes na vida, (uma quando são crianças, com a escola; outra quando são pais e acompanham os seus próprios filhos e a última quando são avós e acompanham os seus netos!) apresentam uma série de modificações que já fizeram e mais algumas dezenas que tencionam fazer para cativar e chegar a cada vez mais público. A sua principal preocupação reside em saber, de antemão, quais as expectativas que os seus visitantes têm ao visitá-los e qual a melhor forma de comunicação em que os museus devem apostar, dadas as características actuais da nossa sociedade. A justificação para um projecto tão arrojado de mudança advém da velocidade com que evolui a Ciência e Tecnologia na actualidade. Para darem sentido a toda esta evolução tão célere torna-se imperativo que modifiquem as suas mensagens e principalmente as suas formas de transmissão, tornando-as mais adequadas e eficazes para aumentar a literacia científica das pessoas que os procuram. O NMSI vê como prioridade a literacia científica dos seus visitantes, considerando que as questões que outrora estavam confinadas à Academia, actualmente, se podem encontrar nas primeiras páginas dos jornais; que os avanços tecnológicos se sucedem uns aos outros, permitindo que realizemos actos impensados há duas décadas atrás; levantando questões e

¹⁹ NMSI – National Museum of Science & Industry.

problemas éticos e morais que advém desses mesmos avanços, encaram que a população deve tomar em suas próprias mãos a aquisição de conhecimentos que lhes permitem compreender o mundo galopante que os envolve. No entanto, os três museus não encaram como missão dizer às pessoas o que devem pensar mas sim torná-los aptos a desenvolver o seu próprio pensamento, de maneira a conseguir gerir, assimilar e avaliar todas as informações disponíveis. O NMSI quer provocar nas pessoas uma resposta pessoal às questões que se colocam, actualmente, à sociedade, assente numa capacidade reflexiva que pretendem desencadear através das mostras dos museus.

Para chegar a um novo público, uma das principais prioridades a curto prazo, o NMSI, sabe que deve demonstrar receptividade às opiniões e expectativas do seu público actual. Das várias acções que dirigiram ao público para diagnosticarem estas expectativas, face às características de um museu do futuro, os responsáveis foram surpreendidos pela vontade dos mais jovens em participarem nas exposições, ou seja, quando este público foi questionado sobre o que gostariam que mudasse no *Nacional Museum of Photography, Film and Television*, responderam que queriam ter equipamento disponível para poderem compreender o mundo da realização de filmes e de televisão, queriam uma oportunidade para se exprimirem. Iniciativas como esta fazem-se também no nosso país, no Museu das Telecomunicações, numa visita realizada em 2006, na Alfandega do Porto, os alunos tiveram acesso a um estúdio de televisão, de rádio, a um laboratório e a uma redacção de jornal para que fossem parte integrante na construção do conhecimento necessário para a produção dos vários meios de suporte informativos e para o desenvolvimento do trabalho num laboratório científico.

As contínuas iniciativas do NMSI destinam-se a munir os visitantes de uma caixa de ferramentas capaz de fazer com que cada um construa a sua própria opinião acerca de qualquer assunto. Uma das formas de intervir na sociedade e gerar o diálogo responsável pelo confronto de ideias, auxiliador na avaliação de determinados conceitos a fim de que se torne numa opinião própria, consiste na controvérsia que pode ser originada pelos museus. Os problemas éticos, que estão hoje na ordem do dia, também fazem parte das novas reformas do NMSI, com este objectivo realizaram uma exposição pouco comum: no bar do *Royal College of Art*, foi exposto um dispositivo utilizável para praticar eutanásia. Se a princípio a reacção foi a que provavelmente teve ao ler a

última frase, a verdade é que à medida que o choque inicial passava, as pessoas começaram a questionar-se sobre o tema e a controvérsia deu lugar a um silêncio analítico demonstrativo da incapacidade da sociedade lidar de forma directa com a morte.

A exploração do ciberespaço é outra das prioridades deste conjunto de museus, bem como tornar o edifício um ponto onde, naturalmente, converge a população mesmo para assistir, ao lado de um expositor com um par de chuteiras (das 14 feitas pela Umbro!) de Michael Owen, ao jogos do mundial de futebol em que participa a selecção inglesa. Com estas iniciativas o NMSI pretende que os ícones da sociedade britânica se tornem mais humanos aos olhos da população. O lema do NMSI é criar divertimento e ser em simultâneo inovador.

Para além da preocupação em modificar os temas e as formas de abordar a população para que se sintam cada vez mais impelidas a utilizarem o museu como um espaço de aprendizagem mas também de sociabilização, que transforma o conhecimento académico em informações que se contextualizam no nosso quotidiano, os museus sentem-se também responsáveis pela formação de profissionais que, junto dos mais jovens, consigam contribuir activamente para uma aprendizagem que acima de tudo os dote de um espírito crítico e insaciável de respostas. Para concretizarem este objectivo tão importante para os profissionais de ensino, tomamos o exemplo do *Exploratorium*, em S. Francisco. Para além das suas exposições interactivas, o *Exploratorium*, toma em suas mãos a formação complementar de professores que se inscrevem nos seus cursos de Verão. Este *Summer Institute* para professores é todo ele direccionado para uma melhoria da aprendizagem nas escolas utilizando actividades *hands-on*, de acordo com os programas de ciências e matemáticas nacionais. A equipa que dá formação neste sector pedagógico do *Exploratorium* é toda ela composta por professores com formação dada no local, que os leva a ultrapassarem várias fases e a especializarem-se em levar os seus colegas a melhorarem o seu método de ensino utilizando novos materiais e novas iniciativas pedagógicas.

Toda a metodologia de trabalho é centrada na percepção que os professores têm do sistema de ensino e do esforço que fazem para leccionarem um determinado conteúdo, partilham-se experiências vividas nas salas de aula, melhoram-se estratégias, pesquisam-se individualmente ou em grupo temas que os professores consideram ser

mais deficitários e que necessitam de explorar melhor para os transmitirem com mais segurança. Os professores, com a supervisão da equipa de formadores, desenvolvem projectos, pesquisas e materiais compartilhando-as no final com os restantes participantes. Mesmo durante o ano lectivo, os professores são convidados a continuarem a sua formação frequentando sessões sobre um dado tema e sempre realçadas com actividades *hands-on*. Com este tipo de iniciativas e de apostas por parte dos museus, os laços entre estas instituições e as escolas ficam mais estreitos, criam-se laços de intercâmbio indissociáveis para ambos os lados. Da parte dos museus verifica-se um empenho em complementar as actividades desenvolvidas nas escolas, actualizando-se, constantemente, sobre os conteúdos curriculares a explorar; da parte das escolas, existe um apoio didáctico imprescindível e que propõe aos seus alunos uma forma diferente de aprender, mais activa e interessante com o dever de transformar as *hands-on* em *minds-on*. Os museus começam a influenciar as aprendizagens que se fazem nas escolas e as escolas abrem aos museus a perspectiva de um novo público que exige novas formas de comunicar, de actuar e de encarar o conhecimento científico. Utilizando actividades práticas, seminários, *workshops*, encontros com equipas de apoio, o *Exploratorium* consegue satisfazer as necessidades mas díspares que lhes chegam por parte de um grupo muito heterogéneo de professores (uns em início de carreira, outros com um currículo científico mais sólido e outros com conhecimentos de conteúdos mais limitado), com o auxílio de professores experimentados da área das ciências, que servem de mentores aos que procuram o instituto, estes programas tornaram-se tão importantes que a cada ano que passa a sua procura tem-se tornando exponencialmente maior. Esta é uma das provas irrefutáveis que os museus não servem só para que se adquiram conhecimentos novos, mas também que se explorem esses conhecimentos e que se expandam no desenvolvimento de novas competências educativas e pedagógicas.

Outro exemplo de como, no futuro, os museus podem influenciar a população, de uma forma geral, sensibilizando-a e trabalhando em parceria com a ciência e a sociedade na procura de um planeta mais saudável é o do *Victoria Museum*, em Melbourne (Austrália). A aproximação à sociedade australiana é feita pensando nas necessidades do planeta e na promoção de uma cultura ambiental sólida. Para cumprirem este objectivo o *Victoria Museum* sabe que tem o poder de influenciar todos

quantos o visitam, mas procura fazê-lo de maneira consolidada apostando em conhecimentos que não sejam meramente teóricos, mas que confrontem o visitante com soluções prática que cada um pode adoptar. Sugerindo uma estreita ligação à comunidade em que está inserido, tem como tema principal a gestão sustentável da água. Colocando o problema da precariedade deste recurso natural, avança com iniciativas que podem ser levadas a cabo por todos e serve ele próprio de exemplo na gestão sustentável da água. Utilizando uma *transformative learning* que envolve processos criativos e uma forte partilha social, promove uma aprendizagem resultante das acções e das emoções. Acreditando que a verdadeira aprendizagem advém de experiências pessoais desenvolve experiências interactivas com os seus visitantes que promovem comportamentos adequados ao objectivo final do museu. Quer utilizando *cartoons*, jogos didácticos ou histórias de famílias exemplares que gerem, em suas casas, a utilização da água, os tópicos principais da exposição são focados e apreendidos pela população impelindo-a a desenvolver comportamentos similares que experimentaram ao longo da visita. Este tipo de exposição mereceu o reconhecimento da Associação Americana de Museus em Maio de 2005.

3.4. – A aprendizagem nos museus

A evolução das metodologias e da importância da aprendizagem nos museus é bem evidente na evolução das diferentes mostras ou exposições que os museus privilegiaram ao longo dos séculos. Tal como no sub-tema que aflora a história dos museus verificamos que as teorias pedagógicas foram importantes a uma dada altura, que se perderam quando a sociedade relevava outros valores que não os da educação, e que foram posteriormente retomadas anos ou séculos mais tarde. Possivelmente, hoje, a ligação entre os museus, a aprendizagem e o ensino torna-se mais evidente com o aparecimento dos Centros de Ciência que são especialmente criados para servirem os propósitos que a leccionação das ciências tem também nas escolas. O aumento da literacia e da alfabetização científica torna-se urgente para que os cidadãos tenham uma formação plena e tanto as escolas, como os museus assumem um papel importante nas formas aprendizagem dessa nova cultura científica. As exposições museológicas perseguem as últimas investigações sobre educação tal como as escolas também o fazem. Sabendo o que a sociedade espera do ensino e sobretudo, qual a forma mais eficaz para fazê-lo, teremos maior capacidade de alcançar as nossas metas educacionais qualquer que seja o espaço onde as ponhamos em prática.

3.4.1. – O museu como espaço de educação

A educação que se recebe num museu ou centro de ciência é uma educação invisível e aprazível. O prazer que os visitantes retiram em aprender nestes locais é muito simples: a educação não é obrigatória, as pessoas não se sentem coagidas a aprender conteúdos sobre os quais sabem que vão ser avaliados *à posteriori*. Aprendem sobre temas que lhes despertam interesse e curiosidade, aprendem ao seu próprio ritmo, aprendem ao sabor dos seus interesses particulares. O ensino, nestes espaços não obedece a um plano homogéneo para todos. Quando se visita um museu existem sempre expectativas diferentes sobre o conteúdo das suas exposições. As pessoas têm vontade de aprender, fazem-no quotidianamente apercebendo-se ou não que isso acontece. Desde que não lhe chamemos EDUCAÇÃO todos se sentem impelidos a saber mais

sobre um determinado tema que lhes interessa, concentrando-se nas conversas e interacções sociais que abordam os seus temas preferidos. A interacção em sociedade torna-se, actualmente, uma forma mais eficaz de aprendizagem e para que este tipo de ensino chegue até junto de todos é preciso que os responsáveis pelo ensino (professores e conservadores dos museus e centros de ciência, por exemplo) actuem como guias e mentores, reconhecendo que a aprendizagem se faz ao longo de toda a vida e não está confinada às suas primeiras décadas.

A educação adquirida ao longo de toda a nossa vida pode ser desenvolvida em vários espaços subdividindo-se, tendo em conta esses mesmos espaços físicos e os objectivos a que se propõem, em educação **formal**, quando é desenvolvida em espaços escolares; **informal**, quando é transmitida pelos pais, em situações de convívio com os amigos e colegas, em clubes, teatro, entre outros e **não-formal**, quando proporciona a aprendizagem de conteúdos formais em espaços diferentes dos escolares, como o são museus, centros de ciência, nos quais que se desenvolvem actividades de forma direccionada, com um objectivo bem definido (Vieira *et al*, 2005). Alberto Gaspar (1993) classifica os museus e centros de ciência como espaços de educação informal, visto que não obedecem a *currículos*, *não oferecem graus nem diplomas*, *não têm carácter obrigatório de qualquer natureza e não se destinam apenas a estudantes, mas ao público em geral*. Esta dualidade de critérios na classificação dos museus e centros de ciência advém, sob um ponto de vista pessoal, do facto de que a filosofia inerente à criação destes espaços educativos se preocupar, de facto, com a educação de grupos sociais heterogéneos que recorreriam a estes lugares para, de forma autónoma, se educarem cientificamente, gerindo o seu próprio tempo e explorando as exposições consoante as suas preferências e interesse, o que se encaixa, de facto numa educação do tipo informal; no entanto, a estreita colaboração, ao longo dos tempos, com as escolas e o incontornável facto do público escolar ser o que mais recorre a estas instituições levou a que com o tempo e também devido a factores de rentabilidade económica, os museus e centros de ciência se centrassem nos currículos escolares ou pelo menos em temas que são abordados nesses currículos a fim de se tornarem, complementares ao ensino formal. A organização de exposições, guiadas por monitores, preparadas em conjunto com as escolas e professores, proporcionou a leccionação de conteúdos formais com objectivos bem definidos nestas circunstâncias. Com este formato os museus e centros

de ciência são marcadamente espaços de educação não formal, completando o ensino formal dos espaços escolares e a sua importância reside na complementaridade educativa que estabelecem com as escolas (Vieira *et al*, 2005; Passos *et al*, 2000; Zimmermann e Mamede, 2005; Hein, 1995; Neto e Fahr, 2005) bem como na descodificação da linguagem científica tornando-a acessível e presente no dia-a-dia das populações. Ambos os aspectos são importantes para o desenvolvimento da cultura científica na nossa sociedade, não devendo estes espaços educativos descurar uma e outra forma de exploração das suas potencialidades.

Na última década tem-se assistido, em Portugal, à valorização destes espaços não formais de educação sendo cada vez mais utilizados, especialmente no ensino das ciências. As investigações na Didáctica das Ciências têm-se debruçado sobre o tipo e as características da aprendizagem nestes contextos não-escolares, considerando-a essencial uma vez que resulta da adaptação às novas exigências de transformação social, produzida pelos avanços científicos e tecnológicos, que modificaram as nossas sociedades do ponto de vista económico, social, político, demográfico e educacional (Freitas *et al*, 2005).

Em várias investigações, levadas a cabo de um lado e do outro do Atlântico, verifica-se que os museus e centros de ciência estão a expandir-se e a tornarem-se indispensáveis na alfabetização científica das populações (Zimmermann e Mamede, 2005), em alguns centros mais antigos este único objectivo fundamental começa a dar lugar ao patamar superior que é a formação de profissionais da educação e o desenvolvimento de projectos em parceria para um ensino formal mais eficaz e atractivo; outros, mais recentes, ainda constituem um forte apoio à desmistificação e evolução da cultura científica das populações de uma forma geral. De uma forma ou de outra, mais ou menos dedicados à formação ou à desmistificação da ciência, a verdade é que estes locais são considerados como espaços ideais para um conhecimento mais completo, ao percorrer as exposições e ao interagirmos com as diversas montagens conseguimos fazer a *articulação do afectivo, do emotivo, do sensorial, do cognitivo, do abstracto, do inatingível e da (re)construção do conhecimento* (Cabral, 2002, *in* Rodrigues, 2005).

No estudo realizado por Zimmermann e Mamede (2005), a escola focaliza-se no ensino dos conteúdos disciplinares, relegando para segundo plano a aprendizagem dos

alunos, ou seja, não existe uma preocupação com a compreensão e o uso das informações adquiridas em espaços de educação formal, rotulando-se os alunos com insucesso, neste tipo de ensino, como *estudantes que não gostam de ciências* ou *relutantes em aprender ciência*, por isso é defendido por Gaspar (2002) que os espaços de educação não formal são uma formidável oportunidade de aprendizagem uma vez que estes ambientes potenciam o desenvolvimento da compreensão da Ciência em geral. A atracção destes espaços reside na sua flexibilidade, na sua espontaneidade e interactividade que os tornam locais muito menos monótonos do que uma sala de aula.

Os museus e centros de ciência surgem como um importante *trunfo* didáctico para chamar a atenção dos visitantes para a proximidade da Ciência nas mais pequenas tarefas que desempenhamos todos os dias, mas também funcionam como um importante complemento prático para escolas mal equipadas laboratorialmente e com carências de materiais audiovisuais conhecidos como importantes estimulantes na aprendizagem dos alunos. Como estes estímulos não estão presentes nas escolas, os docentes recorrem a estes espaços para proporcionarem aos seus alunos a possibilidade de encararem a Ciência de uma forma renovada, mais apelativa e multidisciplinar, característica extremamente importante que mesmo com a articulação disciplinar de conteúdos²⁰, que é difícil de concretizar no ensino formal. As relações que desenvolvem com a comunidade confere-lhes o potencial de a educar de uma forma poderosa, enriquecendo-a ao mesmo tempo que a serve e que a actualiza culturalmente.

Os museus científicos são uma alternativa bastante promissora no ensino das ciências contribuindo para o avanço da educação formal, complementando-a e desenvolvendo actividades relacionadas com os currículos escolares, contribuindo para ultrapassar a crise da educação formal que se tem vindo a expandir nos países mais desenvolvidos (Passos *et al*, 2000).

Segundo Vasconcelos e Souto (*in* Vieira *et al*, 2005) é importante que, no ensino das ciências, não se privilegie em demasia a memorização mas que se possibilite a formação, nos alunos, de uma bagagem cognitiva que o leve à compreensão dos factos e conceitos de forma gradual. Neste contexto os museus e centros de ciência

²⁰ A actual organização do ensino prevê que as diferentes disciplinas curriculares dos alunos articulem entre si os seus conteúdos, para que uma temática comum possa ser explorada sob o ponto de vista das várias disciplinas.

desempenham o seu papel principal visto, que quando as visitas são bem planeadas pelos docentes em conjunto com os seus alunos, poderem ser o veículo dessa bagagem cognitiva, uma vez que proporcionam uma aprendizagem completa de uma ciência que relaciona os mais diversos conteúdos entre si, que sejam do mesmo ano de escolaridade, quer sejam de anos de escolaridade diferentes. A ciência, nestes espaços, não é compartimentada, as quatro paredes dos museus e centros de ciência não são iguais às das salas de aulas. A interdisciplinaridade que a custo se quer proporcionar na educação formal, nos museus e Centros de Ciência ocorre de forma natural e sem pressões, nas salas de aula parecem mais artificiais e menos evidentes porque raramente se constata e se verificam com as próprias mãos.

A aula não formal representa uma mais valia para alunos e professores; nos primeiros, verifica-se um despertar do interesse pelas temáticas científicas que ao se questionarem revelam que, quando observados, os conteúdos são melhor assimilados e que o convívio social que estes locais lhes proporcionam aumentam a vontade de aprender; para os professores a interdisciplinaridade revela-se mais fácil de trabalhar e a questão metodológica, a abordagem dos temas e conteúdos científicos apresentados através de recursos diferentes dos habituais, as estratégias e dinâmicas podem, efectivamente, contribuir para a aprendizagem (Vieira *et al*, 2005).

Num trabalho levado a cabo por vários investigadores (Passos, Aguiar, Duarte, Pereira e Martins, 2000) sobre a relação entre o museu e a escola, um visitante, após observar uma visita de alunos ao Parque da Ciência da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais – Brasil) afirmou que os alunos pareciam divertir-se e demonstravam uma maior alegria do que em visitas que também já havia observado noutros museus. A discussão gerada por esta observação levou à elaboração de várias hipóteses explicativas para esta atitude diferenciada face às exposições museológicas. Uma das hipóteses alvitava que a tipologia dos materiais expostos poderia influenciar a atitude dos visitantes/alunos face à exposição, ou seja, a simplicidade e a familiaridade com os materiais dos objectos utilizados para realizar as montagens interactivas da exposição (objectos baratos, de fácil manutenção e que estavam disponíveis no quotidiano dos alunos) fazia com que os alunos se sentissem mais à vontade na interacção com as montagens, explorando melhor todas as suas potencialidades, dotando-os de uma maior auto-confiança na atitude exploratória que favorecia melhores oportunidades de

interacções chamando a atenção para os fenómenos testados mais do que para o aparato tecnológico da montagem. A simplicidade dos materiais encorajava a aprendizagem através de uma exploração mais exaustiva, aproximava os conteúdos científicos das vivências diárias dos alunos e permitia uma aprendizagem mais eficaz e efectiva. Outra explicação relacionava esta aprendizagem divertida com o espaço do centro de ciência. Um espaço mais reduzido permitiria uma maior proximidade entre as diferentes montagens resultando em negociações colectivas dos alunos com as montagens, não se verificando a situação de um único indivíduo ter que descodificar, isoladamente, o que era pretendido com aquela montagem, o que conduzia a mais interacções sociais verdadeiras e consequentemente à aprendizagem colectiva de conteúdos científicos. Embora a interacção do grupo seja predominante nestes locais, não é menos verdade que em certas ocasiões cada aluno, individualmente, permanece mais tempo em algumas das montagens em função dos seus interesses pessoais (Ugarte *et al*, 2005).

A aprendizagem nestas instituições, segundo Rennie e Jhonston (2004, *in* Ugarte *et al*, 2005), tem características especiais das quais se destacam três aspectos importantes:

- é um processo individualizado, uma vez que o visitante elege o que quer aprender e como quer essa aprendizagem, construindo o seu próprio currículo;
- a aprendizagem está contextualizada, produzindo interacções nos contextos pessoal, social e físico;
- por último, permite a união de antigas informações com novas que são adquiridas o que tem como consequência um processo de reconstrução de modelos mentais que efectiva a aprendizagem e que necessita de algum tempo.

O resultado das mais diversas investigações revelam que, apesar do ar descontraído com que os visitantes percorrem as exposições existe, de facto, aprendizagem (Yahya, 1996 *in* Ugarte *et al*, 2005) que não se constrói de igual forma em todos os indivíduos e em todas as áreas, sendo a área procedimental e a afectiva as que saem mais enriquecidas com este tipo de experiências.

O objectivo dos museus e centros de ciência é despertar a população, de uma forma geral, para o desenvolvimento ou o *redesenvolvimento* da curiosidade científica e da criatividade, favorecendo uma atitude positiva perante a Ciência e a Tecnologia.

Nos comentários dos visitantes destes espaços podemos encontrar como pontos comuns o começar a reparar em *coisas do mundo externo que não tinham reparado antes*. A dedicação dos museus e centros de ciência às suas comunidades não é, exclusivamente escolar, embora se reconheça que este é o seu grande público em qualquer parte do mundo, também se dispõem a desenvolver actividades científicas destinadas às famílias para que, também elas, adquiram conhecimentos científicos (Semper, 1990).

3.4.2. – As teorias da educação (aprendizagem e conhecimento) versus a organização dos museus e centros de ciência

A forma como as teorias da educação têm evoluído ao longo dos tempos determina as opções tomadas pelos museus e centros de ciência na execução e exploração das suas exposições. Estas teorias educativas que englobam as teorias do conhecimento e as da aprendizagem têm influenciado, grandemente, as escolhas para o sucesso e acompanhado de muito perto a evolução dos museus ao longo dos tempos e dos centros de ciência, mais recentemente. A forma como um museu ou centro de ciência está organizado determina, obrigatoriamente, a forma como os visitantes aprendem (Russel, 1994).

Com uma ligação tão estreita com as escolas Neto e Fahl (2005) consideram que os centros de ciência possuem marcas irrefutáveis dos diferentes Modelos de Educação que têm regido o ensino nestes últimos séculos. No seu estudo consideraram duas instituições, o Museu Dinâmico de Ciências de Campinas e a Estação Ciência²¹, como espaços de educação não formal onde pretendiam identificar os traços da educação

²¹ O Museu Dinâmico de Campinas surge de um protocolo de cooperação entre a Universidade Estadual de Campinas, a Prefeitura Municipal de Campinas, a Fundação de Desenvolvimento da UNICAMP e a Academia de Ciências do Estado de S. Paulo. A Estação Ciência está integrada na Universidade de S. Paulo.

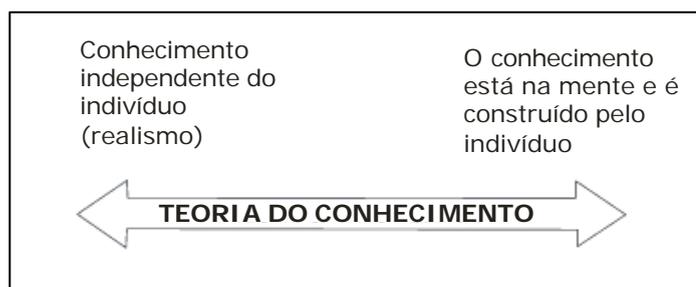
formal nas actuações pedagógicas destes espaços, contextualizando-as com os vários modelos de ensino/aprendizagem utilizados, actualmente e no passado, pelas escolas.

Apesar das investigações e teorias recentes sobre educação, os investigadores chegaram à conclusão que, tal como acontece nas escolas, o ensino/aprendizagem nestes locais faz-se utilizando recursos e estratégias de todas as teorias educativas conhecidas. Não existe, nestes dois exemplos e seguramente na totalidade dos museus e centros de ciência, um único que se cinja apenas a uma teoria, nem um único que siga, cegamente, a mais actual.

Para melhor se compreender o trabalho destes dois investigadores convirá fazer uma retrospectiva e considerar o que defendiam os variados Modelos de Educação que moldaram todos os espaços de educação (formal, não formal ou informal).

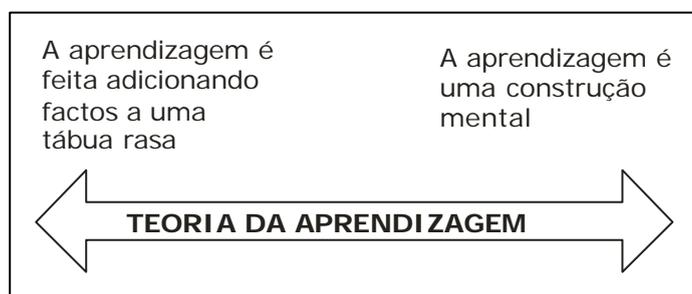
Robert Hein (1995) explica esta evolução de uma forma simples e concisa deixando pouco espaço para dúvidas mesmo para quem não está acostumado a lidar com estas teorias. Este autor considera que *as nossas crenças sobre a natureza do conhecimento, a nossa epistemologia, influenciam profundamente a nossa abordagem à educação*, por isso a organização dos espaços direccionados para a educação traduzem uma ou outra epistemologia mais recente e muitos deles todo o conjunto das epistemologias já consideradas importantes na educação. Durante longos anos considerou-se que quem aprende existia de forma independente do conhecimento que necessitava ou que lhe era dirigido pelo sistema escolar, no entanto, os vários estudos posteriores consideraram que o motor da aquisição de conhecimento é o indivíduo que aprende, criando uma estreita relação de dependência entre o conhecimento e o indivíduo. Platão acreditava na independência do conhecimento relativamente ao indivíduo, este último só chegaria ao conhecimento através de processos intelectuais. Em contraponto Berkeley defendia que o conhecimento existia apenas na mente do indivíduo. Robert Hein representa esta divergência de opiniões esquematicamente, da seguinte forma:

Esquema 3 - Esquema representativo de pontos de vista epistemológicos antagónicos (adaptado de Hein, 1995)



A maneira como acreditamos que se realiza a aprendizagem psicológica, ou seja, a modalidade de aprendizagem dos indivíduos tem pontos de vista opostos. Na teoria behaviorista considera-se que a aprendizagem não é mais do que a adição de informação adquirida quando os indivíduos estão expostos a novas situações, ou seja, a resposta face a um estímulo ambiental proporciona uma resposta que é aprendida automaticamente e que se repete quando, ao indivíduo, se proporcionarem as mesmas situações. Neste caso a aprendizagem faz-se assimilando-se, constantemente, informação, factos e experiências até que exista conhecimento. Esta acumulação de novas informações, segundo esta perspectiva, também defendida por Locke, faz-se a partir do zero, a mente do indivíduo é uma tábua rasa onde se vai aglomerando informações que resultam das interacções deste com o ambiente.

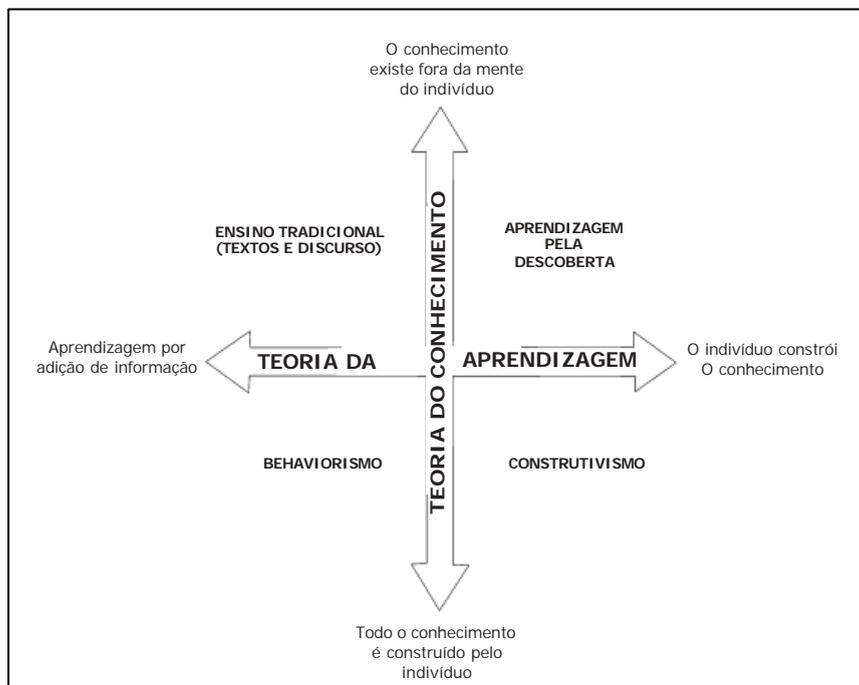
As teorias da aprendizagem, tal como as do conhecimento, podem também ser representadas esquematicamente de forma similar. Os dois pontos de vista situar-se-ão em extremidades opostas uma vez que um considera a mente apenas como um recipiente de informações que são seleccionadas mediante as situações vivenciadas pelo indivíduo e o outro propõe um papel activo para a mente na construção do conhecimento.



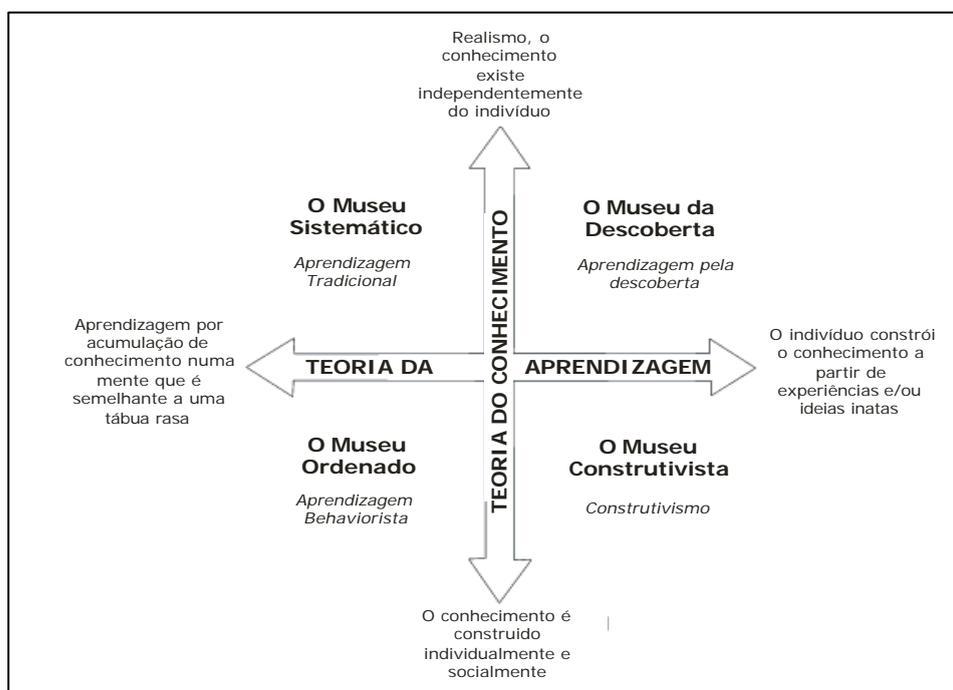
Esquema 4 - Esquema representativo das diferentes perspectivas da Teoria da Aprendizagem (adaptado de Hein, 1995).

Robert Hein (1995) combina as duas dimensões dos vários Modelos de Educação (componente do conhecimento e da aprendizagem) apresentando um esquema de quatro quadrantes que sintetizam diferentes abordagens à Educação, umas mais antigas e outras mais recentes mas que podemos encontrar nos mais diversos espaços educativos. Estas perspectivas estão bem representadas nas salas de aula e nas exposições dos museus e centros de ciência, umas vezes perfeitamente mescladas e noutras situações verifica-se uma preponderância de umas relativamente às outras. Os Modelos de Educação são

identificadas pelas acções dos professores, pela forma utilizada pelos museus e centros de ciência na exploração das suas exposições e no modo como privilegiam a interacção com os seus visitantes. Hein (1995) representa ambas as situações esquematicamente facilitando o paralelismo entre estes dois ambientes educativos.



Esquema 5 - Esquema representativo dos vários Modelos de Educação (adaptado de Hein, 1995).



Esquema 6 - Esquema representativo dos vários Modelos de Educação adaptados às práticas museológicas (adaptado de Hein, 1995).

Nestes esquemas, Hein reúne as informações pertinentes sobre os diferentes Modelos de Educação caracterizando cada um dos quadrantes com as acções que os professores/monitores desempenham na sala de aula/museu e centro de ciência.

Considerando o esquema nº 5 e relacionando-a com os espaços de educação formal, o primeiro quadrante (quadrante superior esquerdo) encerra uma visão tradicionalista e positivista, segundo a qual o professor deve compreender a estrutura do tema que vai ser transmitido e apresentá-lo da forma mais apropriada para que o aluno o possa aprender. Nesta perspectiva, o ensino obedece a uma ordem lógica de conteúdos que é determinada pelo tema a leccionar e que o professor não deve alterar sob pena dos alunos não compreenderem os conteúdos. A lógica de ensino iniciava-se pelos conteúdos mais simples, que vão aumentando de dificuldade até se ter abordado todo o tema. É segundo esta perspectiva que, no século XIX surgem os manuais, que ao ordenarem por nível de complexidade os conteúdos facilitarão a aprendizagem dos alunos.

Ao nível dos Museus e Centros de Ciência este Modelo de Educação é visível, segundo Neto e Fahl (2005) quando os monitores apostam mais na verbalização, apresentando a Ciência como um produto acabado, *ignorando o seu carácter humano, colectivo, ambíguo e histórico* e sem carácter multidisciplinar. Este tipo de museu sistemático organiza as suas exposições de acordo com um esquema que reflecta a verdadeira estrutura do tema e que facilite, ao visitante, a sua compreensão. O mundo nestas exposições apresenta-se ordenado e comandado por leis criadas pelo Homem (Russel, 1994). Um exemplo deste tipo de museu é o *Deutsches Museum*, em Munique, que ilustra a estrutura da Ciência; ou o *Harvard Museum of Cooperative Zoology* concedido por Louis Agassiz para refutar o Darwinismo ilustrando a verdadeira classificação dos animais; ou então o *National Portrait Gallery* quando exhibe as suas pinturas por ordem cronológica, presumindo que tornará a exposição mais facilmente compreensível aos que a visitam. A perspectiva behaviorista é caracterizada, nestes espaços, pela ordenação do conteúdo da exposição a fim de que a aprendizagem seja facilitada (Hein, 1995).

Outra posição educacional apresentada por Hein no segundo quadrante (quadrante superior direito) é a Aprendizagem pela Descoberta. Esta teoria subscreve o Positivismo, no entanto, não postula o mesmo no que toca à aquisição de conhecimento.

Segundo os seus defensores a Aprendizagem pela Descoberta crê que o conhecimento se vai construindo através de processos mentais e pessoais à medida que aprendem novas ideias e conceitos. Apesar deste conhecimento ser construído independentemente do indivíduo, o aspecto prático assume maior importância do que o aspecto intelectual. O indivíduo adquire conhecimento devido ao contacto com a vertente prática dos conteúdos que lhe é proporcionado pelo professor que neste caso tem como objectivo não o ordenamento dos conteúdos, mas a organização dos mesmos para que possam ser experimentados e o aluno possa compreender as ideias e conceitos inerentes ao trabalho experimental. Este trabalho experimental liberta o alunos para aprenderem por si próprios correndo o risco de assimilarem conceitos errados, que serão substituídos por conceitos correctos à medida que os alunos experimentam cada vez mais.

Nos museus e centros de ciência esta perspectiva mais tecnicista da educação está presente quando estes espaços possibilitam, aos seus visitantes, uma participação que designam de *activa* mas que não faz mais que transformá-los em espectadores ao colocá-los diante de uma verdade objectiva da ciência, sem lugar para contestação, ilustrada por actividades experimentais que resultam de uma acção programada e na qual o monitor conduz as várias etapas consoante os objectivos delineados para essa actividade. Na maioria destas situações os monitores dos museus e centros de ciência simulam o processo científico e o visitante remete-se à constatação dos conceitos previamente estabelecidos na programação da actividade (Neto e Fahl, 2005).

Uma visão mais actual da educação é representada pelo Construtivismo, ou seja, acredita-se, actualmente, que o conhecimento se constrói na mente de quem aprende e que essa construção é dinâmica e dependente do indivíduo. As ideias e conceitos estão em constante reformulação na sua mente e resultam da interactividade dos indivíduos com a sociedade que os envolve. Nesta teoria educativa o ambiente social é determinante para a realização de novas aprendizagens e para a evolução pessoal de quem aprende. Vygotsky, o mentor desta nova teoria educativa, argumenta mesmo que *na ausência do outro, o homem não se constrói homem* (Fontes *et al*, 2004), ressaltando a importância crucial da sociabilização na aprendizagem. Mais do que Piaget, Vygotsky coloca especial interesse na interacção da criança com o meio social, diferenciando-se um do outro pela importância dada por Piaget à psicossociologia e à maturidade biológica que considera ser uma condição indispensável para a aprendizagem; enquanto

que Vygotsky privilegia o contexto sociocultural da criança, argumentando que o desenvolvimento depende das aprendizagens que são feitas pelos indivíduos e que se constituem num processo sociogenético no qual a actividade mental resulta da aprendizagem social, da cultura e das relações sociais. Os processos mentais que resultam da herança cultural e social recebida pelo aluno transferem-se para o plano psicológico, refutando a ideia de Piaget de que os processos psicológicos resultam de premissas do desenvolvimento biológico. A escola de Piaget dá pouca importância à transmissão social do conhecimento, deduzindo que as operações lógicas eram construídas por todas as crianças qualquer que seja o seu ambiente social; no entanto, se analisarmos tudo o que sabemos, concluiremos que não resultam de experiências genéricas directas, mas sim de transmissões sociais de conhecimento e informação e que cada pessoa com quem contactamos ou o local que frequentamos tem um impacto importante na modelação do que somos e do que sabemos (Russel, 1994).

Por estas razões este autor considera a escola como um espaço de excelência para a realização das aprendizagens e conseqüentemente para o desenvolvimento cognitivo das crianças, uma vez que lhes permite o contacto com indivíduos possuidores de diferentes capacidades cognitivas, conhecimentos, ambientes sociais e nível económico que se torna imprescindível para a construção do conhecimento através da cooperação entre todos (Fontes *et al*, 2004).

O Construtivismo defende, portanto, que o conhecimento é dependente de quem aprende, desta forma, os museus que utilizam esta teoria educativa como motor de concepção das suas exposições, têm em linha de conta que o visitante constrói o seu próprio conhecimento a partir da exposição e que o processo de desenvolvimento do conhecimento é, só por si, um acto construtivista. Este tipo de museus são difíceis de encontrar, no entanto, algumas exposições integram actividades direccionadas para que os visitantes cheguem às suas próprias conclusões criando diferentes patamares que resultam num leque de modalidades que permitem a aquisição diferenciada de conhecimento por parte dos visitantes. As exposições não estão estruturadas relativamente ao tema que se pretende desenvolver, mas têm como objectivo colmatar as necessidades educacionais dos visitantes verificando-se um cuidado especial com a forma como lhes são apresentadas visto não existir uma única fórmula que seja mais simples para o visitante aprender. Os museus com estas características, que

proporcionam uma dinâmica própria ao visitante, não têm saída nem entrada fixa permitindo-lhe gerir a sua própria movimentação e interacção com os materiais e módulos (Hein, 1995). A simbiose entre as bases epistemológicas para a organização das exposições, e as bases psicológicas, das teorias da aprendizagem, podem-se desenvolver museus e centros de ciência que devem responder às disposições dos visitantes, maximizando o seu potencial de aprendizagem e adaptando-se ao nível cognitivo do visitante.

Na acção dos monitores dos museus e centros de ciência o Modelo Construtivista pode ser observado mais no seu discurso do que nas suas acções, quando os monitores apelam aos conhecimentos prévios dos visitantes como ponto de partida para o estabelecimento de um diálogo em volta de um tema que se pretende explorar. Falta, segundo Neto e Fahl (2005), quando analisaram as formas de interacção entre os monitores e os visitantes de dois centros de ciência, uma contextualização histórica, social e cultural durante a realização das actividades e experiências para que se denote uma plena aplicação deste modelo educativo. Outra característica do modelo construtivista consiste na aprendizagem cooperativa, ou seja, a resolução de problemas não individualmente mas em grupo em que cada um contribui com os seus conhecimentos prévios a fim de que haja um desenvolvimento de um conhecimento colectivo, através da reestruturação das estruturas mentais dos envolvidos. Nos centros de ciência investigados presenciaram-se estas interacções quando face a situações-problemas, propostos para grupos de alunos, as dificuldades foram ultrapassadas graças à reciprocidade de conhecimentos e à cooperação entre os vários elementos. O Modelo Construtivista está, também, presente quando os monitores fazem transparecer uma imagem da Ciência como um processo inacabado, histórico, social e cultural (Neto e Fahl, 2005). A visão construtivista enfatiza a prática e a dimensão imaginativa da aprendizagem e da descoberta, em que a compreensão do mundo é vista como uma reconstrução activa do conhecimento que possuímos num dado momento e que tem características relativas e provisórias (Russel, 1994).

No trabalho levado a cabo por Neto e Fahl (2005) em nenhum centro de ciência foi observado a utilização exclusiva de um dos modelos educativos, mas sim uma coexistência de todos eles, ou praticamente todos, no mesmo espaço expositivo. Neste aspecto os espaços de educação informal são semelhantes aos espaços de educação

formal, visto que na sala de aula, também não se observa a utilização de apenas um modelo, mas também a coexistência de todos eles.

Uma preocupação que surge em qualquer espaço educativo é a possibilidade existente de os alunos/visitantes poderem desenvolver ideias espontâneas e erróneas sobre determinado tema ou conteúdo. Quer no espaço da sala de aula, quer nos museus e centros de ciência esta preocupação está presente, no entanto, segundo a ideologia construtivista, estas preocupações relativamente aos museus são irrelevantes, uma vez que a aprendizagem lúdica não prejudicará a aprendizagem formal, visto que segundo Gaspar (1993), *in* Stuchi e Ferreira, (2003) *o processo de aquisição da ciência ou dos conceitos científicos é um processo cognitivo que, certamente, não se completa numa visita a um centro de ciência, como não se completa ao final de uma aula*. Esta opinião não deve suscitar, no entanto, a acomodação dos agentes educativos face a estas situações, o professor ou o monitor deve ser orientador, uma vez que tem consciência dos objectivos a desenvolver quer nas aulas, quer nos museus e centros de ciência e deve zelar para que estes sejam atingidos, tornando-se personagens imprescindíveis para orientar as aprendizagens e a resolução de problemas (Stuchi e Ferreira, 2003). A construção destas ideias espontâneas, denominadas Concepções Alternativas, alvo de estudos da Didáctica das Ciências durante os últimos 15 anos, dá-se durante o ensino formal e podem ou não coincidir com as ideias científicas aceites nesse momento. São transportadas para a sala de aula e para todos os espaços de ensino e reflectem as explicações pessoais dos fenómenos do mundo natural. Estas concepções têm por base uma lógica de atributos, ao contrário da lógica de relações que caracteriza o conhecimento científico (Cachapuz, 1997). Constituem-se um obstáculo a ter em conta na aprendizagem, uma vez que para que o aluno realize a sua aprendizagem deve desestruturar e reconstruir, activamente e de forma sucessiva, os seus conceitos de Ciência através do contacto com experiências pedagógicas que lhes proporcionem as mudanças conceptuais adequadas (Cachapuz, 1997).

Um dos conceitos básicos do construtivismo é que as pessoas possuem uma motivação acrescida para dar sentido a tudo o que as rodeia, por isso vão construindo as suas próprias explicações dos vários fenómenos com que vão contactando, trazendo para o espaço do museu as suas teorias pessoais, mais ou menos elaboradas e mais ou menos cientificamente correctas. O papel do museu/centro de ciência consiste,

primordialmente, em se familiarizar com essas concepções e, a partir delas, promover o desenvolvimento do conhecimento (Russel, 1994).

A reconstrução activa do conhecimento, nos museus e centros de ciência, em paralelo com o que acontece na educação formal, oferece oportunidades para a acção, mas não deve ficar-se só por aí, deve também envolver plenamente as mentes para tornar essa reconstrução possível e estável. A metodologia do *hands-on*, reconhecida pela importância na motivação para a aprendizagem, transforma-se em *minds-on*, ou seja, a actividade implícita no *hands-on* surge como um meio para que a interactividade das experiências dos museus resulte no *minds-on*. Na aprendizagem formal a metodologia do *aprender fazendo* torna-se, também, já insuficiente para alcançar uma aprendizagem completa e eficaz, embora não seja posta em causa a sua importância para a aprendizagem dos alunos (Russel, 1994).

Apesar dos diferentes modelos educativos apresentarem a forma como se processa a aprendizagem de uma maneira geral, alguns estudiosos debruçaram-se sobre como, dentro de um mesmo modelo se realiza a aprendizagem em crianças com características diferentes. Gardner (1985 *in* Gama, 1998) e McCarthy (1995 *in* Ribeiro, 2005) investiram nesta perspectiva e concluíram que cada indivíduo possui diferentes estilos de aprendizagem que se podem agrupar em categorias diferenciadas. Para McCarthy (1995 *in* Ribeiro, 2005), os indivíduos agrupam-se de acordo com as seguintes características:

- os **imaginativos** – a sua aprendizagem é fundamentada no que ouvem e no que vêem (informações concretas). A informação que apreendem pela audição provém de diálogos estabelecidos com monitores, professores ou colegas para a partilha de ideias, enquanto que a informação visual advém preferencialmente de vídeos revelando bastante interesse por exposições com uma forte componente visual informativa;
- os **analíticos** – interessam-se predominantemente por uma informação de carácter mais abstracto, procurando conhecer toda a informação de uma forma detalhada através da leitura exhaustiva de qualquer tipo de informação que lhe seja disponibilizada;

- os do **senso comum** – são os visitantes mais práticos que buscam informação oral para, rapidamente, explicarem o funcionamento dos módulos. As exposições auxiliam-nos a completar o seu conhecimento;
- os **dinâmicos** – dispensam qualquer tipo de informação, sobretudo a escrita, não perdendo tempo a ler as instruções de funcionamento dos módulos. O seu conhecimento resulta das diversas tentativas que fazem quando interagem com os módulos servindo os erros para repensarem a sua forma de actuação face ao módulo que exploram.

Para Gardner outras categorias foram consideradas tendo em conta as diferentes tendências dos indivíduos para a realização da aprendizagem. Gardner sugere uma diferenciação e especificidade das habilidades cognitivas mais variada. Na Teoria das Inteligências Múltiplas considera que todos os indivíduos normais são capazes de uma actuação em pelo menos sete áreas intelectuais diferentes, definindo a inteligência como a capacidade de resolução de problemas ou a criação de produtos que sejam significativos num ou mais ambientes culturais. A actuação nas diferentes áreas, por parte dos indivíduos não se faz toda ao mesmo nível, um indivíduo pode ter um excelente desempenho num dada área, mas uma execução mais precária noutra área diferente, não existindo uma relação directa entre o desenvolvimento de uma dada área e o desenvolvimento de outra. Cada uma das diferentes áreas tem o seu sistema simbólico próprio e num plano sociológico cada domínio é caracterizado pelo desenvolvimento de competências que têm diferentes valorizações consoante o ambiente social do indivíduo que, também nesta teoria, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de uma determinada área, mais presente no ambiente social, relativamente a outra mais ausente (Gama, 1998).

Segundo Gama (1998), Gardner considerou várias inteligências:

- a **inteligência linguística** segundo a qual o indivíduo demonstra sensibilidade para os sons, ritmos, significados das palavras, especial percepção das funções da linguagem, característica dos poetas, os indivíduos utilizam a linguagem para agradar, convencer e transmitir ideias. Nas crianças pode ser identificada como a capacidade de inventar histórias ou relatar, com precisão experiências vivenciadas;

- a **inteligência musical** que dota o indivíduo da facilidade na discriminação de sons, habilidade para perceber temas musicais, sensibilidade para ritmos, texturas e timbres e que confere ao indivíduo da habilidade para compor, apreciar ou reproduzir uma peça musical. As crianças com desenvolvimento desta área diferenciam, desde muito cedo, os sons do ambiente que as envolve e, muitas vezes, cantam para si mesmas;
- a **inteligência lógico-matemática** em que se destaca a sensibilidade para criar sistemas, ordem e padrões, experimentação controlada é característica dos indivíduos que são capazes de lidar com séries de raciocínios, de reconhecerem e resolverem problemas, sendo evidenciada por matemáticos e cientistas. Nas crianças esta inteligência torna-as competentes na contagem e na execução de cálculos matemáticos, assim como na criação de notações práticas do seu raciocínio;
- a **inteligência espacial** que se traduz numa capacidade precisa para perceber o mundo visual e espacial, torna os indivíduos capazes de manipular mentalmente formas ou objectos, criando, facilmente a partir de uma percepção inicial, tensão, equilíbrio e composição numa representação visual ou espacial. Esta inteligência é própria dos arquitectos, engenheiros e artistas plásticos e nas crianças manifesta-se através da capacidade de denotarem pormenores visuais, resolverem quebra-cabeças e outros jogos espaciais;
- a **inteligência cinestésica**, que se resume na capacidade para resolver problemas através da utilização de parte ou da totalidade do corpo, permite aos indivíduos utilizarem a sua coordenação grossa e fina em desportos, artes cénicas ou plásticas, controlando os objectos com destreza e uma boa movimentação corporal. Nas crianças podemos nos aperceber destas capacidades através de uma movimentação ou expressão graciosa a partir de estímulos musicais ou verbais, demonstrando uma coordenação fina apurada e habilidade atlética;
- a **inteligência interpessoal** é característica de psicoterapeutas, professores, políticos e vendedores bem sucedidos capacitando-os de uma especial habilidade no entendimento e na selecção da resposta mais adequada face aos diferentes humores, temperamentos e motivações de outrem. Nas crianças

percebe-se esta inteligência quando fazem uma perfeita distinção das pessoas e quando ao percebem intenções e desejos noutras pessoas, lhes respondem com uma reacção adequada. Estas crianças desenvolvem, normalmente, uma capacidade de liderança face aos seus pares devido a essa sensibilidade em relação aos sentimentos e necessidades dos outros;

- a **inteligência intrapessoal** é o inverso da anterior, ou seja, com este tipo de inteligência os indivíduos possuem facilidade em perceberem os seus próprios desejos e sentimentos resolvendo os seus problemas pessoais de uma maneira mais fácil visto terem consciência do que querem ou não querem. Estes indivíduos têm a capacidade de formular uma imagem precisa de si mesmos e utilizá-la para que funcione de forma afectiva. Este tipo de inteligência dado o seu carácter pessoal manifesta-se, especialmente, nas formas linguística, musical e cinestésica.

A consciencialização de todos estes estilos diferentes de aprendizagem, da propensão de um indivíduo aprender melhor num contexto com determinadas características que não é o mais adequado para o seu colega de turma, leva a que os museus e centros de ciência e sobretudo as escolas tenham um trabalho megalómano entre mãos para facultarem os melhores recursos e as melhores estratégias para a reestruturação do conhecimento de cada um. A solução encontrada e sugerida pelos defensores destas teorias é que se abandone a educação padronizada e se diversifiquem o mais possível os ambientes educativos, para que o potencial educativo de cada um saia favorecido das experiências pedagógicas desenvolvendo combinações intelectuais individuais que favoreçam as características de cada um.

A aprendizagem nos museus e centros de ciência, tal como acontece nas escolas, depende de uma parafernália de factores. a preparação da visita é determinante para que todos possam aproveitar, ao máximo, o tempo que passam em espaços diferentes; as características dos módulos são basilares para atraírem os visitantes e para proporcionarem uma aprendizagem efectiva que incorra na estruturação de novos conhecimentos; as estratégias de comunicação (painéis de orientação e de informação) devem ser claras e precisas para que não restem dúvidas na sua interpretação; o pessoal de apoio revela-se fundamental para um aumento dos índices de concentração e de

disponibilização de tempo à exposição, bem como para uma compreensão e interacção mais eficaz com os módulos (Ugarte *et al*, 2005).

Para que os objectivos delineados na exploração destes espaços educativos não formais resultem existe muito trabalho a ser feito, no entanto o resultado final compensará quando nos apercebermos que uma aprendizagem lúdica e interessante teve lugar, quando verificarmos que as atitudes face à Ciência e Tecnologia se tornaram mais positivas e quando assistirmos a uma aposta evidente na Educação Científica das nossas populações contribuindo para uma melhor e mais abrangente cultura científica, tornando as comunidades mais despertas para as vantagens e desvantagens da evolução científica e desenvolvendo uma capacidade crítica bem fundamentada e não influenciada.

3.4.3. – O papel dos professores nestes espaços educativos

O papel assumido pelo professor fora do espaço escolar constitui um importante factor de motivação para potenciar o interesse dos alunos que acompanha. Servindo como um modelo no qual, os alunos, procuram vislumbrar a atitude mais adequada a tomar em locais diferentes da sua escola, alguns assumirão a atitude que o professor demonstrar. Estudos feitos em museus e centros de ciência comprovam que o comportamento dos professores não é idêntico face às visitas que organizam com os alunos. A organização de uma visita a estes espaços de educação não-formal exige uma preparação e avaliação que nem sempre é feita pelos docentes e que resultam em aprendizagens não efectuadas ou efectuadas de forma deficitária. Outros estudos debruçam-se sobre o efeito que estas visitas podem ter na modificação das metodologias e estratégias realizadas pelos professores na sua prática docente quotidiana.

A criação, em 2001, do Centro de Ciências Bioespaço em São Paulo teve como objectivos a realização de experiências com alunos e professores, o desenvolvimento de *kits* didácticos com os professores para utilizarem nas suas aulas de Ciências e a publicação de textos de divulgação científica em jornais locais. Destinado, também, a criar uma ligação mais estreita entre a universidade e a comunidade, a fim de melhorar a qualidade do ensino das ciências, organizou visitas com docentes durante as quais se apercebeu das diferentes atitudes que estes tomavam ao acompanharem os seus alunos.

De uma forma geral, tal como relatam Jacobucci, Güth e Jacobucci (s.d), os professores ao optarem por uma visita a este centro recebem informação sobre o tempo de desenvolvimento das propostas interactivas, bem como as estratégias didácticas. No dia da visita os alunos realizam as propostas com o auxílio dos membros da equipa técnica e dos monitores. Com a experiência das várias visitas efectuadas verificaram que o formato adoptado pelo centro de ciência tinha como consequência a exclusão do professor da actividade remetendo-o ao papel *de um fiscal da disciplina dos alunos durante a visita*. Constataram que, raramente, os professores intervêm nas actividades desenvolvidas mesmo que se recorra aos conteúdos que leccionam na sala de aula.

Denotaram, de tal forma, esta atitude passiva de não interferência no trabalho a realizar que, estes investigadores, consideram urgente repensarem-se as actividades que se desenvolvem nos museus e Centros de Ciência de forma a incluírem os professores nas actividades que se vão desenvolvendo, transformando-o no *actor do trabalho a ser desenvolvido, conduzindo as actividades da mesma forma que o faz na sala de aula, mesmo que a equipa técnica seja responsável pela organização*. A actuação participativa do professor motivando os alunos, questionando a actividade em conjunto com eles, acompanhando e promovendo uma discussão de ideias, resultaria numa interacção mais estreita quer com os alunos, quer com a equipa técnica do centro de ciências, *reforçando o papel do professor num ambiente de educação não formal*.

Como já se referiu anteriormente, alguns professores recorrem aos museus e centros de ciência como meio para obterem a componente prática das suas disciplinas e poderem proporcionar aos seus alunos outro tipo de experiências didácticas que não conseguem desenvolver nas suas escolas por falta de equipamento ou de preparação. No estudo levado a cabo por Passos *et al* (2000), os professores quando inquiridos chegaram mesmo a identificar a sala de aula como o espaço para um ensino teórico e os museus e Centros de Ciência como o espaço onde se realiza uma aprendizagem prática que não pode ser desenvolvida nas escolas, considerando-o como um substituto do laboratório. Outros são de opinião que estes espaços fomentam a criação e o desenvolvimento, no espaço escolar, de mais e melhores actividades experimentais. Também quando inquiridos pelos investigadores relativamente aos museus e centros de ciência, os professores afirmaram que estas visitas, para além de motivarem os alunos para a Ciência, incentivavam-nos, a eles próprios relacionarem determinados conteúdos com

as actividades observadas, criando um elo entre os diferentes espaços educativos, ou a darem largas à sua imaginação criando novas actividades com materiais, de baixo custo, que haviam sido utilizados nas actividades desenvolvidas pelo Centro de Ciência. Os Museus e Centros de Ciências podem tornar-se, em conjunto com as escolas, parceiros da educação científica potenciando a qualidade do ensino das ciências, tornando-a mais atractiva e mobilizando a população docente para um ensino com estratégias e recursos educativos mais diversificados e eficazes.

Ribeiro (2005) vai mais longe e cataloga os professores em várias categorias consoante as atitudes que tomam face à visita de estudo que organizam nestes espaços. Assim sendo considera que existem:

- **Professores-explicadores** – são o tipo de professor mais frequente e cujo papel está na orientação por iniciativa própria ou centrada nas solicitações dos seus alunos;
- **Professores-dinâmicos** – são os professores que mais que incitam os seus alunos a participarem, a interagirem, a levantarem questões;
- **Professores-neutros** – são os menos frequentes e não desempenha nenhum papel relevante na visita remetendo-se a uma atitude passiva segundo a qual não explica, não orienta e não levanta qualquer tipo de questão.

Para além da atitude que o professor adopta nestes locais educativos e que assume grande importância na devida exploração de um espaço com características especiais e diferentes da sala de aula, contribuindo para uma reestruturação do conhecimento, a interligação ou a articulação feita entre os dois espaços assume também um grande interesse pelo que *se devem estabelecer pontes de ligação entre as aprendizagens desenvolvidas nos diferentes ambientes de educação* (Rodrigues e Martins, 2005). O estabelecimento destes hábitos de preparação, realização e avaliação de espaços não-formais de educação necessita de se impor desde a formação dos professores, para que se comece, desde cedo, a criar habituação no recurso a estes espaços como sendo um complemento consistente e seguro da aprendizagem do aluno.

A preparação e avaliação têm um impacte tão importante como a própria visita a um museu ou centro de ciência, sendo necessário que estes momentos aconteçam devidamente planeados e integrados nas actividades que se desenvolvem na escola e no

local da visita. A planificação de uma visita a estes locais tem a função de reduzir o efeito surpresa que um novo local surte em qualquer indivíduo que o visite. Com esta preparação a familiarização com o espaço reduz o tempo que, geralmente, se perde na orientação espacial característica de uma nova situação. Os alunos que já tenham um conhecimento prévio através de imagens e consultas nas páginas digitais da estrutura da exposição e do espaço dos museus e centros de ciência, conseguem reduzir o efeito surpresa e a perda de tempo que poderão aproveitar para uma exploração dos conteúdos das exposições.

Quando os professores são inquiridos sobre os hábitos que possuem de preparação das visitas de estudo que organizam aos museus e centros de ciência, verifica-se que esta preparação não é muito frequente devido a vários factores, segundo Ribeiro (2005), esta preparação é feita por 16,4% dos docentes, sendo as visitas prévias aos museus e Centros de Ciência as iniciativas que constituem um dos meios mais eficazes para preparar este tipo de visita. Com estas iniciativas o professor poderá, para além de conhecer o espaço físico, observar as diferentes actividades que os seus alunos irão desenvolver, verificar os conteúdos que poderá relacionar com a visita, avaliar o efeito da exposição noutros alunos que aí acorram, avaliar se será uma visita que despolette aprendizagens significativas, integrando-a devidamente na planificação dos conteúdos disciplinares e traçar objectivos concretos e adequados à actividade a realizar. Caso o professor não se prepare devidamente deveremos contar que o tempo de orientação necessário aos alunos é também necessário para os professores o que contribuirá para uma liderança pouco eficaz nos momentos iniciais da visita que se propagará aos alunos incorrendo-se na necessidade do professor desempenhar durante algum tempo o papel de fiscal de disciplina e acabando estas visitas por se assemelharem a *excursões de alunos e professores que surgem sem qualquer tipo de contextualização e/ou planificação antes e depois da visita, razão pela qual se pode considerar que estes espaços estão subaproveitados* (Freitas e Martins, 2005).

Freitas e Martins (2005) consideram que se esta preparação não merece que a maioria dos professores a façam é sinal de que as visitas aos museus e centros de ciência não assumem tanta importância como um recurso a incluir na complementação da educação formal. Apesar de quando inquiridos sobre a importância destas visitas referirem que estes espaços são fundamentais para os alunos perceberem Ciência, o

empenho na preparação indica precisamente o oposto. É necessário que se modifiquem estas atitudes, revalorizando-se a sua integração plena das actividades na planificação disciplinar para que funcionem na reestruturação dos conhecimentos dos alunos, na sua formação integral e na complementação das aprendizagens feitas em ambiente formal funcionando como estratégias inovadoras e motivadoras.

3.5. – A relação entre os museus e as escolas

A aquisição do conhecimento científico pode fazer-se de várias formas e esse conhecimento adquirido tem *um elemento de liberdade*, uma vez que o seu acesso, nas palavras de Carla Tôzo (2005), *transforma a pessoa num sujeito activo na construção da sua história*. É talvez uma das frases que melhor ilustra o esforço que é dispendido pela escola, pelos museus e centros de ciência quando pensam e repensam as formas que devem utilizar para melhor comunicar ciência. Da leitura dos mais variados artigos sobre a relação existente entre a escola e os museus e centros de ciência é relevante um aspecto incontornável, apesar destes museus/centros se destinarem a toda a população de uma forma geral, é sobretudo a comunidade escolar que procura estes espaços, integrando as suas visitas nos planos anuais de actividades das escolas. Esta parceria determina o sentido de desenvolvimento destes espaços, investindo em tornar esta ligação mais estreita, de maneira a satisfazer o seu público mais representativo. As várias investigações sobre a aprendizagem que se realiza nestes espaços de divulgação científica têm, normalmente, como amostra alunos de diferentes faixas etárias, o que é indicativo do que afirmávamos anteriormente. No entanto a parceria desenvolvida serve ambos os lados de uma forma bastante expressiva, se por um lado o grosso dos visitantes dos museus são cidadãos em idade escolar integrados em visitas de estudo, também não é menos verdadeiro que estas visitas proporcionam actividades diferentes das que a escola normalmente propõe aos seus alunos. Os museus e centros de ciência surgem, no panorama educacional, como um importante aliado capaz de facultar aos jovens aprendizes experiências diferentes, um melhor contacto com o conhecimento científico, com a sua construção e a sua aplicabilidade quotidiana. Estes espaços são importantes locais de aprendizagem não formal que possibilitam a aquisição e o desenvolvimento de valores, competências e habilidades numa prática educativa transcultural que ultrapassa as paredes da sala de aula e integra saberes, valores, costumes e tradições. A educação deve estar atenta à diversidade social e ser a primeira a promover um ensino dialogante e problematizador que integre todos os saberes científico, social e escolar (Oliveira, 2000 *in* Lozada *et al*, s. d.).

As visitas aos museus e centros de ciências promovem a saída dos conteúdos das salas de aula, permitem que os alunos constatem que os conhecimentos adquiridos têm

uma aplicabilidade quotidiana em várias actividades, rotinas que lhe estão próximas mas que nunca consideraram ou que nunca lhes foi dado a conhecer no ambiente escolar. Permite-lhes, inclusivamente, expandir o seu conhecimento de base relacionando-o com novos dados, novas experiências e com novas pessoas. A visita a um museu ou centro de Ciência ultrapassa largamente a vertente recreativa, proporcionando, em simultâneo, um alargamento de conhecimentos e competências, que se faz a partir de uma aprendizagem relevante e duradoura que se forma de experiências concretas (Sant'Ana, sem data).

A relação dos museus e centros de ciência com a escola estende-se para além dos alunos, muitos deles, em vários países (Alemanha, Estados Unidos, Grã-Bretanha, Brasil, México e Portugal) a formação de professores é também prioritária, criando neste público uma especial competência para recorrerem da melhor forma possível a estes espaços e proporcionarem uma visita completa e frutífera aos seus alunos. A formação dada por estas instituições visa, igualmente, colmatar deficiências de formação científica, actualizando conteúdos científicos e alertando para as possibilidades de exploração e utilização de recursos semelhantes, nas escolas, aos que se encontram disponíveis nos museus (recorde-se o caso exposto do *Exploratorium*, em S. Francisco). A preocupação de que a informação científica seja trabalhada para fazer pensar todos quantos contactem com ela suplanta a mera transmissão, pelo que se aposta cada vez mais em iniciativas que privilegiem as actividades interactivas.

Se a escola detinha já um importante papel na sociabilização das comunidades em que está inserida, a sua associação com os museus potencia ainda mais o seu papel integrador e de popularização da ciência em sociedades menos desenvolvidas.

As exposições didácticas desempenham uma importante função. Cada vez mais se reconhece o papel educativo que os museus exercem na educação não formal da população. A aposta em exposições abrangentes que possam chegar, ao mesmo tempo, a vários destinatários torna-os mais atractivos e surgem como uma alternativa para levar a toda a família conteúdos que contribuem para uma cultura científica mais alargada, sendo visto actualmente, como um local para o ócio, contribuindo para a interacção social dos visitantes (Peña de Camus, 2005). Os museus são importantes complementos da formação formal, deslocando a sala de aula para novos espaços, que se podem tornar

motivadores e despertadores de curiosidades afectando, de forma positiva, os alunos que a eles têm acesso.

No entanto, há que pensar em repensar a forma como os grupos escolares recorrem aos museus ou exposições com o intuito de obter conhecimento. Tanto os museus como as escolas necessitam de se empenhar, verdadeiramente, desenvolvendo novas estratégias e linhas de actuação para que esta busca de conhecimento aconteça na realidade e seja, no final, um objectivo alcançado.

Um estudo levado a cabo por Soraya Peña de Campus do *Museu Nacional de Ciencias Naturales* (Madrid) publicado em 2005, na revista *Enseñanza de las Ciências*, com o objectivo de avaliar a aprendizagem informal no contexto dos museus, revela-nos dados interessantes, inesperados e ao mesmo tempo preocupantes. Aproveitando a realização de três exposições de temática paleoantropológica em três cidades diferentes (Madrid, Burgos e San Sebastián) o Museu Nacional de Ciencias Naturales impulsionou uma investigação que pretendia saber se se processava algum tipo de aprendizagem nos vários tipos de população que afluíram a estas exposições (grupos escolares de vários níveis, pessoas individuais, grupos familiares) e qual o grupo que mais aprendia com a visita aos museus. A través de pré e pós-testes²² a investigadora pôde analisar a diferença entre o nível de conhecimentos antes da visita à exposição e o nível de conhecimentos após essa mesma visita e também se existiam diferenças entre os grupos escolares que prepararam a visita e os que não realizaram esta preparação.

Quanto aos grupos escolares que visitaram as exposições verificou-se que os grupos de estudantes universitários são os que chegam à exposição com um nível de conhecimentos mais elevado e apresentando, igualmente, no final da exposição um nível superior de conhecimentos adquiridos. À medida que o grau de escolaridade vai diminuindo, também o nível de conhecimentos à chegada e à partida da exposição diminui progressivamente. Os estudantes universitários serão, por isso, os que melhor aproveitam estas exposições e os que mais aprendem.

Os resultados demonstraram, também, que a diferença entre os conhecimentos antes e depois da visita às exposições são influenciados pelas pessoas com as quais se realiza esta actividade. Constatou-se que as diferenças de conhecimentos antes e depois

²² Questionários que eram preenchidos pelos visitantes maiores de 12 anos escolhidos aleatoriamente.

são maiores entre pessoas que realizaram a visita com familiares e amigos, revelando-se ser o grupo que mais aprende, e menores nos que a realizaram em grupo escolar.

Quanto à comparação feita entre os grupos escolares que preparam a visita e os que não realizam esta preparação verificou-se que, de uma forma geral, a preparação antecipada da visita às exposições não provoca diferenças significativas no nível de conhecimentos com que os alunos chegam aos museus, nem no nível com que deixam as exposições, em alguns casos verifica-se mesmo que chegam com um nível inferior e são os que menos aprendem com estas actividades.

O estudo conclui que os grupos que se dirigem aos museus ou às exposições com o intuito de aprenderem (grupos escolares) são na realidade os que menos aprendem, apresentam uma diferença pouco significativa entre os conhecimentos iniciais e finais; já os que se dirigem aos museus ou exposições com intenções lúdicas e de entretenimento, apresentam diferenças significativas entre o nível de conhecimentos iniciais e os conhecimentos obtidos com as visitas. Com estes resultados, a investigadora conclui que a preparação das visitas escolares tem muito pouca ou quase nenhuma expressão, devendo, na escola, repensar-se a forma como se faz esta preparação e nos museus, como motivar o público escolar.

3.5.1. – O caso da exposição didáctica da Serra do Marão

No caso da exposição didáctica sobre a Serra do Marão consideramos que uma visita a este espaço, projectado também para preparar possíveis saídas de campo, se revela crucial uma vez que os alunos contactarão ao vivo com os processos geodinâmicos envolvidos na formação da paisagem actual. Uma actividade deste tipo e que pode ser complementada com posteriores saídas de campo, para observar *in loco* todos os fenómenos explorados dentro de portas, cumpre os objectivos necessários à formação completa destes jovens. Conseguiria desenvolver o carácter cognitivo, uma vez que existe cuidado no tipo de informação que é transmitida, bem como um enquadramento curricular que não crie dificuldades de compreensão aos alunos tendo em conta a sua faixa etária; desenvolver-lhes-ia as suas capacidades afectivas e sociais, uma vez que as actividades (no museu e no campo) se desenvolveriam em grupo

realçando a importância de um trabalho conjunto e da partilha de ideias, formas de trabalhar, experiências e capacidades.

As actividades a desenvolver teriam também como última meta despertar um interesse de professores e de alunos para a aprendizagem das Geociências, proporcionando-lhes a oportunidade de contactar directamente com os fenómenos que encontramos ilustrados no nossos manuais, mas que desconhecemos que estão tão perto de nós. O facto de se ter escolhido um local onde nas proximidades não existe nada do género constitui um factor que imediatamente os motiva para a visita e para a aprendizagem. Sempre que ao longo das aulas, no espaço escolar, se faz referência a um dado conteúdo como por exemplo a tectónica de placas, os conceitos deixam o seu nível de abstracção característico quando se lhes diz que a serra contém provas deste *viajar dos continentes*. É entusiasmante verificar que o facto dos alunos se aperceberem que muito do que aprendem se encontra a dois passos diminui a forma com que enfrentam estes novos conhecimentos, bem como o receio que têm de não os compreenderem.

As múltiplas actividades que integrariam a exposição didáctica representariam diferentes formas de aprender ciências, ajudadas pela existência de várias motivações e estilos de aprendizagem. Estas actividades contribuem para a alfabetização científica dos visitantes e constitui uma nova ferramenta para os professores da região na leccionação de conteúdos que por vezes se tornam difíceis de transmitir, uma vez que nos faltam os exemplos vivos ao nosso lado (Gavidia *et al*, 2005).

Alguns estudos (Santos *et al*, 2005, por exemplo) têm-se debruçado sobre a importância da existência de exposições, museus e Centros de Ciência, visto constituírem um meio eficaz de transpor as práticas pedagógicas para além da sala de aula, melhorando o processo de aprendizagem dos alunos. Os méritos da aprendizagem nestes meios são reconhecidos desde o 1º ciclo até às classes de estudantes universitários, desenvolvendo-se inúmeras actividades desde as simples visitas, até à construção de exposições pelos alunos de licenciaturas de ensino que se tornam responsáveis pela idealização e implementação das mesmas como forma de aprendizagem das didácticas de ensino. Utilizando esta estratégia teremos a porta aberta para que se inicie a educação científica desde tenras idades, familiarizando as nossas crianças com termos que se vão tornando menos abstractos e diminuindo o efeito surpresa quando são ouvidos nas escolas. É indubitável o benefício destas actividades

na aprendizagem, quando comparamos as oportunidades que crianças de diferentes meios possuem ao seu dispor. Facilmente, nos apercebemos que os alunos que mais viajam, que mais frequentam museus, que melhores meios possuem para obter conhecimento fora da escola, incorporam mais facilmente e não se surpreendem tanto com novos conceitos ou conteúdos, muito porque já numa situação ou noutra foram confrontados com esses termos ou esse conhecimento.

Estes centros de conhecimento tornam-se por isso importantes como complemento da aprendizagem formal feita nas escolas e revelam-se importantes na exploração de concepções alternativas que os alunos possuem, reforçando a aquisição de conteúdos cientificamente correctos (Martins, 2000 *in* Santos *et al*, 2005).

A preocupação de levar a Geologia ao conhecimento de todos desenvolveu, no nosso país as inúmeras actividades desenvolvidas pelo Programa Ciência Viva, na Geologia de Verão. Nestas actividades, o público de diferentes faixas etárias e profissões converge no seu interesse pelo conhecimento geológico e no prazer do contacto com a natureza. Este tipo de programas constitui uma semente que uma vez despertada se multiplica em vontades de conhecer cada vez mais e cada vez melhor. Quanto mais as iniciativas favorecerem áreas próximas da residência dos indivíduos que se inscrevem, maior é o seu êxito, uma vez que existe uma curiosidade crescente em conhecer a palmo tudo o que se relacione com a nossa região. Conhecidas as proximidades, o interesse impera a que se alarguem horizontes e se conheça um pouco mais além.

É com grande agrado que em algumas das iniciativas do ano de 2006 levadas a cabo pela UTAD²³, mais especificamente pelo Departamento de Geologia se verificou a adesão de pessoas de diversas origens, não deixado, no entanto de se ressaltar a quantidade de professores que utilizam estas saídas de campo, não só para aumentar os seus conhecimentos, como também para os utilizarem nas suas práticas didácticas com os seus alunos. É uma das provas que alguns docentes, mesmo no seu período de férias (as saídas realizaram-se entre Julho e Setembro) não deixam de procurar formas de enriquecimento que, ao longo do ano lectivo, darão, com certeza, frutos ao apresentarem aos seus alunos os conteúdos de outras formas e ao utilizarem exemplos de grande

²³ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

proximidade geográfica das escolas onde leccionam. Todas estas iniciativas contribuirão para que a região seja melhor conhecida, mais respeitada, verificando-se que os fenómenos geológicos edificaram a paisagem ao alcance da janela da sala de aula.

Parece insignificante estar sempre a recalcar esta proximidade geográfica, no entanto, para os alunos constitui um fenómeno de grande admiração quando por algum motivo ao leccionarmos os conteúdos, lhes damos exemplos de locais ao alcance de todos. A aprendizagem de um dado tema que utiliza exemplo de locais que desconhecem ou que simplesmente viram em fotografias, não é tão significativa como aquela em que nos servirmos dos *nostros exemplos*. Estes últimos são mais rapidamente assimilados, os que mais perduram na memória dos estudantes e que passarão de boca em boca, sendo transmitidos no seio de amigos ou de família.

Estas iniciativas têm, por isso, sido objecto de várias reflexões e trabalhos em muitos países. Outro exemplo vem da vizinha Espanha, onde as Universidade de Barcelona, Sevilha e Castilla-la-Mancha, têm desenvolvido várias investigações sobre a importância das visitas de campo, do museus geológicos e também de uma parceria entre ambos estes recursos didácticos, como forma de fazer chegar às populações um conhecimento geológico mais eficaz. No nosso país também surge, em grande escala, esta preocupação, verificando-se a existência de trabalhos que pretendem despertar e motivar para a aprendizagem em Geociências desde o 1º ciclo até ao ensino universitário, em muitas universidades (Aveiro, Porto, Lisboa, Vila Real e Évora). Assim como em universidades argentinas e brasileiras, onde o ensino da Geologia constitui, igualmente o centro das atenções de vários investigadores.

Todas estas diligências feitas com o objectivo primordial de desenvolver e tornar mais atraente o ensino das Geociências não deve cair no esquecimento, por isso, os trabalhos a desenvolver seriam de cariz fixo no Museu de Geologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, com material de apoio que poderá ser utilizado sempre que algum professor pretenda proporcionar novas experiências aos seus alunos. Embora o estudo se direcione, como já antes foi dito, para alunos do 3º ciclo, facilmente poderá ser adaptado aos alunos do secundário, bastará para isso introduzir um maior grau de dificuldade em algumas das actividades, tornando-as mais direccionadas para este nível de aprendizagem.

Surtem assim dentre os objectivos deste trabalho, aliciar os professores a utilizarem uma actividade didáctica que complete o trabalho desenvolvido no museu com possíveis saídas de campo, na qual os alunos possam tomar contacto directo com a verdadeira dimensão dos fenómenos geológicos analisados, não se ficando apenas por maquetas ou simulações das mesmas. Correríamos o risco dos alunos nestas idades mais novas, perderem desde já, a noção de que os fenómenos geológicos são mais abrangentes do que imaginam o que dificultaria, mais tarde, a aprendizagem de novos conceitos e de novos conteúdos. O facto dos alunos imaginarem a Geologia em pequena escala é um entrave muito difícil de ultrapassar quando leccionamos a noção de tempo geológico, fenómenos de tectónica de placas ou de metamorfismo. A observação *in situ* das áreas afectadas por alguns destes fenómenos, para além de aumentar a espectacularidade e a admiração com que passam a encarar a Geologia, cria-lhes uma noção mais aproximada da verdadeira abrangência de alguns fenómenos.

Como objectivo surge também, e como não poderia deixar de ser, provocar estímulos positivos para fomentar o interesse pela Geologia (Ortega, 2005). Ao se criarem novos recursos utilizáveis pelos alunos, criamos a sensação de que eles próprios encarnam o papel de geólogos e conseguem descortinar alguns dos acontecimentos que originaram uma determinada paisagem. Desta forma apostamos numa introdução feita no Museu de Geologia a fim de partilharmos iniciativas que levarão os alunos a concluir quanto às consequências de um dado acontecimento. Estas conclusões feitas dentro de portas serão fundamentais para possíveis saídas de campo, nas quais os alunos terão a oportunidade de aplicar conhecimentos que não só adquiriram no museu, como também que adquiriram ao longo da sua formação académica. Esta actividade dá oportunidade à materialização de conceitos geológicos mais abstractos, tornando-os mais acessíveis e assimiláveis como também proporciona a aprendizagem de novos conteúdos para os quais, propositadamente, os alunos não foram preparados. Recorde-se que não se trata de uma actividade de revisão de matéria dada, mas sim de uma actividade de aplicação e aquisição de novas competências e reestruturação de conhecimentos.

O espaço do museu torna-se, desta feita, muito diferente do ideal segundo o qual foi concebido primariamente. Ou seja, um espaço ao serviço das academias que expõem objectos resultantes de estudos e descobertas mas que se encontram longe do público.

Os museus eram espaços reservados aos membros destas academias encerrando um conhecimento que era exclusivo de altas esferas intelectuais. Só em 1936, no *Palais de la Decouverte*, em Paris, se abrem as portas para deixar que o público, em geral, partilhe das exposições mas sem interagirem com elas. Apenas constituíam um mostruário de instrumentos e experiências científicas para apreciação e admiração do público menos conhecedor. No entanto o aparecimento de Centros de Ciência e dos museus com conceitos mais modernos cultivam como seu lema a criação de exposições atractivas que motivem as visitas do público e que lhe permita assimilar conteúdos científicos e pertencentes aos currículos escolares. Esta nova ideologia dos museus permite que o público que os visita *construa uma base sólida para uma posterior aprendizagem de novos conceitos e a reestruturação dos conhecimentos prévios* (Ortega, 2005).

Se observarmos com atenção verificamos que a ideologia dos museus acompanha a par e passo as tendências das metodologias de ensino nas escolas. Se no passado se privilegiavam as aulas expositivas, nas quais o aluno não possuía papel activo, hoje apostamos num método de ensino que desenvolva o aluno nas suas várias vertentes, em processos que o envolvam e em que ele tem que ter uma parte activa. Considerando que os museus são espaços de aprendizagem, por excelência, verificamos que com esta nova forma de organizar as suas exposições estarão a acompanhar as inovações que devem ser feitas nas escolas. Neste tipo de actividade o docente desempenhará o papel de guia ou moderador que acompanha os alunos nas actividades, motivando-os a avançar interrogando-os de forma a fomentar as interacções grupais geradoras de confronto de ideias e discussão sobre as actividades que se desenrolam com o objectivo de por si só de desencadear aprendizagens significativas.

Os museus, actualmente, passaram de locais meramente expositivos, a são espaços de educação não formal dirigido a um público autodidacta. Estes centros são importantes complementos para a educação formal feita nas escolas, constituindo recursos insubstituíveis na leccionação e motivação para a aprendizagem das Geociências, suprimindo a falta de apetrechos das escolas.

Segundo Esteves (2004) no seu estudo intitulado *Centros de Ciência. Aplicação e divulgação do Património Geológico de Trás-os-Montes e Alto Douro* no qual analisou, através de inquéritos realizados a alunos e professores da região de Trás-os-Montes e Alto Douro, pertencentes aos Centros de Área Educativa (CAE) de Vila Real e

Bragança, o conhecimento desta amostra relativamente aos museus e centros de ciência existentes, hábitos de visitas a estes espaços, património geológico da região, entre outros assuntos, existe um reconhecimento, tanto de professores como dos alunos, da importância do património geológico da região. No entanto verifica-se que os inquiridos revelam preocupação mediante o facto de este património não se encontrar devidamente divulgado e acessível aos estabelecimentos de ensino.

As conclusões deste estudo são de grande importância para nós, uma vez que permite ter uma visão mais alargada das preferências, prioridades e tendências de alunos e professores da região para a qual se destina, prioritariamente, a exposição didáctica.

Através da análise dos inquéritos aplicados a este universo ficamos a saber que:

- 1) *os professores detêm algum conhecimento do património geológico das Serras do Marão e do Alvão, apontando-os como lugares de interesse geológico.*

Esta conclusão predispõe a amostra para a visita uma exposição que retrate e explore alguns dos processos geológicos envolvidos na formação da Serra do Marão no sentido de, sem terem de se deslocar ao local, aprofundarem o seu conhecimento e alargando-o aos seus alunos.

Verificando as actividades que os professores desenvolvem nas suas escolas, o autor conclui que:

- 2) *as colecções de rochas constituem os recursos geológicos existentes;*
- 3) *as saídas de campo se concentram mais no 7º ano de escolaridade;*
- 4) *a frequência das saídas de campo está condicionada pela existência de roteiros ou pelo conhecimento que o professor tem dos recursos geológicos da região, razões pelas quais se fazem muito poucas;*
- 5) *as actividades práticas realizadas nas escolas sobre conteúdos de Geologia são extremamente escassas e não aumentam significativamente mesmo que existam, na escola, equipamentos e materiais adequados;*
- 6) *a extensão dos programas curriculares é apontada pelos professores como a principal justificação dada aos alunos para a não realização de actividades experimentais ao longo do ano lectivo;*

Estes dados vêm reforçar a urgência da criação de um conjunto de recursos didácticos que possam ajudar os docentes a complementarem o trabalho desenvolvido nas escolas, promovendo o conhecimento geológico da região e facultando aos seus alunos a possibilidade de construírem, por eles próprios, o seu conhecimento. Os recursos apontados como urgentes, neste estudo, referem-se principalmente, a um conjunto de roteiros geológicos que já existem ou em roteiros elaborados pelo Departamento de Geologia da UTAD e disponíveis na sua biblioteca, acessíveis a todos quantos tenham vontade e empenho de dar a conhecer o património geológico a que se referem.

A nossa exposição didáctica chamaria a atenção para alguns locais, directamente, relacionados com os conteúdos geológicos leccionados ao nível do 7º ano de escolaridade que são, perfeitamente, adaptáveis a outros níveis de ensino, nomeadamente ao secundário. Também neste aspecto os docentes possuem, actualmente, mais oportunidades de diversificarem as suas práticas pedagógicas.

No que se refere ao ponto de vista de docentes e discentes face aos museus e Centros de Ciência (aspecto que nos interessa de sobremaneira, uma vez que nos propomos a edificar uma exposição) verificamos que:

- 1) *os professores possuem uma visão muito aproximada do actual conceito de museu, considerando que estes são espaços interactivos e dinâmicos e que desempenham um importante papel como promotores culturais;*
- 2) *a falta de divulgação destes locais alheada à falta de tempo constituem as principais razões para as poucas visitas realizadas a estes espaços;*
- 3) *as visitas a museus ou exposições acontecem uma vez por ano, apresentando os alunos do 7º ano (comparação feita entre alunos do 7º ano e 10º ano de escolaridade) uma maior predisposição para este tipo de actividade;*

4) os museus e as exposições situam-se em localidades distantes desta região, diminuindo a frequência com que são utilizadas como meios de complemento da educação formal;

Se observarmos o mapa traçado por Neves e Santos (2006) verificamos que a grande maioria dos museus se situam nas zonas litorais (figura nº 5) e se lembrarmos a enumeração dos vários Centros de Ciência Viva feita nas páginas 47 e 48, facilmente nos aperceberemos que todos eles se situam fora desta região em estudo.

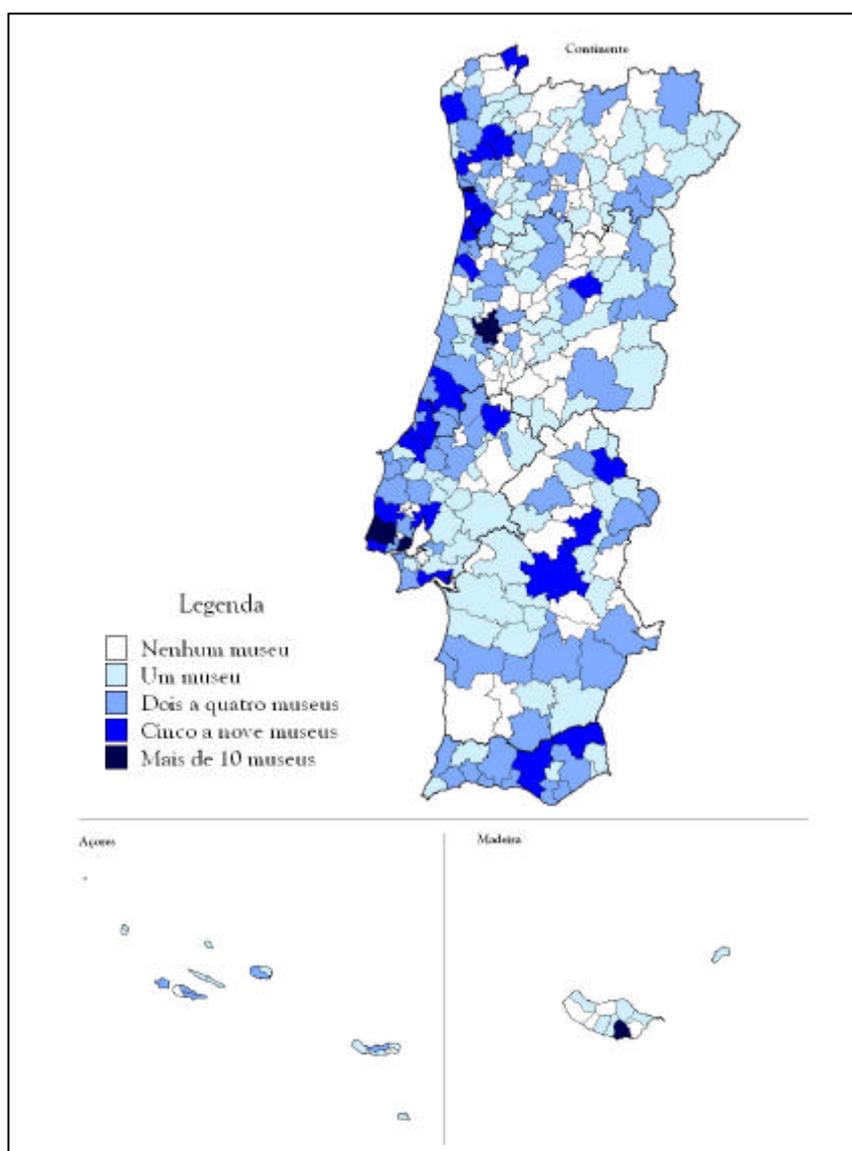


Figura 1 - Museus por concelho (2006) n=618 (adaptado de Neves e Santos, 2006).

- 5) *inquéritos aplicados a visitantes do Pavilhão do Conhecimento, independentemente da localidade onde residem justificam a pouca frequência de visita a estes espaços devido à fraca motivação/sensibilização que sentem face a estes espaços;*
- 6) *os alunos não têm por hábito frequentar Centros de Ciência;*
- 7) *os professores realçam que as “oficinas experimentais”, dos Centros de Ciência, são as actividades de maior realce, admitindo subjectivamente que os objectivos propostos quando se faz uma visita a estes centros só serão atingidos se os visitantes interagirem para conseguirem uma assimilação eficaz de novos conhecimentos;*
- 8) *nos alunos ainda permanece a noção que o museu é estático, facto que os retrai dos módulos interactivos apresentados pelos museus dinâmicos e Centros de Ciência;*
- 9) *a maioria dos professores inquiridos apoia a criação de um espaço interactivo que foque a geologia da região e o seu património correspondente que serviria como um espaço privilegiado de educação não formal, complementar ao espaço de educação formal preconizado pelas escolas e capaz de divulgar e auxiliar na protecção de um património regional;*
- 10) *os recursos didácticos e protocolos experimentais utilizados pelos professores, nas suas escolas são poucos, gerando um ensino demasiadamente expositivo e passivo.*

As conclusões a que chegou este estudo são de grande valia, uma vez que ajudam a traçar as linhas orientadoras de uma exposição que possua senão todas, mas a maioria das propostas apresentadas por professores e alunos. De facto, torna-se muito importante desenvolver no interior do nosso país centros interactivos que possibilitem aos alunos mais afastados das zonas litorais, mais desenvolvidas e repletas de oportunidades para a aprendizagem, beneficiar de actividades que os auxiliem a vencer o isolamento, equiparando as oportunidades de desenvolvimento de competências e conhecimento entre crianças de realidades muito distintas. A proximidade de um museu interactivo poderá ser um dos factores que conduza a um aumento de procura de uma

exposição que permita a interacção entre os visitantes e os conhecimentos que se desejam explorar.

A relação que se pretende estabelecer entre os conteúdos curriculares e os módulos da exposição são de vital importância, no nosso ponto de vista, visto os professores alegarem, como razão justificativa para as poucas visitas de estudo que levam a cabo, a falta de tempo para explorarem os conteúdos curriculares, facto aliás que não se pode descurar visto que, na realidade, os docentes lutam contra a escassez de tempo para explorarem, convenientemente, e de forma diversificada, utilizando diferentes metodologias de ensino/aprendizagem, os conteúdos que fazem parte dos currículos de Ciências Naturais. Construindo uma exposição que foque aspectos geológicos entrosados nos currículos e que funcionasse como um complemento das aulas e mais uma ferramenta de reforço para tornar a aprendizagem mais eficiente estaríamos a modificar, simultaneamente, a forma como os docentes encaram as visitas aos museus: uma actividade que podem realizar à custa de muita força de vontade de fazer com que os seus alunos contactem com outras formas de cultura científica, em detrimento de tempo que lhes permita concluir o programa da disciplina. A exposição didáctica funcionaria como uma ferramenta capaz de lhes proporcionar novos moldes de transmissão dos mesmos conteúdos que seriam focados na sala de aula, recorrendo a um espaço que as escolas da região já afluem com alguma regularidade. Os docentes contactariam com protocolos novos e relacionados com os conteúdos curriculares que poderiam, também adoptar, ou levar às suas escolas diminuindo a falta de recursos didácticos nos estabelecimentos de ensino.

A criação de um centro de recursos interactivos facultaria a possibilidade dos alunos, pelo menos, a partir do 3º ciclo iniciarem o contacto com museus interactivos modificando a noção que detém, actualmente, de que estes locais são meros reservatórios de objectos que não podem ser tocados. A criação deste hábito permitir-lhes-ia aproveitar melhor a potencialidade de outros locais e centros de ciência que visitassem futuramente, tornando a visita mais agradável e frutífera.

As preocupações que se tornam características desta amostra docente, não são exclusivas do nosso país. A preocupação de se estabelecer uma interligação forte entre o sistema de ensino e os museus e centros de ciência é uma preocupação mundial. Desde a América Latina, até à América do Norte, bem como na Europa as preocupações são

similares. Embora o tipo de país em que se encontra o museu dite o conteúdo das suas exposições²⁴, a interactividade está sempre presente nas exposições que actualmente são mostradas ao público, bem como uma constante preocupação em comunicar de forma acessível e eficaz.

Segundo Rubini *et al* (2005), na reflexão que fazem sobre os museus e Centros de Ciência afirmam que: *os Museus e Centros de Ciências devem ser reinventados, transformando-se mais num berçário de ideias, oficinas de criação e local de formação pessoal, além de encontros de ciência e arte. Talvez os Centros e Museus de Ciências não devam estar restritos a um local físico e, sim ser uma casa sem portas e paredes e, como o artista, todo o cientista “devesse ir, onde o povo está”(...).*

²⁴ Um país com desenvolvimento mais precário em que a sua população ainda se debata com um elevado grau de iliteracia científica tem como principal prioridade o desenvolvimento de uma cultura científica sólida. Na Índia, por exemplo, a comunidade científica luta contra o misticismo, fortemente, enraizado na sua população; no Brasil, a popularização da Ciência é um dos objectivos prioritários a alcançar, uma vez que nem toda a população tem acesso ao ensino formal, pelo que estes museus são, por vezes, o meio mais próximo para obter novos conhecimentos. Algumas das actividades desenvolvidas pelos museus e centros de ciência, nestes países, consiste em levar, até às populações, cientistas disfarçados de homens-deuses, que executam uma série de *proezas mágicas* e que em seguida explicam às populações as bases científicas das acções preconizadas. Nos países mais desenvolvidos, a acção principal dos museus e centros de ciência está centrada em filtrar os conhecimentos científicos que chegam até uma população com grandes facilidades de obtenção de informação científica que por vezes e dependendo da sua fonte não é transmitida da forma mais correcta e adequada (Rubini *et al*, 2005).

CAPÍTULO IV – A CONSTRUÇÃO/PLANIFICAÇÃO DOS RECURSOS DIDÁCTICOS DA EXPOSIÇÃO

4.1. – As temáticas geológicas envolvidas na exposição

4.1.1. – A evolução geodinâmica da Ibéria

4.1.2. – A evolução geodinâmica da Serra do Marão

4.2. – A exposição didáctica

4.2.1. – Os recursos didácticos a utilizar

4.2.1.1. – A maqueta da Serra do Marão

4.2.1.2. – Os painéis didácticos

4.2.1.3 – As actividades experimentais

4.2.1.4. – As saídas de campo

“Para que o cérebro da cabeça soubesse o que era a pedra, foi preciso primeiro que os dedos a tocassem, lhe sentissem a aspereza, o peso e a densidade, foi preciso que se ferissem nela.”

José Saramago (A Caverna)

4.1. – As temáticas geológicas envolvidas na exposição

Para se perceberem as temáticas que pretendem ser exploradas ao fazer-se a proposta desta exposição didáctica refere-se de uma maneira sucinta e despida de pormenores demasiadamente técnicos a evolução sofrida pela Ibéria que influenciou a geologia da Península Ibérica e conseqüentemente da região da Serra do Marão. O objectivo fundamental deste ponto passa pela apresentação dos fenómenos geodinâmicos envolvidos na evolução destas duas regiões para que se torne clara a sua importância no momento da delimitação e futura concepção dos módulos interactivos da exposição. A forma como são abordadas estas temáticas não se quis ser exaustiva para não desvirtuar o ponto central da dissertação que passa pela chamada de atenção para a importância da concepção de uma exposição que ao interagir com o público (escolar ou não escolar) lhes permita inferir, objectivamente, quando aos processos geodinâmicos envolvidos na construção da Serra do Marão ao mesmo tempo que percebem e relacionam melhor conteúdos geológicos abordados na sala de aula ou nos meios de comunicação social, auxiliando-os a reestruturar os seus conhecimentos nesta área e levando-os a criarem conceitos cientificamente correctos e coesos.

4.1.1. – A evolução geodinâmica da Ibéria

A disposição actual dos continentes da Terra para além de condicionar toda a biosfera modificou, igualmente, as suas formas e topografia contribuindo para o aparecimento de novas estruturas e cadeias orogénicas que assumem uma importância acrescida e que marcam a história geológica do planeta.

Esta modificação na conformação continental e oceânica do planeta deriva da constante abertura e fecho de oceanos que caracterizam o dinamismo típico da Terra. Estes ciclos – Ciclos de Wilson – que se coadunam com a Teoria da Tectónica de Placas descrevem fenómenos cíclicos de abertura e fecho de oceanos, motorizadas por movimentações mantélicas, que têm como consequência a junção ou fragmentação de massas continentais, modificando a arquitectura da Terra.

A Península Ibérica possui uma geologia capaz de comprovar algumas das transformações ocorridas devido a estas movimentações tectónicas. Segundo Ribeiro (2006), a Península Ibérica sofre Ciclos de Wilson há pelo menos 1000 Ma, podendo-se reconstituir alguns dos mais antigos através de registos que ficaram preservados no interior de outros ciclos posteriores.

A exposição de algumas rochas na península permitem-nos traçar a seu percurso geológico durante os últimos 600 Ma, período de tempo durante o qual a sua crusta sofreu evolução paleogeográfica e tectónica determinada por várias orogenias. A primeira terá sido a orogenia Cadomiana, que ocorreu no Pré-câmbrico, (600-530 Ma); a segunda, a orogenia Varisca ou Hercínica, que se desenvolveu do Devónico ao Pérmico (560-245 Ma) sendo a que mais influenciou a geologia peninsular (Noronha, 2005) e a orogenia Alpina que exerce a sua influência desde há 60 Ma até à actualidade (Quesada, 2003).

A orogenia Cadomiana é causada por uma zona de subducção de tipo peri-pacífico localizada em torno do supercontinente Pannotia, ao mesmo tempo que a Avalónia, Armórica e a Ibéria se localizavam na margem Norte de outro supercontinente: a Gondwana. Esta orogenia, que abrange rochas magmáticas de arco e uma bacia de pós-arco preenchida por sedimentos de baixo grau de metamorfismo, conserva ainda algumas relíquias de orogenias ocorridas no Paleoproterozóico (1900 Ma) representadas por granulitos de baixa pressão que se podem encontrar na zona imersa da Cantábria e do Mesoproterozóico (1200 Ma), na Zona da Ossa Morena, representado por rochas metamórficas de alto grau. As rochas do Cadomiano evidenciam eventos tectonometamórficos nas sequências do Neoproterozoico Superior e as sequências que este ciclo afecta *são recobertas em discordância angular por conglomerados situados próximo da base do Câmbrico, traduzindo uma descontinuidade entre os dois Ciclos de Wilson, o Cadomiano e o Varisco* (Ribeiro, 2006).

O Ciclo Varisco caracteriza-se por uma série de acontecimentos sequenciais que modificam a geografia do planeta abrindo, fechando oceanos e provocando choques continentais. Antes de se iniciar este ciclo, há 550 Ma, a Península Ibérica tinha uma localização diferente da actual com uma posição ligeiramente a Sul do Equador, mais precisamente sob o paralelo 30° S e do supercontinente Gondwana faziam parte muitas

regiões que hoje compõem a Europa Central e que sofre, ao longo do Paleozóico Inferior uma migração em direcção ao Pólo Sul (Coke *et al*, 2005).

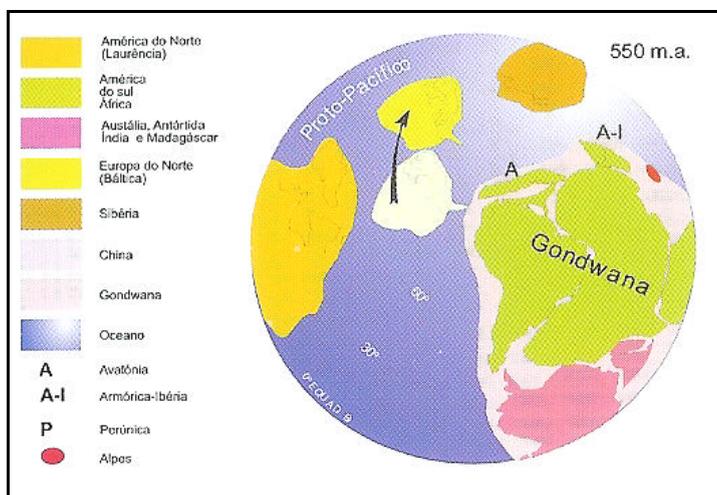


Figura 2 - Distribuição provável dos continentes há 550 Ma (adaptado de Hofmann *in* Coke *et al*, 2005).

Segundo Ribeiro (2006) poderemos ordenar cronologicamente estas transformações da seguinte forma:

- **540 a 420 Ma** – dá-se um processo de *rifting* intracontinental que tem como consequência a abertura dos oceanos Iapetus e Rheic com a formação de crusta oceânica nas zonas de maior estiramento crustal e a separação de alguns fragmentos crustais da margem norte da África, que integrava a Gondwana originando a Avalónia, a Armórica e provavelmente as partes crustais dos Alpes que iniciam um deslocamento para Norte como terrenos independentes. Este estiramento foi responsável pela formação de bacias sedimentares do Douro e das Beiras. Durante este período o depocentro que motivava a expansão da crusta oceânica sofre uma deslocação originando, em alguns locais uma inversão tectónica, a fase Sarda, em que se passa de um regime distensivo para um regime compressivo diminuindo a profundidade de certas zonas nas quais se começam a depositar grandes areais que estão na génese dos Quartzitos Armóricos. Este processo prolongou-se até ao Ordovício Médio (470 Ma) contribuindo para o alargamento do Rheic (Coke *et al*, 2005).

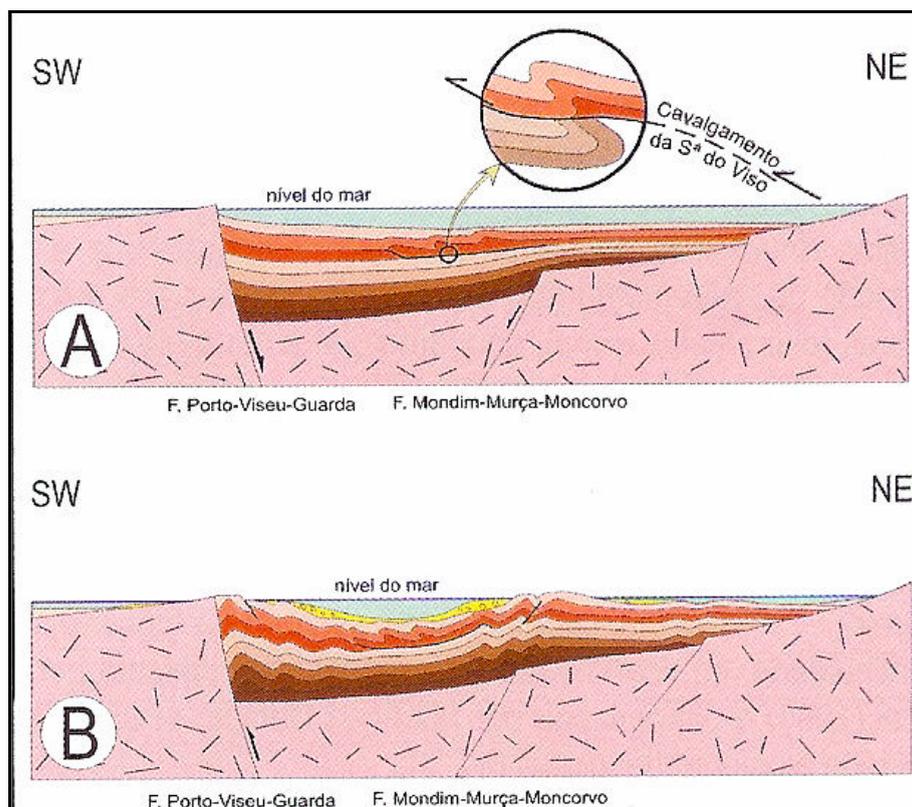


Figura 3 - Evolução da sub-bacia do Douro durante o Câmbrio Superior.

A - Episódio distensivo; B - Inversão Sarda (adaptado de Dias *et al*, 2006).

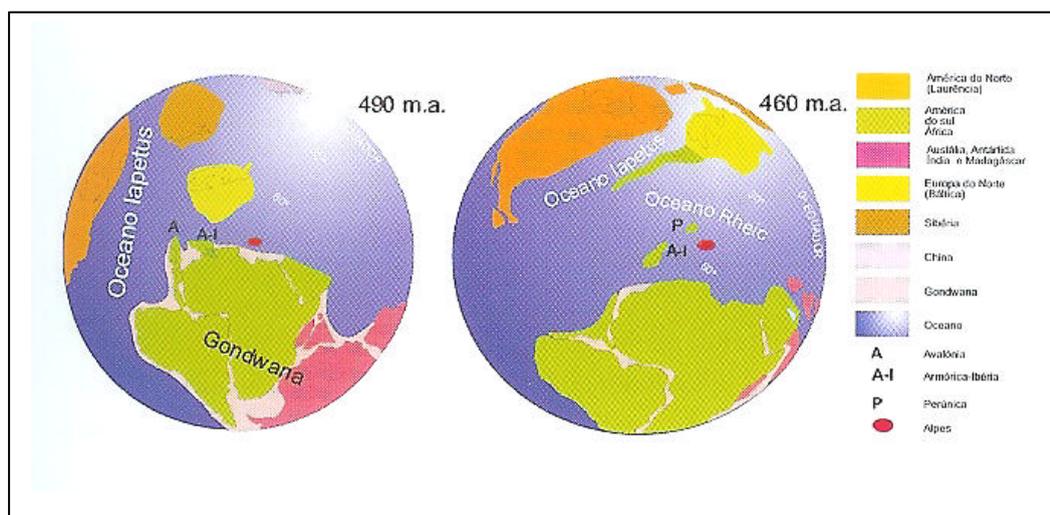


Figura 4 - Distribuição provável dos continentes há 490 Ma e 460 Ma (adaptado de Hofmann *in* Coke *et al*, 2005).

- 420 a 390 Ma – após a deriva da placa Armórica para Norte inicia-se da subducção nestes oceanos com a abertura subordinada de bacias marginais

pós-arco, obducção de lâminas ofiolíticas e eventos termometamórficos de alta pressão (Ribeiro, 2006) que originarão o orógeno varisco. Os materiais que se foram acumulando em ambientes marinhos de maior ou menor profundidade experimentam, durante este período de tempo, uma intensa deformação até ao final do Carbónico e que se pode observar em toda a região norte e em especial na Serra do Marão nas suas estruturas tectónicas (dobras, falhas, *boudins*, clivagens, entre outras). A Falha de Pena Suar é um exemplo de uma falha gravítica intraorogénica formada devido ao espessamento crustal resultante do encrutamento e empilhamento dos mantos, durante a segunda fase de deformação varisca, (D2) e que posteriormente foi dobrada pelos impulsos finais da compressão varisca durante a terceira fase de deformação (D3) (Coke *et al*, 2005);

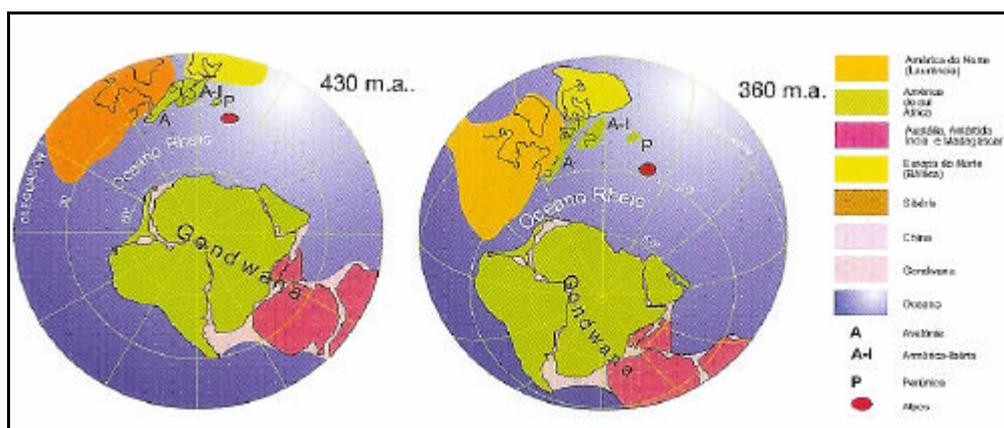


Figura 5 – Distribuição provável dos continentes há 430 Ma e 360 Ma (adaptado de Hofmann *in* Coke *et al*, 2005).

- **390 a 300 Ma** - colisão continental e orogénese com polaridade sedimentar e tectónica orientada em direcção à Zona Cantábrica a NE e Sul Portuguesa a SW, acompanhada de anomalias térmicas que geraram granitóides abundantes e fenómenos metamórficos de elevada temperatura (Ribeiro, 2006). As rochas granitóides que encontramos especialmente na parte setentrional do país no núcleo de grandes antiformas originados durante a D3 da orogenia varisca poderão ter resultado da fusão parcial da crosta inferior durante este processo orogénico. A sua intrusão tem como consequência o

desenvolvimento de processos metamórficos que promoveram a recristalização dos minerais, nas rochas encaixantes, desenvolvendo andaluzites e granadas nas litologias mais finas. A presença da D3 é identificada, também pela presença de filões de quartzo e de brechas graníticas soldadas por quartzo com direcção NE-SW cortando os maciços graníticos (Coke *et al*, 2005);

- **300 a 270 Ma** – deformação intracontinental transcorrente seguida de colapso orogénico localizado.

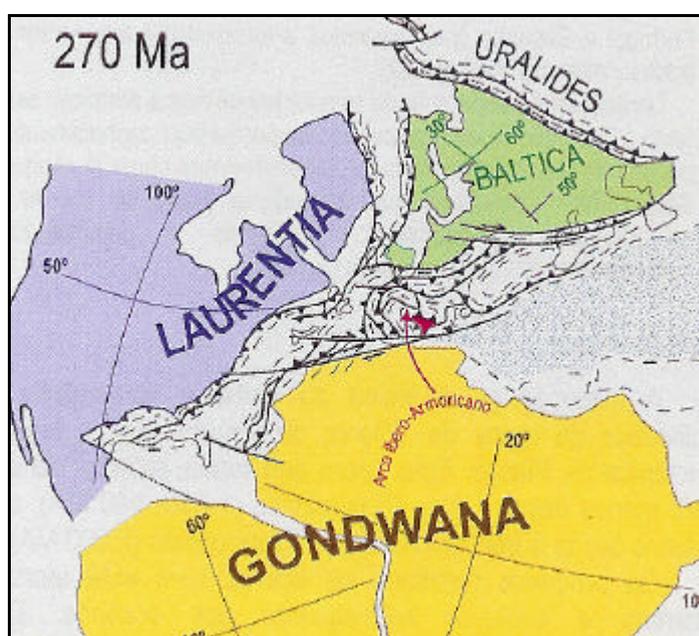


Figura 6 - A Cadeia Varisca no contexto dos orógenos paleozóicos péri-atlânticos do Pérmico (segundo Ribeiro, 2006).

No início desta orogenia existiam dois oceanos paleozóicos, um principal - o Rheic - que se origina devido à deriva da Avalónia em relação ao conjunto formado pela Armórica e Ibérica, com localização entre os continentes Laurência, Báltica e Avalónia, a noroeste e o continente Armónica, Ibérica e Gondwana, a sudeste e o oceano Paleotétis que surge devido à separação da Placa Armórica da Placa Ibérica por subducção da margem SE do oceano Rheic.

Ao longo do Paleozóico Inferior a geodinâmica da Ibéria leva a que aconteçam fenómenos de divergência de placas que fará da margem norte da Pannotia, uma

margem passiva e que para além de determinar uma nova posição relativa dos continentes determinará o nascimento e a conseqüente morte do Rheic e do Paleotétis. A divergência intraplaca inicialmente originada num sector mais a nordeste da ZOM transfere-se, na passagem do Câmbrico-Ordovício para uma posição mais a sudoeste onde inicia a abertura da crista média do Rheic. Esta mudança de posição do rift intracratónico de uma zona de fraqueza litosférica expressa pela zona de cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba, que corresponderia a uma sutura da anterior orogenia Cadomiana caracterizada pela presença de metamorfismo de alta pressão e possíveis ofiolitos (Ribeiro *et al*, 1990 *in* Ribeiro, 2006), foi motivada pela Fase Sarda para uma posição mais a sudoeste (Ferreira do Alentejo). A zona de cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo mantém-se activa durante todo o Ciclo de Wilson Varisco, funcionando como uma transformante e cortando as zonas de cisalhamento WNW-ESE de Tomar-Badajoz-Córdoba. A existência desta transformante torna possível localizar a Zona Centro-Armoricana (situada na transversal da placa da Armórica) no exterior do Paleotétis e a zona Centro Ibérica (da Placa Ibérica) com a margem interna do Paleotétis e na transversal da Ibérica (Munhá *et al*, 1984 *in* Ribeiro, 2006).

A Fase Sarda influencia a geologia da Ibéria uma vez que é responsável pela movimentação dextra ao longo do contacto ZCI/ZOM promovendo a formação de estruturas de orientação diferenciada da orogenia Varisca - as dobras da Fase Sarda possuem orientação ENE-SWS, enquanto que as variscas se orientam de NW para SE - bem como determinam fenómenos de magmatismo que acontecem em simultâneo com a deformação, uma vez que se encontram filões que acompanharam a instalação de granitóides no bordo Sudoeste da ZCI originados pela pressão sobre o soco cadomiano e que ocupam as fendas de tracção WNW-ESE das dobras sardas. No bordo nordeste instala-se o complexo plutovulcânico granítico do Olho-de-Sapo (Ribeiro, 2006).

Ao longo do Ordovício Inferior o transporte de material produzido no supercontinente Gondwana é responsável pela deposição dos Quartzitos Armoricanos em todo o terreno Ibero-Armoricano.

Durante o Ordovício Superior (Caradociano-Ashgiliano) e o Silúrico inicia-se a abertura efémera do oceano Paleotétis que fará a separação entre a placa da Armórica e da Placa Ibéria no Devónico Inferior. Esta abertura logo seguida do fecho foi condicionada pelo outro oceano existente (o Rheic), os dados geoquímicos do Terreno

Ofiolítico Ibérico apontam para o facto do Paleotétis ser uma bacia pós-arco gerada pela subducção do Rheic entre os 460 e 440 Ma.

À abertura do Rheic segue-se também o seu fecho (500-470 Ma) devido à subducção na margem a oeste e norte da placa Armórica-Ibérica. A subducção deste oceano é feita em “roll-back” (para trás) provocando a abertura do Paleotétis e criando a divisão entre a Placa Armórica e a Ibérica (420-390 Ma). A migração da zona de subducção em sentido contrário gera compressão e consequentemente o fecho do Paleotétis ao mesmo tempo que o oceano Rheic chega também ao seu *terminus* (390-370 Ma). Restam algumas dúvidas quanto à extensão deste oceano não se sabendo ao certo se o seu fecho terá acontecido entre os 390 e 370 Ma e neste caso tratar-se-ia de um oceano estreito em que a colisão foi precoce e a deformação intracontinental longa; ou se era mais extenso e portanto o seu fecho terá sido mais tardio entre os 315 e 300 Ma sendo a colisão tardia e a deformação intracontinental muito breve.

Durante o Paleozóico Superior dá-se a colisão intracontinental que viria a originar o orógeno Varisco, começando a deformarem-se as fronteiras das placas convergentes, seguidas da colisão continental dos grandes blocos envolvidos originando deformação intracontinental com criação de sistemas de carreamento proveniente das zonas convergentes sobre um substrato continental. Este processo de convergência torna-se autolimitativo visto a cadeia formada pelo sobre-espessamento das placas em convergência ser demasiadamente larga, passando o cavalgamento a desligamento e estendendo-se a convergência para zonas afastadas da Península Ibérica (Urais e Apalaches Meridionais) (Ribeiro, 2006).

As marcas geológicas deixadas pelo fecho dos dois oceanos e pela colisão intraplacas consequente são incontornáveis e evidenciadas pela deposição de sequências sedimentares do tipo *flysch*, datadas da base do Devónico, no Terreno Ibérico, principalmente na sua zona Oeste e Norte, ao passar de características de margem passiva para uma margem activa, bem como pela sutura destes oceanos a Noroeste e a Sudoeste da Ibéria. Entre 420 e 390 Ma os oceanos variscos entram na fase de cicatrização e posterior sutura marcando a Nordeste e a Sudoeste a Ibéria. A Noroeste esta união continental é marcada pela subducção do Terreno Ofiolítico do NW Ibérico (TON) há cerca de 400 Ma com consequente metamorfismo de pressão intermédia (Dallmeyer *et al*, 1991 *in* Ribeiro, 2006) que se deve ao aumento de profundidade do

TON e ao seu aquecimento causado pelo carreamento do Terreno Continental Alóctone. Este Terreno Continental Alóctone é o representante da Armórica cujo carreamento sobre a Ibéria é resultante do fecho do Paleotétis por obducção sobre a Ibéria. A Sudoeste a sutura do fecho oceânico é reconhecida pelo contacto entre a Zona da Ossa Morena e o Terreno Sul Português identificando-se a obducção ocorrida do Terreno Ofiolítico do SW Ibérico pela existência de uma bacia em *flysch* alimentada a partir de SW e pela existência de carreamentos com transporte para o quadrante N-NE em todo o domínio da Zona de Ossa Morena a sudoeste do sinclinal de Terena. À medida que o Rheic acentua o seu fecho dá-se a compressão na bacia pós-arco de Beja-Acebuches, provocando a diferenciação da Placa Finisterra (localizada entre a Avalónia e a Ibéria) da placa do Rheic que posteriormente será obductada em conjunto com ofiolitos da Zona da Ossa Morena Interna e seguidos pela obducção a quente do Complexo de Ofiolitos de Beja-Acebuches em todo o segmento da sutura a oeste de Serpa e no segmento oriental de Ficalho-Aracena (Ribeiro, 2006).

O modelo apresentado por Ribeiro (2006) para a sutura SW relaciona-se, mais uma vez, com a transformante Porto-Badajóz-Ferreira do Alentejo e explicando o surgimento do orógeno Ibero-Armoricano com o desaparecimento inicial do Rheic devido à sua subducção centrípta e posterior colisão com carreamento consequente do conjunto Ibéria-Armórica sobre a Avalónia, que ocorre ao mesmo tempo que o Paleotétis também se fecha sendo responsável pela sua obducção sobre a Ibéria (representado pelo Terrenos Exóticos do NW Peninsular) seguida do carreamento da Armórica sobre a Ibéria.

Em jeito de síntese e já antevendo a caracterização das diferentes zonas que constituem a Península Ibérica relacionando-as com o ciclo Varisco, faremos um apanhado das transformações e consequentes alterações originada por este Ciclo de Wilson.

A orogenia varisca é caracterizada pela abertura e pelo fecho de oceanos, bem como de todas as consequências geológicas que estas transformações implicam. O processo, relativamente, rápido de abertura e fecho dos oceanos Rheic e Paleotétis motivou a colisão entre os continentes localizados na bordadura destes oceanos: o conjunto formado pela Ibéria-Avalónia (no seio do qual se viria a edificar o Paleotétis para posteriormente se fechar e voltar a unir este conjunto) e a Avalónia separada da

Ibéria-Armónica pelo oceano Rheic. A colisão continental envolve não só o conjunto Ibéria-Armónica, a Avalónia mas também um microcontinente denominado Finisterra, que se teria originado por diferenciação da Placa do Rheic sem no entanto se puder contextualizar temporalmente na evolução do sistema Ibéria-Rheic-Avalónia, cujos fragmentos se encontram carreados sobre a Ibéria na sua sutura SW.

O fecho destes dois oceanos determina portanto a evolução geológica da Península Ibérica ao provocarem duas colisões consequentes, que concentrarão três massas continentais numa única com características particulares. O fecho do Rheic faz despoletar a génese do Paleotétis originando uma bacia pós arco que vai separar o conjunto Ibéria-Armónica na Placa Ibérica e na Placa Armórica. No entanto a deslocação da zona de subducção faz com que também o Paleotétis inicie o seu encerramento levando a que, de novo, a Ibéria e a Armórica se unam mas agora com carreamentos decorrentes do contacto irregular e da colisão transpressiva em primeiro lugar da indentação Armoricana e posteriormente da restante massa continental. Neste caso os carreamentos chegam a atingir cerca de 200 km para o interior da Placa Ibérica (Ribeiro, 2006). Após esta colisão o encerramento do Rheic provoca a aproximação entre a Ibéria e a Avalónia dando-se o consequente choque entre estas duas grandes massas continentais que contrariamente à colisão anterior não origina carreamentos tão massivos. Após o choque, a convergência cessa e assiste-se um carreamento sobre a Ibéria extencionalmente menos significativo, representado pelo microcontinente Finisterra que se situava entre estas duas massas continentais. O choque entre a Armórica e a Ibéria origina a sutura NW Ibérica, enquanto que a colisão Ibéria/Avalónia gera a sutura SW da Ibéria.

As zonas de sutura e os carreamentos consequentes, bem como o fluxo de calor elevado ao longo de todo o Ciclo de Wilson promovem o aparecimento de sequências estratigráficas mais ou menos completas que permitiram reconstituir os processos geodinâmicos que caracterizam diferentes zonas em toda a Península Ibérica e que apresentam ofiolitos, metamorfismo mais ou menos intenso, bem como magmatismo sinorogénico de características próprias dos processos que originaram o orógeno em que se encontram.

A orogenia varisca divide-se em vários estádios de deformação com diferentes características e consequências na litoestratigrafia da Península Ibérica, que se

diferenciam no tempo. A primeira fase de deformação varisca (D_1) ocorre durante o Devónico e corresponde à instalação de estruturas mais penetrativas (Coke, 2000). O autóctone da ZCI forma uma estrutura em flor entre a Serra do Marão, onde apresenta dobras com vergência para NE, e a Serra de Valongo, com dobras D_1 com vergência para SE, resultantes de um regime tectónico transpersivo esquerdo que domina o ramo Ibérico do Arco Ibero-Armoricano (Dias, 2006; Ribeiro, 2006). A fase seguinte D_2 , é menos expressiva (Coke, 2000), data do Eifeliano e abrange toda a ZOM a SW da zona de cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba, originando dobras deitadas e carreamentos com transporte para WSW a SW em condições dúcteis a frágeis (Ribeiro, 2006). A esta fase é também atribuído carácter rotacional que está representada nos cisalhamentos sub-horizontais e falhas cavalgantes do domínio das Dobras Deitadas (Diez Balda, 1986) e nos cisalhamentos sub-horizontais situados a norte do domínio das Dobras Verticais (Coke, 2000), que se sobrepõem às estruturas existentes e resultantes da fase de deformação anterior (D_1) e que influencia o Arco Ibero Armoricano obrigando-o a uma virgação.

A terceira fase de deformação (D_3) remodela as estruturas anteriores originando dobras com planos axiais subverticais (Coke, 2006) originadas pelo encurtamento resultante do jogo de cisalhamento conjugados em regime dúctil (Ribeiro, 2006).

4.1.1.1. – Relação entre os Terrenos e as Zonas dos Variscidas Ibéricos com a Orogenia Varisca

O Arco Ibero-Armoricano (AIA) constitui uma das características mais marcantes da orogenia varisca na Península Ibérica ditando a hierarquia das unidades geodinâmicas de primeira ordem, que consistem nos terrenos e cuja separação física se estabelece pela presença das suturas principais de colisão intercontinental, e de segunda ordem, ou seja, as zonas que tiveram uma diferenciação paleogeográfica diferenciada em direcção transversal às estruturas principais e com diferenciação mínima longitudinal (Ribeiro, 2006). O seu arqueamento faz-se de forma continuada desde a abertura até ao fecho dos oceanos pelo que se vai acentuando à medida que a orogenia vai evoluindo dividindo em duas fases a formação da AIA, uma inicial (< 500 M.A. até cerca de 300 M.A.) em que há deformação por subducção devido ao choque continental

por movimentação do indentedor cantábrico e uma segunda fase (320-310 a 280 M.A.) na qual existe deformação da Zona Cantábrica, que não havia sido atingida pela deformação por subducção anterior, em regime frágil. Esta cadeia é caracterizada por uma simetria aproximada que lhe é conferida pela disposição em leque de estruturas empinadas num sector central - carreamentos e dobras – cuja margem é marcada por um ramo de vergências centrípetas relativamente ao AIA e do outro por um ramo de vergências centrífugas em relação ao AIA.

O AIA está localizado a norte da cadeia Varisca que por sua vez tem uma orientação predominante NW-SE no núcleo do Maciço Hespérico que é truncada a sul pela Cadeia Bética com orientação alpina de NE-SW. As suas estruturas apresentam uma rotação submeridiana no noroeste peninsular e, em continuidade quase perfeita, para uma orientação NE-SW e mesmo E-W, na zona Cantábrica, onde estão truncadas pelo Golfo da Biscaia. Transversalmente às estruturas podem-se distinguir as diferentes zonas e terrenos que caracterizam a Península Ibérica e que resultam do acumular de orogénias que a influenciaram até à actualidade (Ribeiro, 2006):

1. Terreno Ibérico (TI):

- Zona Cantábrica (ZA);
- Zona Asturo-ocidental Leonesa (ZAOL);
- Zona Centro Ibérica (ZCI);
- Zona da Ossa Morena (ZOM);

2. Terreno Sul Português (TSP);

3. Terrenos Exóticos, carreados sobre os anteriores:

a NW:

- Terreno Continental Alóctone (TCA);
- Terreno Ofiolítico do NW Ibérico (TON);

a SW:

- Terreno Ofiolítico do SW Ibérico (TOS);
- Terreno Finisterra (TF) a W do Terreno Ibérico e do Sul Português.

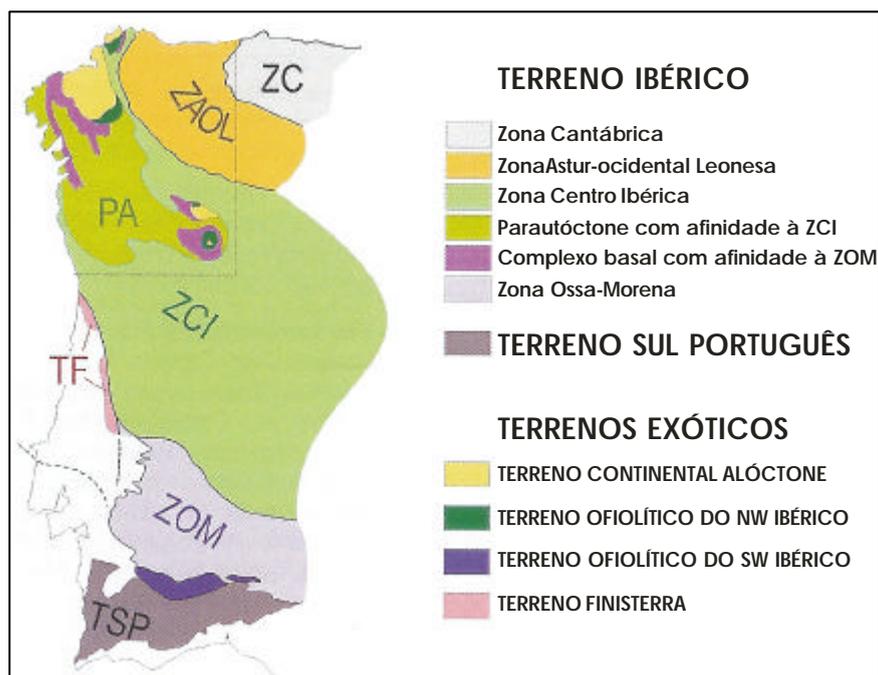


Figura 7 - Unidades estruturais de 1ª ordem (terrenos) e de 2ª ordem (zonas) nos Variscidas Ibéricos (adaptado de Ribeiro, 2006).

A proposta inicial para a divisão do Maciço Ibérico em zonas diferenciadas pelas suas características litológicas, estruturais e metamórficas foi feita em 1945 por Lotze e modificado, posteriormente, em 1972, por Julivert (Robardet, Gutiérrez-Marco, 2003; Dias, 2006). A versão original de Lotze considerava o Maciço Ibérico dividido em seis zonas: a Zona Cantábrica, a Zona Astur-ocidental Leonesa, a Zona Galaico-Castelhana, a zona Luso Oriental-Alcudiana, a Zona de Ossa-morena e a Zona Sul Portuguesa.

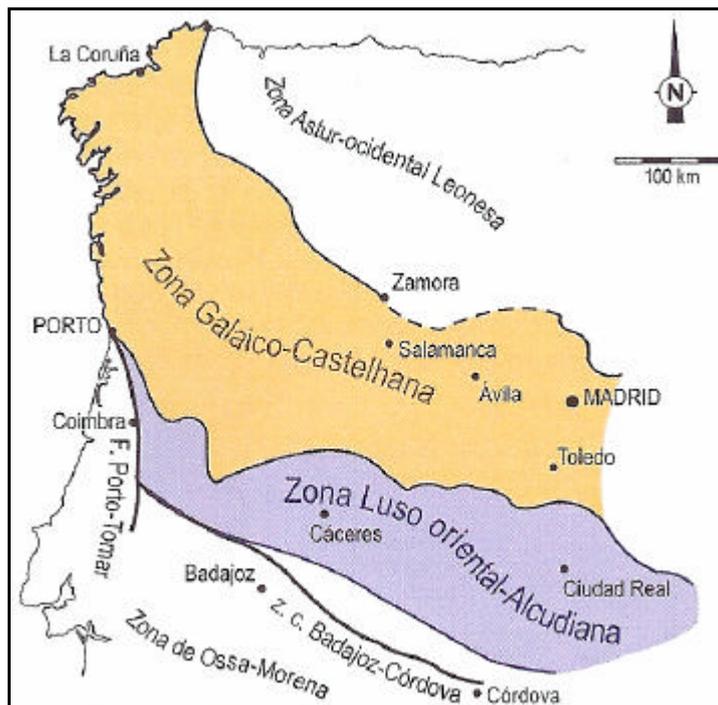


Figura 8 - A divisão de Lotze (1945) para o Varisco da região correspondente aproximadamente à ZCI (adaptado de Dias, 2006).

No entanto, estas seis zonas viriam a ser convertidas em cinco por Julivert, em 1972, devido à junção entre a Zona Galaico-Castelhana com a zona Luso Oriental-Alcudiana que inicialmente estavam diferenciadas com base nos granitos do centro e norte de Portugal, mas que Julivert considerou importante converter numa só zona, a Zona Centro-Ibérica, uma vez que as sequências estratigráficas presentes numa e na outra eram muito semelhantes. Os granitos que serviam como elemento fundamental de diferenciação tiveram a sua *génese e implantação numa fase mais tardia em relação à individualização das zonas paleogeográficas* e as unidades de alto grau que Lotze dizia características da zona Galaico-Castelhana faziam parte integrante de *mantos de carreamento instalados durante as fases colisionais do ciclo de Wilson Varisco* (Dias, 2006). Desta forma a divisão que actualmente é aceite, embora com alguma controvérsia no que diz respeito a alguns dos seus limites especialmente no limite norte da Zona Ossa Morena cuja localização clássica se situa ao longo do batólito de Los Petroches a Este e a W, é delimitada pela falha Portalegre-Ferreira do Zêzere. Segundo Robardet e Gutiérrez-Marco (2003) esta fronteira norte fica situada na zona de cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba e a região situada entre esta zona de

cisalhamento e o batólito de Los Petroches são consideradas as regiões mais a Sul da Zona Centro-Ibérica.

Apesar da ZCI (Zona Centro-Ibérica) ser uma amálgama de mantos de carreamento distintos que não obedecem à delimitação paleogeográfica homogénea pretendida por Lotze leva a que se divida em sequências autóctones e alóctones (Ribeiro, 2006):

- **as sequências autóctones** – constituem a maior parte da zona e são representativas da homogeneidade litoestratigráfica diferenciadora da Zona Centro-Ibérica. A sua característica mais marcante é o carácter transgressivo dos quartzitos do Ordovícico Superior que se dispõem de forma discordante sobre formações datadas do Proterozóico Superior ao Câmbrico devido à fase Sarda, sendo mais expressiva à medida que nos aproximamos da Zona da Ossa Morena e menos expressiva e até aparentemente inexistente na parte nordeste da ZCI, e que determinaram uma subdivisão do autóctone no domínio do Olho de Sapo (Martinez Catalán, 1985) e do Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovícico, separados por uma linha de orientação NW-SE, próxima de Zamora, sobre os quais se dispõem uma sucessão uniforme Ordovicio-Silúrica (Dias, 2006);

- **as sequências alóctones** – sobrepõem-se a um complexo parautóctone, de idade Silúrica a Devónica Inferior, que estão representados no Norte de Portugal pelos filitos de Vila Verde (Minho), na área da Serra do Marão pelas unidades de Canadelo, Mouquim e parte da unidade de Vila Nune e em Trás-os-Montes Oriental pelo Complexo Peritransmontano (Ribeiro, *et al*, 1990 *in* Coke, 2000); as suas características, semelhantes ao autóctone, dão a indicação de uma movimentação pequena associada ao movimento de mantos suprajacentes (Coke, 2000) que correspondem a um empilhamento sem correspondência com as sequências autóctones.

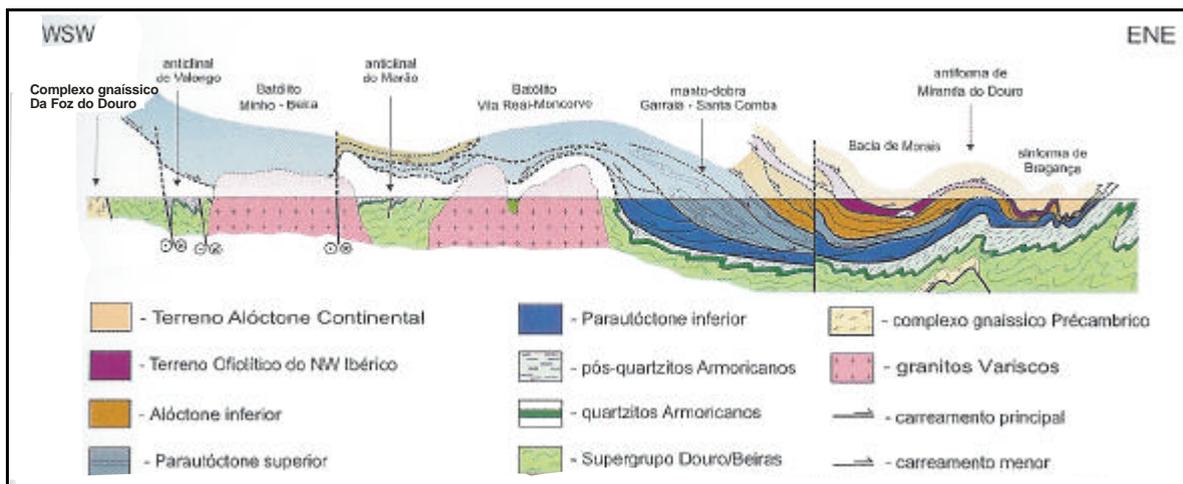


Figura 9 - Corte interpretativo ao longo do sector norte da Zona Centro-Ibérica evidenciando a sobreposição das diferentes unidades alóctones sobre um autóctone (adaptado de Dias, 2006).

4.1.2. – A evolução geodinâmica da Serra do Marão

A Serra do Marão está localizada no norte de Portugal, mais concretamente na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, a 10 km da cidade de Vila Real estendendo-se os seus limites, igualmente, para o distrito do Porto. O seu acesso pode ser feito rapidamente através do Itinerário Complementar 4 (IP4) com saída no nó da Serra do Alvão e de Mondim de Basto, situando-se o seu ponto mais elevado a 1413 metros de altitude na Senhora da Serra. Relativamente à sua integração na geologia da Península Ibérica, a Serra do Marão pertence ao Terreno Ibérico, mais concretamente à zona Centro-Ibérica. A sua génese está estreitamente ligada à Orogenia Hercínica que lhe condicionou as litologias bem como a sua deformação durante a fase D₁ da orogenia Varisca, originando dobramentos, falhamentos, metamorfismo e instalação de massas graníticas contemporâneas das últimas fases de deformação intracontinental varisca (Coke, 2000).

Os estudos geológicos dividem a Serra do Marão em dois ramos: o ramo Norte que abrange a área compreendida entre a Portela do Alto de Espinho até à região de Ermelo (separada naturalmente pelo rio Olo da Serra do Alvão), passando por Campanhó, Pardelhas e Vila Cova; e o ramo Sul (ramo representado pela maquete elaborada no contexto da futura exposição) que se alonga para Sul da Portela do Alto de Espinho até à sua intersecção com o rio Douro que se faz próximo da vila de Mesão Frio, incluindo os montes de Gaiva, Freitas, Marão, Fragas da Ermida e Seixinhos.

Como parte integrante do autóctone da ZCI (Coke, 2002), a Serra do Marão, revela indícios das várias fases que compuseram a orogenia predominando o metamorfismo e as deformações impressas nas unidades litológicas existentes e compreendidas entre o Câmbrico e o Devónico Inferior (Dias *et al.*, 2006) da região ao longo da fase D₁. Segundo a classificação feita por Ribeiro, em 1988, num corte efectuado segundo a direcção WSW-ENE a Serra do Marão ocupa um aposição central na estrutura em leque que assume a ZCI (Coke, 1999; Coke, 2002). Na Serra do Marão, no que toca particularmente ao seu Ramo Sul, podem-se distinguir várias unidades:

- do **Câmbrico** – o Grupo do Douro – Formação da Desejosa;
- do **Ordovícico** – a Formação Vulcano-sedimentar de Vale das Bojas composta pelo Conglomerado de Bojas e pelos Quartzitos Impuros; a Formação Quartzítica, composta pelos Quartzitos sem ferro, pelos quartzitos com ferro e pelos Psamitos Superiores; e a Formação Xistenta.

No caso do autóctone da ZCI do Norte do país podemos identificar regiões (Miranda do Douro) nas quais aflora um presumível o soco Précâmbrico (Dias *et al.*, 2006) sobre o qual estão instaladas as unidades que podemos, também, encontrar na Serra do Marão. Sobre este soco assenta o Super Grupo Dúrico Beirão, anteriormente denominado por Complexo Xisto-Grauváquico (Coke, 2000b), e que demonstra a existência de duas bacias de sedimentação originadas pelo movimento de estiramento crustal intracontinental do Terreno Ibérico, iniciado no Câmbrico, que culminaria na fragmentação do bordo setentrional da Gondwana e que mais tarde, no Ordovícico-Devónico Inferior, se fundem numa só (Dias *et al.*, 2006).

Uma das bacias está representada pelo Grupo do Douro, presente na Serra do Marão, e a outra pelo Grupo das Beiras que possui características semelhantes à anterior mas que é diferenciada com base na inexistência dos calcoturbiditos comuns no Grupo do Douro que se observa abaixo de uma linha limítrofe que passa por S. João da Madeira, Viseu e a Serra da Malcata (Oliveira *et al.*, 1992 *in* Dias *et al.*, 2006) e que é explicada pela existência do acidente do Porto-Viseu-Guarda que provocou o abatimento da zona localizada a nordeste desta falha originando um *half-graben* no qual se viria a instalar a Bacia do Douro (Coke, 2000b).

A formação e evolução destas bacias, durante o Câmbrico Superior e o Ordovícico Inferior, dependeram do controlo levado pela existência de falhas. No que

toca ao Grupo do Douro as anisotropias representadas pelas zonas de cisalhamento de Malpica-Lamego, de Mondim-Murça-Moncorvo e do Porto-Viseu-Moncorvo ao nível do soco Pré-câmbrico, foram determinantes para a criação de uma zona deprimida e a sedimentação dos materiais (Coke *et al*, 2000a; Dias *et al*, 2006) num ambiente de deposição caracterizado pela ocorrência usual de correntes turbidíticas (Coke *et al*, 2005) que estão na génese deste grupo e cuja homogeneidade geográfica traduz essa mesma origem comum (Coke *et al*, 2000b).

A existência deste *half-graben* leva a que se registre um declive, para sudoeste, na Bacia do Douro que tem como principal consequência a formação de cavalgamentos que ocorreram em simultâneo com a sedimentação (sinsedimentares) originando por sua vez o aparecimento de *slumps* visíveis na Formação da Desejosa da ZCI (Coke, 2000c; Coke *et al*, 2000b).

Segundo Dias *et al* (2006) esta Formação (Formação da Desejosa) integra o Grupo do Douro, em conjunto com mais cinco formações definidas por Sousa (1982), embora possam ser apenas consideradas quatro (Bateiras, Ervedosa, Desejosa e S. Domingos devido à existência do carreamento da Sr.^a do Viso que levou à duplicação de algumas das formações a seguir expostas:

- **Bateiras** – a mais antiga tem presentes os calcoturbiditos, abarcando filitos negros grafitosos e metagrauvaques, passando a filitos cinzentos, por vezes listados e metagrauvaques com lenticulas de calcários, rochas calcossilicatadas e metaconglomerados de cimento carbonatado;
- **Ervedosa** – de estratificação fina com níveis enriquecidos com magnetite, engloba filitos cloríticos esverdeados, quartzofilitos e metagrauvaques;
- **Rio Pinhão** – caracterizado pela presença de metagrauvaques, metaquartzograuvaques, filitos cinzentos escuro e metaconglomerados de matriz carbonatada;
- **Pinhão** – com características litológicas semelhantes às da formação de Ervedosa;
- **Desejosa** – com aspecto listado típico evidenciando uma alternância centimétrica de metapelitos e metarenitos;
- **S. Domingos** – com constante presença de níveis conglomeráticos.

A constituição do Grupo do Douro durante o Câmbrico está associada à 1ª fase deste Ciclo de Wilson e que corresponde à fase extensiva do ciclo Varisco na Ibéria que levou à fracturação do bordo setentrional da Gondwana e, conseqüentemente à formação de pequenos blocos continentais (Avalon e Armórica), bem como ao aparecimento do oceano Rheic favorecendo o processo de *rifting* no Terreno Ibérico. Em simultâneo formam-se bacias de sedimentação que recebem os materiais provenientes de uma erosão acelerada, como consequência de uma nudez florística das litologias continentais próximas.

O estiramento crustal e conseqüentemente o seu adelgaçamento têm como conseqüente, no final do Câmbrico, um reequilíbrio isostático que obriga a uma curta inversão tectónica, já referida, denominada fase Sarda. Esta inversão no sentido de estiramento da Placa da Ibéria faz com que algumas das zonas outrora imersas fiquem emersas e passem a sofrer a influência dos agentes de erosão e meteorização. O Ordovícico é caracterizado por esta inversão tectónica representada nas litologias ao traduzirem esta emersão e conseqüentemente a erosão e meteorização quando apresentam discordâncias nas suas seqüências litoestratigráficas. A tipologia sedimentar altera-se uma vez que as litologias abrangidas não são as mesmas e o ambiente deposicional sofre, igualmente, alteração. De um ambiente de deposição mais profundo, durante o Câmbrico, passa-se para um ambiente de baixa profundidade que originará arenitos e em consequência da continuidade do Ciclo Varisco, a Formação Quartzítica.

Esta fase compressiva curta marcada pelo aparecimento de dobras amplas, por vezes apertadas, mas desprovidas de clivagem (Coke *et al*, 2000d) acaba e dá lugar a uma nova fase distensiva caracterizada por fenómenos de vulcanismo ácido representados nas litologias da Serra do Marão.

A seqüência ordovícica existente na Serra do Marão é caracterizada pela ocorrência de uma disconformidade relativamente à Formação da Desejosa (Coke, 1999; Coke *et al*, 2000c; Dias *et al*, 2006). Este facto acrescido à existência do conglomerado de Bojas – litologia formada por um conglomerado que integra calhaus listrados de filitos e metafilitos, típicos da Formação da Desejosa (Coke, 1999; Coke *et al*, 2000c; Dias *et al*, 2006) – alerta para um acontecimento tectónico anterior à deposição conglomerática. A integração nos conglomerados de elementos provenientes de litologias anteriores é explicada pelo facto de ter ocorrido uma regressão que levou à

erosão dos elementos do topo do Grupo do Douro (Dias *et al*, 2006). Esta regressão do nível das águas é por sua vez explicada por uma inversão tectónica em que o sentido de deslocação das placas sofre um revés na bacia de sedimentação (Coke, 2002) permitindo a exposição dos materiais depositados e sua, conseqüente, erosão com produção de clastos que viriam a dar origem aos conglomerados.

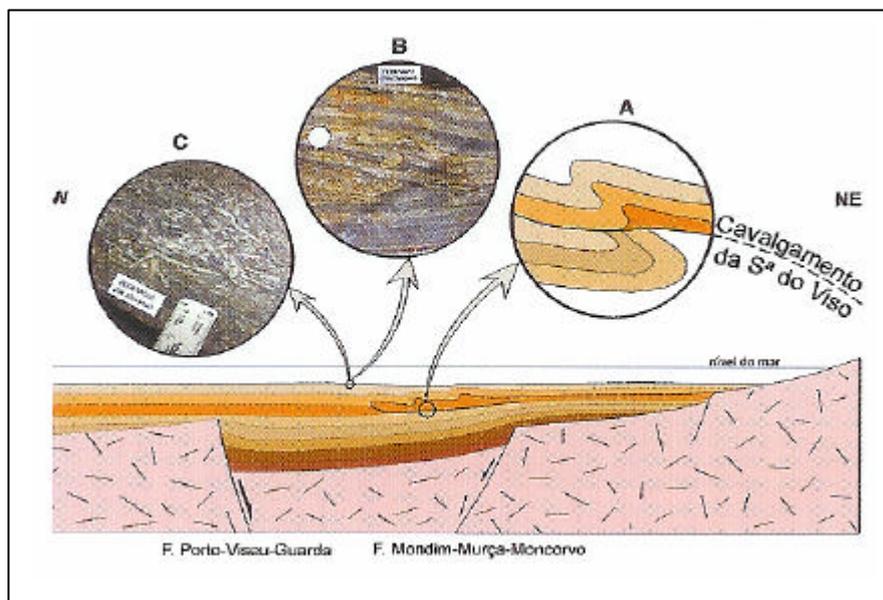


Figura 10 - Formação da Bacia do Douro. A - Cavalgamento sin-sedimentar da Srª do Viso; B - Deslizamento sin-sedimentar na formação da Desejosa; C - Bioturbação (segundo Coke, 2005).

Segundo Coke (1999; 2000c), na Serra do Marão o Ordovícico é representado pelas seguintes unidades:

- **Formação Vulcano-Sedimentar do Vale de Bojas** (Areginiano Inferior);
- **Formação Quartzítica** (Arenigiano médio-superior);
- **Formação Xistenta;**

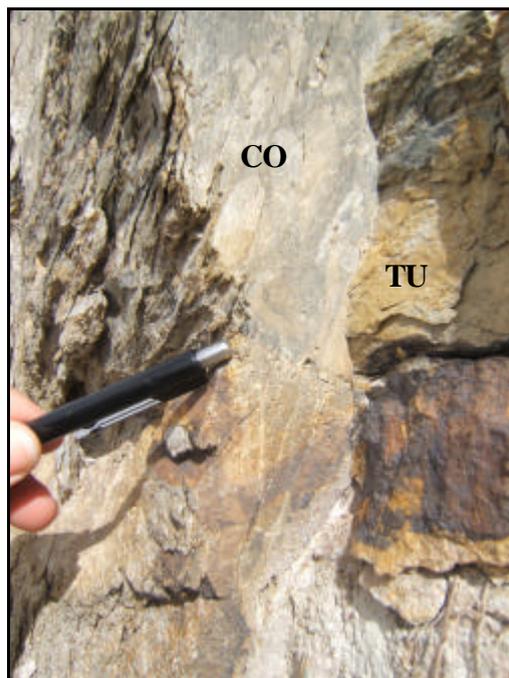
A **Formação Vulcano-Sedimentar do Vale de Bojas**, também identificada noutros locais da ZCI, como por exemplo no sinclinal Amêndoa-Carvoeiro onde recebe a designação de grupo de Vale de Grou (Romão, 2000 *in* Dias *et al*, 2006), é composta por uma sequência litoestratigráfica composta pelo:

- 1) Conglomerado de Bojas que constitui o membro inferior e assenta em descontinuidade sobre a Formação da Desejosa e é caracterizado pela alternância de bancadas métricas a decimétricas de metaconglomerados polimíticos e níveis menos espessos de

metatufitos psamíticos de cor beije rosada ou metassiltitos com uma nítida componente vulcânica. Os metaconglomerados (que chegam a atingir 30 cm de dimensão) apresentam matriz metarenítica e metassiltítica e clastos de natureza diversa, destacam-se elementos de metagrauvaques, metaquartzograuvaques, quartzo filoniano e filitos listrados cinzentos a negros. Os calhaus grauvacóides são, de uma forma geral, bem rolados ao contrário do que acontece com os de quartzo que são sub-angulosos e os de filitos que são angulosos e que provêm da unidade subjacente (Coke, 1999; Coke *et al*, 2000c; Dias *et al*, 2006);



Fotografia 1 - Conglomerado de Bojas evidenciando os clastos que entram na sua composição.



Fotografia 2 - Contacto entre os tufitos (TU) e o conglomerado (CO).

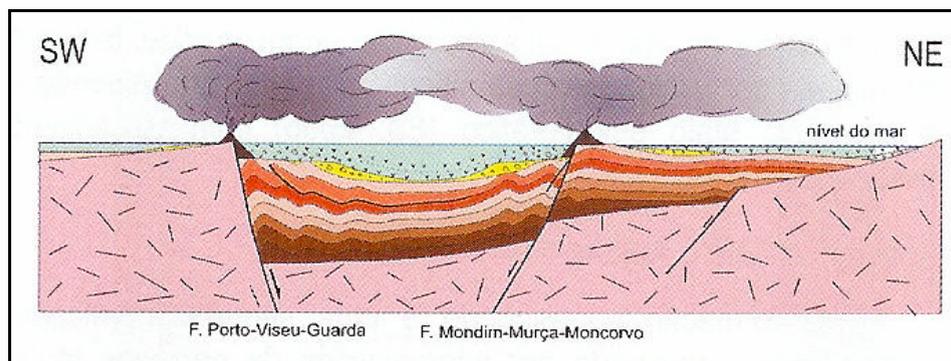


Figura 11 - Modelo interpretativo do vulcanismo do Ordovício Inferior na sub-bacia do Douro (segundo Dias *et al*, 2006).

- 2) Quartzitos impuros, constitui o membro superior desta formação e é caracterizado pela sua estratificação mais marcada e presença intensa de clastos de quartzo filoniano (Coke, 1999; Coke *et al*, 2000c; Dias *et al*, 2006). É constituída por conglomerados clasto-suportados e matriz arenítica a siltítica com clastos predominantemente de vulcanitos, quartzitos e de quartzo filoniano com dimensões que raramente ultrapassam os 4 cm, possuem intercalações lenticulates de

siltitos que, por vezes, contêm quantidades significativas de magnetite (Coke *et al*, 2000c; Dias *et al*, 2006).

A **Formação Quartzítica**, corresponde aos Quartzitos Armoricanos e também é discordante relativamente à formação anterior evidenciando que a fase de Sarda ainda influenciava as litologias embora não de forma tão intensa como na passagem do Câmbrio para Ordovícico. Esta formação distingue-se pela presença de uma alternância de bancadas de quartzitos finos ou grosseiros, por vezes muito impuros, e filitos de coloração negra, cinzenta-escura, cinzenta ou rosada. São ainda abundantes os clastos de quartzo leitoso sub-rolados a sub-angulosos de matriz metarenítica grosseira originando bancadas conglomeráticas grosseiras. Em alguns locais observam-se, igualmente, calhaus de xistos, quartzitos e metagrauvaques o que lhes confere um carácter grosseiro anormal para a ZCI. Esta formação é caracterizada, também, pela existência de ferro magnético disseminados no interior das bancadas quartzíticas sob a forma de cristais. Esta ocorrência de ferro promoveu a exploração deste minério podendo ser encontradas galerias de exploração em Fragas de Ermida, Ferrarias e Ribeira de Bojas (Minas de Ana Isabel). Esta ocorrência de minério de ferro determina também a diferenciação dos Quartzitos Sem Ferro e Quartzitos Com Ferro.



Fotografia 3 - Aspecto de uma galeria utilizada para a extracção de magnetite (minas de Ana Isabel – Ribeira de Bojas).

No topo desta formação a granulometria sofre uma diminuição nítida predominando os materiais finos, metassiltíticos e filíticos que se dispõem em leitos centimétricos a milimétricos que conferem a estes quartzitos um aspecto bandado que, facilmente, se confunde com o aspecto listrado dos xistos da Formação da Desejosa.

A formação Quartzítica apresenta, também, vestígios de actividade de seres vivos como por exemplo os *Skolithos* (tocas verticais cavadas na areia), pistas bilobadas de *Cruziana rugosa*, *C. furcifera* e *C. goldfussi* (Coke, 2000 e; Coke, 2002), fósseis de braquiópodes (Coke, 2000 f; Coke, 2002), bivalves, gastrópodes, equinodermes e briozoários que conferem à bacia de sedimentação pouca profundidade característica de uma orla litoral continental, profundidade que terá aumentado até ao Devónico (400 Ma) (Coke, 2002).



Fotografia 4 - *Skolithos*.



Fotografia 5 - Pistas de *Cruziana*.

Quanto à sequência desta formação representada na Serra do Marão temos, segundo Coke (1999, 2000c):

- 1) Quartzitos sem Ferro (membro inferior), que se dispõem em bancadas métricas, especialmente visíveis na vertente escarpada a NW da Senhora da Serra onde oscilam entre os 0,3 e 1,2 metros de espessura. Os quartzitos sem Ferro alternam com leitos centimétricos a decimétricos de filitos ou psamitos com uma boa definição. Os quartzitos são geralmente impuros na base, característica que vão perdendo à medida no topo, adquirindo também características mais maciças. Apresentam vestígios de *Skolithos* e braquiópodes.



Fotografia 6 - Aspecto listrado dos psamitos.

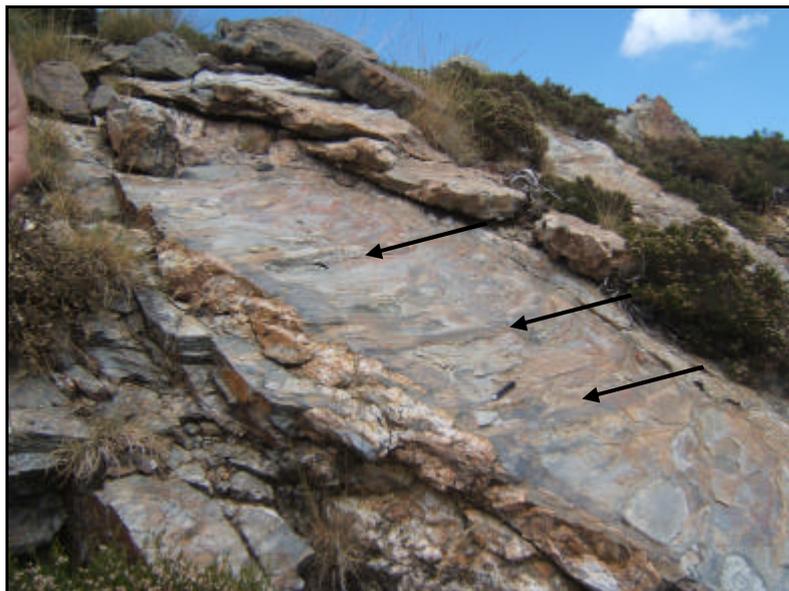


Fotografia 7 - Fóssil de Braquiópode.

- 2) Quartzitos com Ferro, distinguem-se dos anteriores por apresentarem níveis de magnetite nas bancadas de quartzitos com espessuras geralmente decimétricas a métricas e pelo desaparecimento gradual do carácter conglomerático que se observava no membro inferior. Nesta litologia podem-se, para além dos *Skolithos*, pistas bilobadas de *Cruziana rugosa*, *C. furcifera* e *C. goldfussi*, em níveis filitosos intercalados nestes quartzitos. Os Quartzitos com Ferro são compostos

pela alternância de quartzitos maciços muito puros, com espessuras métricas a decimétricas, níveis grauvaquiódes decimétricos e leitões decimétricos a centimétricos de filitos negros intercalados nos anteriores. Os níveis de quartzitos diminuem de espessura para o topo da unidade, onde aparece com maior frequência e com maior espessura os filitos negros. No topo deste membro podem-se observar *slumps*, ou seja, estruturas de deslizamento sin-sedimentar (Coke, 1999; 2000c).

- 3) Psamitos Superiores (Darriwiliano?), esta litologia apresenta, também, icnofósseis do tipo *Skolithos* e *Cruzianas*, bem como as estruturas de deslizamento (*slumps*) que resultam da deposição de uma grande quantidade de sedimento sobre uma camada de lama que posteriormente se desprende originando a liquefação e deformação das lamelas com o afundimento de *bolas de areia* que podem atingir grandes dimensões. Este membro inicia-se com filitos negros com cerca de 3 m de espessura sobre o qual assentam, em concordância, uma sequência composta na base por alternâncias menores que 40 cm de quartzitos ou psamitos, geralmente com magnetite e filitos de espessuras centimétricas, passando para o topo a alternâncias de leitões centimétricos a milimétricos de siltitos e centimétricos a decimétricos de filitos. Nas bancadas mais grosseiras da base desta unidade é frequente o aparecimento de magnetite, limonite e outros óxidos de ferro, bem como o aparecimento de grandes concentrações, já em avançado estado de alteração, de cristais de anfíbolos fibrosos do tipo grunerite (Coke, 1999; 2000c).



Fotografia 8 - Estruturas em *slump*.

O início da Formação Xistenta (Landeiliano) é marcado pelo desaparecimento dos horizontes psamíticos com determinação um pouco difícil de identificar uma vez que apresentam, com frequência, variações laterais de fácies, para além das perturbações introduzidas pelo intenso dobramento determinado pela orogenia varisca. É uma formação espessa e caracterizada pela alternância monótona de xistos de coloração cinzenta clara e escura com cristais de quistolites, cuja dimensão e frequência aumentam para Oeste, denotando a proximidade com as intrusões graníticas. A espessura desta formação não está convenientemente estabelecida, uma vez que não foi identificado o seu limite superior (Coke, 1999; 2000c).

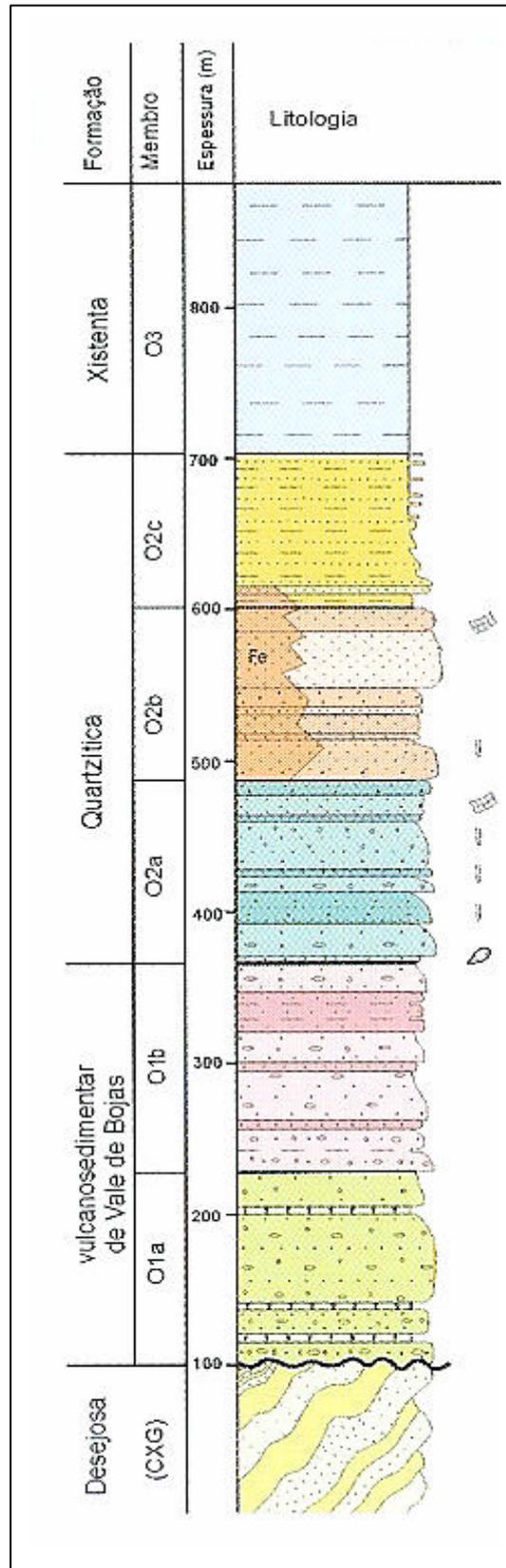


Figura 12 - Coluna litoestratigráfica da Serra do Marão (segundo Coke, 2005).

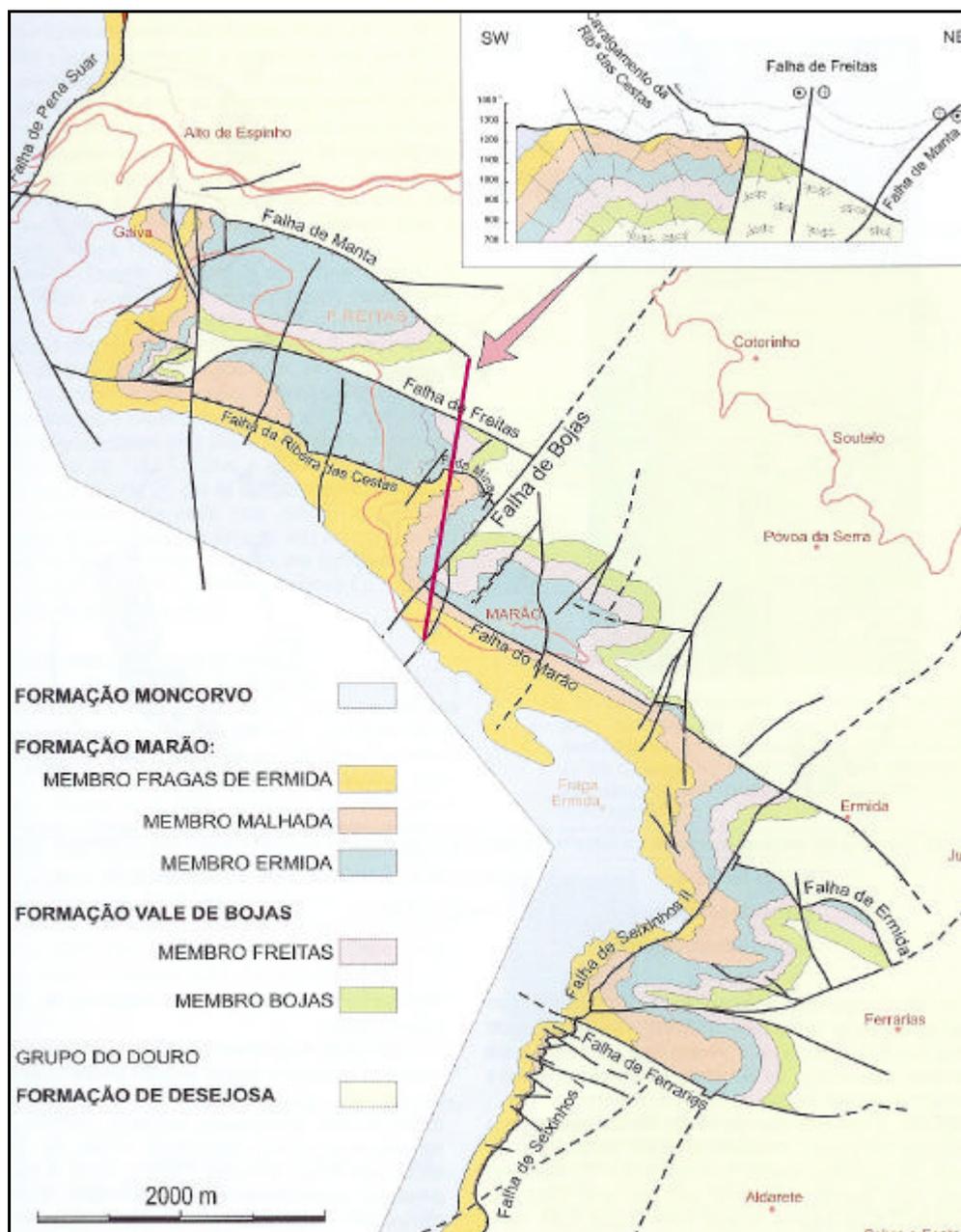


Figura 13 - Carta da região da Serra do Marão com a cartografia pormenorizada da sequência ordovícica e corte mostrando a estrutura típica (adaptado de Dias *et al*, 2006). As unidades definidas por Coke que são utilizadas ao longo da caracterização da litoestratigrafia da Serra do Marão aparecem, nesta carta renomeadas por Sá, em 2005, pelo que: a Formação do Marão (corresponde à Formação quartzítica de Coke) é composta pelo Membro da Ermida (que correspondente aos quartzitos sem ferro, membro inferior), pelo membro da Malhada (correspondente aos quartzitos com ferro) e pelo Membro de Fragas de Ermida (correspondente aos Psamitos Superiores). A Formação do Vale do Bojas é composta pelo Membro de Bojas (corresponde ao Conglomerado de Bojas) e pelo Membro de Freitas (correspondente aos Quartzitos impuros). A Formação de Moncorvo corresponde à Formação Xistenta definida por Coke, em 2000.

4.2. – A exposição didáctica

Os vários objectivos desta dissertação ficarão cumpridos se os recursos delinados neste trabalho satisfizerem o propósito para o qual foram construídos: tornar mais acessível o ensino das Geociências, em particular dar a conhecer alguns dos processos geológicos presentes na Serra do Marão.

Sem qualquer sombra de dúvida que a parcela mais importante, de todo este trabalho será encontrar a melhor forma de construção da exposição tendo em conta as características que este espaço deve ter e as metodologias que devem ser assumidas para que a exposição resulte em aprendizagem. Foi este propósito didáctico que dirigiu todo o trabalho desenvolvido e que acabará por se conjugar e complementar com a efectiva construção da exposição. O facto de se ter projectado a exposição em sub-temas permite várias opções de exploração, será como se ela pudesse ser constituída por vários módulos e cada visitante tivesse a liberdade de conjugar as várias partes da forma que mais lhe agradar. Surgem assim diferentes possibilidades de se explorar este recurso *multifunções*:

- 1) a exposição pode ser visitada na íntegra ou parcialmente;
- 2) podem visitar-se os vários sub-temas ou módulos sem que haja um comprometimento com os restantes, fazendo-se uma gestão mais eficaz do tempo que as turmas dispõem para esta visita de estudo²⁵;
- 3) a exposição experimental pode ser completada com uma saída de campo;
- 4) pode consistir apenas de saídas de campo, utilizando os trajectos marcados na maqueta;
- 5) pode visitar-se a exposição realizando as actividades propostas;
- 6) pode fazer-se uma exposição apenas com os painéis didácticos;
- 7) podem levar-se os painéis e as actividades às escolas que os solicitem e aí permanecer a exposição durante o tempo para a qual tenha sido

²⁵ A visita pode durar o dia todo se forem explorados todos os sub-temas, ou, a pedido da escola podem montar-se apenas um ou dois módulos da totalidade da exposição que estejam relacionados com a matéria que o professor considera imperativa explorar utilizando este recurso.

requisitada, integrando Semanas da Ciência, ou Semanas Culturais, vulgares nos nossos estabelecimentos de ensino;

- 8) os materiais a construir, como por exemplo, o guião da exposição e o livro de campo, podem ser disponibilizados pelo Museu de forma a deixar ao critério dos interessados um conjunto de ideias que podem desenvolver autonomamente nas suas escolas, contribuindo para a divulgação da Geologia e para um ensino mais eficaz dos diferentes conteúdos que exploram, ao longo do ano lectivo, nos diferentes níveis de escolaridade.

Na delineação da exposição didáctica teve-se o cuidado de integrar actividades que possam ser realizadas pelos alunos que devem ser complementados com painéis dos vários locais que se podem visitar numa saída de campo. Esta complementaridade tem como fundamento a integração dos conhecimentos adquiridos, a realização das várias actividades e a *tradução* das consequências que as actividades levadas a cabo, no museu pelos alunos, têm nas paisagens terrestres, mais precisamente na Serra do Marão.

A exposição foi delineada tendo em conta o tipo de exploração que se pretendeu fazer e que se pensou ser a mais eficaz para que da sua visita possa resultar uma auto-aprendizagem efectiva. Desta forma o espaço disponível para a exposição deve dividir-se em vários sub-temas, pelos quais são distribuídos os vários painéis e as respectivas actividades experimentais a desenvolver pelos alunos. Os visitantes devem ser divididos em vários grupos para que não se registassem momentos de estagnação na exploração dos recursos disponíveis. Todos os módulos da exposição devem ser independentes, para que o início da sua exploração se possa fazer de forma aleatória sem obedecer a um percurso fixo que comprometa a visita de grupos maiores, obrigando a um dinamismo constante dos visitantes.

Cada um dos sub-temas da exposição corresponderá a vários locais que podem ser visitados, caso decidam visitar a Serra do Marão. A integração dos vários conhecimentos adquiridos ao longo da exposição pode ser testada uma última vez em redor da maqueta, construída para o efeito e que constitui uma réplica à escala 1:10 000 da serra, identificando-se vários lugares de interesse geológico, relacionando-os com os processos que foram desenvolvidos nas várias actividades experimentais, delineando-se

futuros percursos que os alunos/visitantes queiram desenvolver, sugerindo-se esses mesmos percursos tendo em conta a temática a explorar, entre outros²⁶.

4.2.1. – Os recursos didácticos a utilizar

A projecção desta exposição didáctica teve sempre como questão de fundo delinear a construção de um conjunto de recursos e o desenvolvimento de estratégias que fossem divertidas para todos quantos a possam vir visitar. A preocupação de manter os visitantes divertidos e ao mesmo tempo interessados no que estão a ver esteve sempre muito presente, levou a uma reformulação constante das actividades, dos materiais a utilizar, dos temas a desenvolver, da forma como deveriam ser desenvolvidos, com que extensão e complexidade, entre outras mil e umas questões. O fio condutor de todas as opções tomadas foi sempre constituído pelos jovens alunos, criaram-se para isso actividades, nas quais os alunos se apercebem dos processos envolvidos na formação da Serra do Marão utilizando materiais comuns no seu dia-a-dia permitindo, igualmente, que se compatibilizem com a geologia, sem a imposição dos conteúdos da sala de aula e o receio de uma avaliação. Criar-se um ambiente descontraído e divertido é nosso objectivo primordial, ao mesmo tempo que se projecta um instrumento passível de ser utilizado e abusado pelos docentes, integrando o Museu de Geologia da UTAD na lista de prioridades de alunos e docentes da região, aproximando a universidade dos estudantes mais jovens, abrindo-lhes novas portas, desenvolvendo-lhes novos interesses e fomentando-lhes a imaginação para que em futuras situações, possam eles próprios ser os autores de novas formas de aprender mais divertidas e criativas.

Para os professores, espera-se que, uma vez efectivada, seja uma ferramenta que tenham em conta e que os inspire a, eles próprios, criarem outras novas, adaptadas às suas escolas e regiões, para que o contexto geológico em que as escolas se inserem seja cada vez mais valorizado e apreciado, desenvolvendo nos alunos uma cultura que não

²⁶ As potencialidades da maqueta elaborada para a exposição estão descritas no ponto 4.2.1.1. (ponto referente à construção e utilização deste recurso).

passa apenas pelo conhecimento de produtos humanos, mas que integra a grande obra da natureza.

4.2.1.1. - A maqueta da Serra do Marão

Esta maqueta foi construída ao longo de vários meses, utilizando-se diferentes materiais. O que a princípio se julgou ser um trabalho de semanas, veio a revelar-se num esforço titânico que envolveu várias pessoas e que apaixonou cada uma delas. A construção final da maqueta encerra muitas horas de dedicação e troca de ideias com o intuito de se tornar numa peça fundamental que cause impacto na exposição, reunindo a atenção dos visitantes desenvolvendo-lhes a admiração que cresce em cada um que se envolve na sua construção. A sensação de termos o *Marão* na ponta dos dedos faz com que se julgue que já é um pouquinho nosso, aumentando a dedicação para fazermos mais e melhor na divulgação deste património natural.

Fases da construção da maqueta

A construção da maqueta da Serra do Marão realizou-se em várias fases todas elas alvo de intenso cuidado, para que os pormenores de edificação natural da Serra do Marão fossem fielmente respeitados, daí que se tenham dispendido vários meses de trabalho diário para que se elaborasse este recurso fundamental.

O tamanho da maqueta foi o primeiro ponto de discussão, uma vez que deveria servir dois objectivos em simultâneo:

- 1) ser suficientemente pequena e leve para que a sua manipulação fosse um trabalho fácil;
- 2) ser suficientemente grande para que os pormenores ganhassem o seu merecido impacto.

Por fim acertou-se o tamanho da maqueta para que ocupasse um espaço com a forma de um quadrado com 90 cm de lado, considerando que esta seria a dimensão ideal para um modelo global, salvaguardando sempre a eventualidade de se reproduzir algum pormenor a uma escala maior.

Desde cedo foi também acertada a ideia de se trabalhar a maquete para que no final da primeira fase fosse possível uma produção em série, tornando possível a criação de réplicas que abordassem temáticas diferentes. Por exemplo, poder-se-ia utilizar uma para localizar as explorações mineiras, outra com peças amovíveis que permitissem identificar as litologias localizadas em profundidade, outra que ilustrasse aspectos morfotectónicos, outra que fizesse referência a vários locais merecedores de uma visita e uma, no centro da exposição, que apresentasse genericamente a serra aos visitantes.

Dados os fins para os quais se destinava a maquete, a sua construção deveria ser cuidadosamente pensada, para que no final não ficasse comprometida qualquer potencialidade de exploração.

a) A armação da maquete

Material utilizado	Procedimento
<p>a) Rolo de corticite;</p> <p>b) Mapas com as cotas individualizadas;</p> <p>c) Mapa topográfico completo;</p> <p>d) Tesoura;</p> <p>e) X-acto;</p> <p>f) Tachas;</p> <p>g) Cola de contacto;</p> <p>h) Pincel</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Recorte dos mapas de cotas individualizadas;2. Colocação de cada um dos mapas de cotas individualizadas sobre o rolo de corticite;3. Corte, utilizando o x-acto, das placas de corticite obedecendo ao molde conferido pelo mapa da respectiva cota;4. Sobreposição das réplicas em corticite dos diferentes mapas de cotas utilizando tachas;5. Acerto da sobreposição tendo em conta um mapa topográfico completo (que inclua todas as cotas que se individualizaram para construir os diferentes níveis de corticite);6. Colagem das diferentes réplicas em corticite de acordo com a sua sequência topográfica.

Este passo consistiu na análise do mapa topográfico referente à área que seria representada, na conversão da escala original (1: 15 000) para a escala de 1: 10 000, no

isolamento de cada uma das cotas, em mapas individuais, no intervalo situado entre a cota de 250 metros de altitude e 1 400 metros de altitude (cota mais elevada correspondente à capela da Sr.^a. da Serra) e na impressão separada de cada um destes mapas contendo apenas uma das cotas.

Obtidos estes mapas individuais, procedeu-se à construção de placas em corticite de cada um deles, recriando-os agora a três dimensões (3D). A colagem pode ser feita apenas no final reajustando-se cada uma das placas, ou de forma faseada, colando-se as placas de corticite, procedendo-se aos ajustes das placas dentro de cada grupo e colando-se no final todos os grupos de cotas obtidos reajustando-se cada um deles relativamente aos outros.



Fotografia 9 - Transferência dos mapas de cotas individualizadas para as placas de corticite.



Fotografia 10 - Sobreposição das placas de corticite segundo as cotas topográficas.

As várias placas de corticite foram, posteriormente, agrupadas de acordo com a sequência das cotas topográficas e fixadas, com cola de contacto, obtendo-se um modelo 3D da totalidade da carta topográfica, inicialmente utilizada.



Fotografia 11 - Representação 3D da carta topográfica da Serra do Marão.



Fotografia 12 - Outra perspectiva da representação 3D da carta topográfica da Serra do Marão.

b) Preenchimento da maquete

Material utilizado	Procedimento
<p>a) Armação em corticite da maquete;</p> <p>b) Espátulas de várias dimensões;</p> <p>c) Massa <i>vega</i>;</p> <p>d) Folha de lixa fina;</p> <p>e) Aspirador;</p> <p>f) Tinta em spray (aerossol Art – RAL 1015).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Com a ajuda de uma espátula, preencher com massa <i>vega</i>, os vários degraus deixados pela sobreposição das várias réplicas de corticite; 2. Utilizando folhas de lixa fina, suavizar o preenchimento dos degraus de forma a se obter um relevo mais fidedigno; 3. Reconstituir as linhas de água, vales e das zonas de cumeeira com a ajuda das folhas de lixa fina; 4. À medida que se vai desgastando a massa com a lixa, aspirar o pó que resulta dessa acção; 5. Pintar o contra molde com utilizando tinta em aerossol.

Esta etapa consistiu em disfarçar os espaços obtidos entre os degraus correspondentes à sobreposição das placas de corticite correspondentes às diferentes cotas com massa *vega* de composição e consistência semelhante ao gesso. Foi um trabalho muito minucioso, de precisão e paciência visto que para além de se

preencherem os referidos espaços se reconstituiu o relevo intermédio, as linhas de água, os vales e as cristas o mais fielmente possível. Foi uma fase mais demorada e que exigiu mais esforço, uma vez que seria determinante para o sucesso das posteriores. Após o preenchimento dos degraus, o relevo foi suavizado tendo em conta o mapa topográfico da serra, para que algumas imperfeições derivadas do preenchimento fossem atenuadas e se aferisse o relevo da maquete com o relevo da serra.

A maquete obtida no final destas duas fases de construção (a e b) constitui o fulcro das construções posteriores, visto estar feito o contra-molde que permitirá a obtenção do molde e consequentemente de todas as demais réplicas que se pretendem obter. Durante esta fase torna-se importante aspirar o pó que resulta do aperfeiçoamento da topografia da maquete, para que estes resíduos não interfiram na avaliação das zonas que necessitam ou não de aperfeiçoamento.

No final desta fase pinta-se o contra molde utilizando tinta em spray específica para o trabalho neste tipo de materiais para que o gesso ficasse mais protegido e com maior dureza.



Fotografia 13 - Preenchimento da maquete em corticite com a massa vega.



Fotografia 14 - Pintura do contra molde com o aerossol.



Fotografia 15 - Aspecto final do contra molde.

c) Construção do molde da maquete

Material utilizado	Procedimento
<p>a) Contra molde resultante das etapas anteriores);</p> <p>b) Gesso;</p> <p>c) Balde;</p> <p>d) Água;</p> <p>e) Tábuas de madeira;</p> <p>f) Pregos;</p> <p>g) Martelo;</p> <p>h) Espátulas de vários tamanhos;</p> <p>i) Silicone;</p> <p>l) Vaselina.</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Utilizando as tábuas de madeira envolveu-se o perímetro da maquete, obtida nas fases anteriores (fotografia nº 16) fixando-se com a ajuda de pregos;2. Espalhar vaselina, com a mão, sobre toda a área superficial da maquete para evitar a aderência do gesso ao contra molde;3. Com uma espátula e silicone vedar o espaço remanescente entre os limites da maquete e o caixilho de madeira (fotografia nº ...a mesma do ponto 1);4. Dissolver, num balde, o gesso em água mexendo sempre bem;5. Verter o gesso sobre o contra molde;6. Aguardar a secagem do gesso e fixar tábuas de madeira ao longo do perímetro da base do enchimento com o gesso;7. Separar, com cuidado, o molde do contra molde.



Fotografia 16 - Distribuição da vaselina sobre o contra molde.



Fotografia 17 - Preenchimento, com gesso, do contra molde.

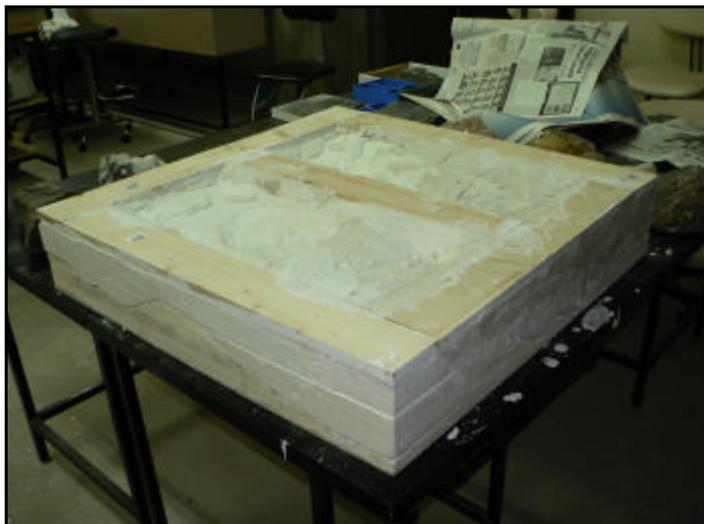
Nesta fase de construção do molde existem alguns pormenores a ter em conta e que serão determinantes para o sucesso desta fase e, evidentemente, das posteriores visto que as várias fases de construção da maquete se complementam e dependem do trabalho executado anteriormente.

Após a conclusão do contra molde (armação, preenchimento com massa *vega* e reconstituição de algumas particularidades do relevo) temos como objectivo a construção de um molde que garanta a obtenção, em série, de várias réplicas da maquete inicial destinadas às mais várias aplicações. Este molde foi construído em gesso, uma vez que é um material com alguma dureza e que permitiu a reconstituição de todos os detalhes do contra molde inicial. A sua vantagem advém do facto de ser derramado ainda no estado líquido e portanto capaz de penetrar em todas as depressões existentes, para logo depois solidificar e poder ser facilmente trabalhado.

Nesta fase é necessário ter um cuidado especial com o tempo de secagem do gesso utilizado, uma vez que existem marcas deste material que secam muito rapidamente não deixando, por vezes, margem para um trabalho mais cuidado. Caso se verta o gesso já com alguma rigidez incorre-se no risco deste material não se embrenhar nas estruturas mais pequenas do contra molde e se perderem pormenores (por exemplo pequenos vales ou pequenos cursos de água) que irão modificar o aspecto final das réplicas que se pretendem obter. Convém antes de se trabalhar sobre o contra molde, testar-se o tempo de secagem do gesso a utilizar para que se evitem contratempos na execução desta fase do trabalho.

Antes de derramar o gesso sobre o contra molde faz-se a distribuição da camada de vaselina, cuidadosamente, podendo abusar-se na quantidade de material a utilizar, uma vez que irá impedir que o gesso adira ao contra molde preservando-se uma peça imprescindível deste trabalho.

Após o preenchimento do contra molde, com gesso, e da secagem, à parte superior do molde devem fixar-se tábuas de madeira (com a ajuda de pregos) ao mesmo nível para se garantir a estabilidade e a nivelamento do molde quando se proceder à separação destas duas peças (Fotografia nº 19).



Fotografia 18 - Base em madeira do molde para garantir o seu nivelamento e estabilidade.

Após a secagem do gesso durante 15 dias (no mínimo), separa-se o molde do contra molde. Em primeiro lugar retiram-se as tábuas que marcaram o perímetro do conjunto molde/contra molde e o silicone que vedou as possíveis lacunas existentes entre a madeira e o molde/contra molde procedendo-se, finalmente, à separação do conjunto. Após a separação, o molde de gesso deve ficar ainda uns dias sem ser trabalhado para que a secagem seja a mais completa possível.



Fotografia 19 - Aspecto do molde de gesso obtido nesta fase (parte superior da fotografia) e do contra molde (parte inferior da fotografia) resultante das fases anteriores.

d) Obtenção do molde da maqueta

Material utilizado	Procedimento
<p>a) Cera (Mirror Glaze – Universal Molde Realse Wax);</p> <p>b) Pinceis;</p> <p>c) Gelcoat Isofáltico branco acelerado 9050;</p> <p>d) Catalisador;</p> <p>e) Resina poliester acelerada;</p> <p>f) Solvente cetona MERK (metiletilcetona)</p> <p>e) Tela de fibra de vidro;</p> <p>f) Tecido;</p> <p>g) Fio norte;</p> <p>h) Tesoura;</p> <p>i) Recipiente para realizar misturas²⁷;</p> <p>l) “Boneca” de pele de ovelha.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Directamente sobre o contramolde espalha-se com a ajuda de um pedaço de tecido (um saquinho que contém cera no seu interior e que é apertado com fio norte) uma camada de cera, uniforme, que servirá como agente desmoldante; 2. Após a colocação da cera, faz-se um polimento desta camada com a ajuda de uma “boneca” de pele de ovelha; 3. De seguida faz-se a aplicação do <i>gelcoat</i> tendo o cuidado de criar uma camada uniforme deste material. A obtenção de uma mistura capaz de secar rapidamente, mesmo em condições que não são as ideais, requer que este produto seja misturado com algumas gotas de catalisador. Após a realização da mistura, que deve ser feita sempre em pequenas quantidades, cerca de 2 dl, para que não endureça antes da aplicação, espalha-se sobre a camada de cera polida com a ajuda de um pincel; 4. A secagem durará 30 minutos, após os quais se pode proceder sem problemas à cobertura do molde com a tela de fibra de vidro; 5. Coloca-se a tela sobre o molde e com uma tesoura corta-se o excedente, tendo o cuidado de deixar uma margem segura e suficiente para a tela da fibra de vidro preencher todas as depressões e todos os pontos mais elevados da maqueta sem se ter necessidade de proceder a

²⁷ Pode ser simplesmente o fundo de uma garrafa de água em plástico.

	remendos; 6. Após o ajustamento da tela de fibra de vidro realiza-se a mistura
--	---

Após a separação do conjunto molde/contra molde procede-se

ao trabalho de produção de uma réplica do contra molde, que poderá ser produzida em série e ser alusiva a várias temáticas que se pretenda explorar, como por exemplo as várias litologias com representação na serra, os percursos pedestres que se podem desenvolver com paragens de importância geológica, cursos de água, localização dos parques eólicos, entre outros. Neste caso exploraremos as várias litologias presentes na Serra do Marão realizando cortes na maqueta que revelem a extensão, em profundidade, das mesmas. A maqueta será, por isso, dividida em várias secções que poderão ser movimentadas para que os alunos/visitantes da exposição possam explorar, de forma completa, a localização das litologias, removendo o inconveniente de apenas observarem o que se apresenta à superfície sem se aperceberem da sua continuidade em profundidade. Esta observação das litologias a 3D representa uma vantagem na aprendizagem em Geologia uma vez que se desvanece o conceito, normalmente, apreendido quando os alunos observam mapas geológicos e não adquirem a noção de continuidade litológica tornando-se mais fácil relacionar a sua origem, com a sua posição actual e os processos geodinâmicos responsáveis pela sua localização.

Para se proceder à construção da réplica a partir do molde deve-se, em primeiro lugar, impermeabilizar o gesso do molde, com cera, para que ao aplicar-se a fibra de vidro e, posteriormente, o *gelcoat* não se verifique infiltração deste material na superfície porosa do gesso. Assim sendo, encera-se o molde de forma cuidadosa (fotografia nº 20).



Fotografia 20 - Distribuição da cera sobre o contra molde de gesso.

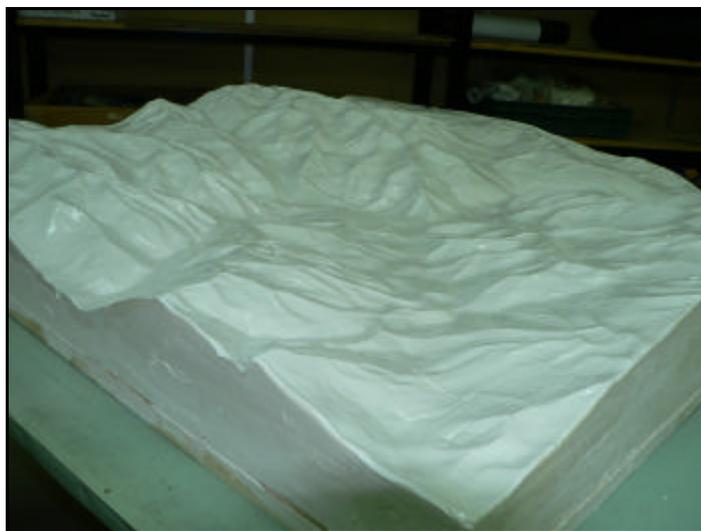


Fotografia 21 - Polimento da camada de cera do molde.

Após este passo cobre-se o molde com uma camada de *gelcoat* utilizando um pincel. O *gelcoat* é uma resina poliéster utilizada no fabrico de barcos e é responsável pelo revestimento externo do seu casco. Apresenta um aspecto brilhante e constitui uma camada fina, geralmente 0,6 milímetros de espessura, que se coloca no interior do molde do casco, tal como no nosso caso, antes de receber a tela de fibra de vidro. Deve-se adicionar, ao *gelcoat*, um catalisador, que se mistura na hora de aplicar o *gelcoat*, e que é responsável pela aceleração da secagem em quase todas as condições de temperatura e humidade, como convém aos trabalhos que se realizam em estaleiros e

que estão sujeitos a condições mais adversas do que as que envolveram a construção desta maqueta. A aplicação deste material tem como resultado final a obtenção de uma réplica exacta do molde pelo que este último deve apresentar uma superfície perfeita, sem rugosidades ou poros que poderão aparecer na camada de *gelcoat* e, posteriormente na fibra de vidro adicionando-lhe imperfeições que embora se possam, em alguns casos, corrigir podem alterar o aspecto final da maqueta. Esta fase requer também alguns cuidados, uma vez que se o *gelcoat* for aplicado numa camada muito fina, incorre-se no risco de aparecerem, posteriormente rugas na maqueta e caso ele seja aplicado numa camada muito espessa, poderão aparecer algumas fendas.

A aplicação da camada de cera, que actuará como um elemento fundamental na desmoldagem da maqueta, tem um papel primordial na contribuição para um bom resultado. Caso seja importante que a peça fique com um aspecto brilhante, a camada de cera aplicada não pode ser excessiva, uma vez que contribuirá para uma significativa perda de brilho e criará dificuldades acrescidas na desmoldagem. No nosso caso após a aplicação da cera fez-se um polimento da mesma com a ajuda de uma “boneca” de pele de ovelha.



Fotografia 22 - Aspecto do molde após a aplicação do *gelcoat*.

Após a aplicação do *gelcoat* cobre-se o molde com a tela de fibra de vidro cujo tamanho se ajusta com o auxílio de uma tesoura, deve considerar-se que o preenchimento dos vários desníveis do molde requer que a tela tenha uma margem

suficiente para os abarcar para que se evitem possíveis retalhos na cobertura da maqueta o que conduziria a um trabalho final imperfeito.



Fotografia 23 - Ajustamento da tela de fibra de vidro.

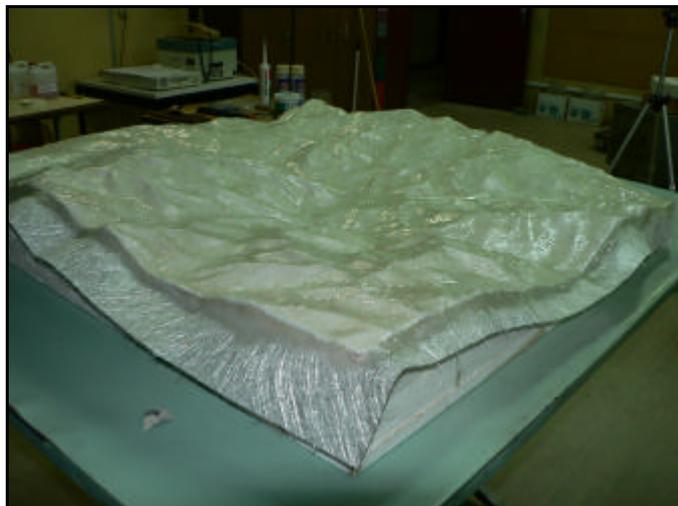
Sobre a tela de fibra de vidro ajustada e com alguma margem inicia-se a colocação de uma outra resina de poliéster, misturada com um solvente cetona MERK (metiletilcetona) e o catalisador já utilizado para o *gelcoat* e que desempenhará a mesma função (secagem da resina). Para se fazer a mistura utiliza-se um pequeno recipiente (devem-se preparar pequenas porções de forma a evitar-se a secagem da mistura obtida e assim o desperdício de material), como por exemplo o fundo de uma garrafa de plástico. Em primeiro lugar coloca-se uma porção de resina de poliéster (2 dl), seguida do solvente cetona MERK e umas gotas de catalisador. Após a obtenção da mistura, que deverá perder a coloração rosada que lhe é conferida pela resina poliéster acelerada, aplica-se sobre a tela de fibra de vidro com a ajuda de um pincel impregnando-a e marcando bem todos os pormenores do molde. A secagem demora 2 dias e convém fazer-se convenientemente para que não se verifiquem fissuras na réplica obtida.



Fotografia 24 - Colocação da resina sobre a tela de fibra de vidro.



Fotografia 25 - Pormenor da tela impregnada com a resina (lado esquerdo da fotografia) e antes da colocação da resina (lado direito).



Fotografia 26 - Aspecto do molde após a impregnação total da tela de fibra de vidro.



Fotografia 27 - Réplica do contra molde em fibra de vidro.

e) Exploração potencial da maqueta

A réplica da maqueta obtida como se descreve nas alíneas anteriores (**a**, **b**, **c** e **d**) foi dividida em várias secções de forma a poderem observar-se vários cortes, visualizando-se a continuidade das dobras, falhas e litologias em profundidade. Outra maqueta pode ser utilizada como ponto de convergência dos alunos/visitantes para centrar atenções iniciais ou finais (dependente da vontade dos alunos/visitantes) podendo-se partir desta maqueta para se iniciar um conhecimentos mais pormenorizado junto dos vários módulos e painéis montados ou chegar até ela para resumir e interligar o que se aprendeu ao longo da exposição com a exploração dos vários módulos. As maquetas podem ser o ponto de partida para os alunos, em conjunto com os seus professores, seleccionarem locais de interesse para eventuais saídas de campo procurando ver *in situ* o resultado de alguns processos geodinâmicos que mais lhes cativaram a atenção. Com esta iniciativa as saídas de campo que possuem características semelhantes às mais vulgares visitas a museus (ver depressa o que há para ver sem prestar grande atenção!) podem adquirir um interesse acrescido uma vez que são os alunos a escolherem os locais que querem visitar delineando-se a saída à volta da maqueta.

Em torno da maqueta pode também reconstituída a evolução geodinâmica da Serra do Marão, após a passagem dos alunos pelos módulos, para que haja uma primeira

integração dos conhecimentos adquiridos, antes da saída de campo ou substituindo uma saída de campo. Esta integração não deve ser de maneira autónoma, mas sim com a ajuda de um monitor, ou do professor-guia, para que além de concentrador de atenções dos alunos, seja um elemento fomentador de discussões e interacções fundamentais para a reestruturação dos conhecimentos adquiridos. Durante a visita restante o papel deste acompanhante deverá ser tudo menos passivo, questionando, gerando discussões entre os alunos levando-os a formularem as suas próprias hipóteses mediante cada um dos módulos, orientando as suas opiniões e ajudando os alunos a ultrapassarem alguma dificuldade nas várias actividades realizadas.

4.2.1.2. – Os painéis didácticos

Os painéis que integrarão a exposição serão elaborados tendo em conta algumas das regras que se aplicam não só à sua construção para divulgação científica, como também aos utilizados no mundo do marketing e da publicidade. Esta construção pretende servir dois objectivos em simultâneo, que são por um lado edificar os painéis de forma mais correcta possível do ponto de vista científico, mas também torná-los atractivos para que a sua exploração se faça de facto, uma vez que possui assuntos que facilitarão a compreensão da actividade proposta e a ele associada, bem como possibilitarão a integração entre o que se explora no museu e a realidade que poderá ser observada no campo.

Na sua forma tradicional, os painéis obedecem a um conjunto de regras que uniformizam a sua apresentação em qualquer local, visto servirem cada vez mais para se a divulgação científica de um dado tema. A sua difusão é feita tendo em conta um grupo pequeno, uma vez que concentrará texto, figuras e fotografias, num espaço limitado. Tem como principais vantagens facilitar, no menor tempo possível, o contacto com vários temas de uma forma autónoma, num espaço de tempo relativamente curto²⁸. Possui ainda outra vantagem relativamente a outras formas de se apresentarem os temas

²⁸ Com a exposição de vários painéis a informação é mais fácil e rapidamente adquirida do que se esses mesmos temas fossem dados a conhecer através de palestras feitas pelos vários investigadores das temáticas que se pretendem divulgar.

pretendidos, consegue retirar um máximo de benefícios possíveis da sua exploração, uma vez que permite que o público-alvo levante as suas próprias questões nascendo uma interacção entre o autor (ou neste caso o professor-guia), sob a forma de uma sessão de perguntas e respostas facilitando, igualmente, um contacto mais próximo entre os interlocutores (Davis, 1996).

A organização de um painel deve ter em conta que é imperativo, um equilíbrio entre o texto, as figuras e as fotografias utilizadas. O texto deve ser claro e os esquemas/gráficos simples e incisivos. A composição gráfica, do todo, deve ser ao mesmo tempo atractiva, sem se perder a noção da mensagem científica que se quer passar. Estes painéis são criados para que se possa desenvolver um pensamento em conjunto, por isso reunirão informações essenciais, para que o grupo possa levantar questões e discutí-las no seu seio, tendo em conta as actividades práticas delineadas.

As figuras serão integradas de maneira a centrar as atenções para o centro visual do painel, com o propósito de cativar o público-alvo para a informação que se quer transmitir, sem dispersar as atenções, uma vez que o equilíbrio e harmonia das formas e figuras são determinantes como forma de chamar a atenção das pessoas que dirigirem o olhar para o painel.

Todos os pormenores de um painel servem a mesma finalidade: prender a atenção do público para o qual se dirige, originando o maior impacte possível, a uma distância de, pelo menos, 2 metros. O texto não de ser demasiado exaustivo e deve ser organizado em várias caixas com um agradável arranjo gráfico.

Os painéis idealizados para esta exposição sofrerão, no entanto, uma ligeira modificação, visto não se tratarem, primordialmente, de um material de divulgação de uma investigação científica, servirá acima de tudo para tornar autónomos os visitantes, constituindo outra forma de interacção entre o público e a exposição. Estes painéis serão organizados de maneira a auxiliar os alunos a explicarem o processo geodinâmico em causa nos módulos que integram sem, no entanto, serem flagrantemente exaustivos concentrando toda a informação que é necessária saber. Devem fomentar discussão e conferir alguma bagagem científica para que as conclusões finais reflectam um conhecimento que se apoiou em conhecimentos prévios que foram reformulados fruto da interacção entre os alunos e a nova informação obtida através do painel e da execução da actividade do módulo. Não podem ser, no entanto, demasiadamente *nus* de

informação uma vez que anteriormente se ponderou a possibilidade da exposição poder ser levada às escolas, por exemplo, apenas na sua componente representada pelos painéis.

4.2.1.3. – Os módulos interactivos

Os módulos interactivos que se pensaram para integrar a exposição sobre a evolução geodinâmica da Serra do Marão, estão organizadas de maneira a que, sem haver uma exaustiva exposição dos conteúdos relativos aos diferentes processos geológicos, os visitantes possam aprender os conceitos necessários. De uma forma menos extenuante do que a exposição verbal, com os módulos interactivos quem se dirige à exposição pode, com o tempo que necessitar, interagir com esta e apreender os conteúdos necessários de uma forma muito mais aliciante e divertida.

Os módulos delineados quiseram-se simples utilizando materiais que os professores possam, facilmente, utilizar nas suas salas de aula, incentivando os seus alunos a aprenderem através da interacção com os materiais, com os colegas e com o professor. É, igualmente, esta premissa que é utilizada na nossa exposição. Através dos módulos, os visitantes podem realizar uma aprendizagem interactiva auxiliada pelo professor e painéis que expõe os conteúdos científicos necessários para que haja uma compreensão eficaz dos temas abordados.

Como já foi referido a exposição não está pensada para ter uma ordem na sua exploração para se evitem compassos de espera que criem desinteresse ou perturbem os grupos que já estão integrados nas actividades propostas pela exposição, ao longo de todo o seu percurso.

4.2.1.4. – As saídas de campo

As saídas de campo, como já foi dito na alínea e) do ponto 4.2.1.1. serão delineadas quando surgirem da vontade dos alunos em realizá-las. Podem ser pré-estabelecidas no momento da visita ao museu escolhendo-se os locais a visitar com o auxílio de uma das maquetas já elaboradas para o efeito. No local existirão pequenos

roteiros já estabelecidos que serão agrupados de forma a formarem a totalidade do percurso seleccionado. Estas saídas de campo terão como objectivo principal levar os alunos a familiarizarem-se mais com os procedimentos que se têm em conta numa saída de campo ao mesmo tempo que, ao observarem as estruturas resultantes dos processos que testaram no museu, procedem a uma nova reestruturação do seu conhecimento dada a perspectiva que se têm dos fenómenos geológicos quanto contactam com a escala real das imagens que viram em fotografia na exposição.

Para uma acção mais completa e um maior impacte na aprendizagem dos jovens alunos de Geologia, as saídas de campo devem fazer-se com os grupos de alunos que visitem a exposição. Como, de uma forma geral, para as visitas de estudo está reservado um dia apenas, torna-se fundamental que o professor prepare antecipadamente a visita ao museu para que possa dar oportunidade aos seus alunos de realizarem actividades diferenciadas que contribuam para uma aquisição de conhecimentos mais sólida. Se devidamente preparada a visita ao museu, tal como se projecta, poderá ser uma extensão adaptável à pretensão dos docentes desenvolvendo-se totalmente ou parcialmente consoante o tempo disponível para cada situação.

Na exposição reservar-se-á, igualmente, um espaço para a preparação destas saídas de campo, onde *os pequenos geólogos* se familiarizarão com os gestos habituais destes profissionais fazendo-se uma introdução à manipulação da bússola e à organização de um livros de campo despertando-se os alunos para a importância da observação dos pormenores.

CAPÍTULO V – AS ACTIVIDADES PRÁTICAS DA EXPOSIÇÃO

5.1. – E que tal um mergulhinho?

5.1.1. – As ondas também desenham ... e sem lápis!

5.1.2. – Como se formam os tsunamis?

5.1.3. – Vamos procurar o fundo do oceano?

5.2. – Vamos ver quem tem mais força?

5.2.1. – Os confrontos do planeta

5.3. – Criar e transformar

5.3.1. – Como se formam as paisagens?

5.4. – As histórias dos “bichos”

5.4.1. – Os passos de “pedra”

Ao longo deste capítulo faz-se referência à delimitação dos módulos interactivos que foram considerados importantes e centrais numa exposição sobre a geodinâmica da Serra do Marão.

Apresenta-se uma breve revisão bibliográfica cujos fundamentos constarão dos painéis didácticos e o protocolo experimental que gere a actividade desenvolvida no módulo interactivo. As actividades a integrar na exposição poderiam ser muitas mais mas deve ter-se presente que se destinam, particularmente, a um público mais jovem cujo tempo de concentração não é muito longo. Se analisarmos as aulas de 90 minutos a que estes alunos, geralmente assistem, rapidamente chegaremos à conclusão que para as crianças os primeiros 45 minutos passam sem se darem conta mas que os que se seguem já requerem um grande esforço para que os mesmos índices de atenção sejam mantidos. Com a ajuda destas pequenas informações que vamos recolhendo da nossa experiência profissional, escolheu-se um número limitado de módulos para que a exposição não se torne enfadonha, nem perca interesse.

5.1. – E que tal um mergulhinho?

5.1.1. – Introdução à actividade:

As ondas também desenham... e sem lápis!

Existem informações encerradas nas rochas que reforçam a caracterização feita de uma dada região. A Serra do Marão não é excepção e se parecem existir evidências de que as litologias se formaram em ambiente marinho, nenhuma é mais eficaz do que as marcas de ondulação que podemos aqui encontrar e que nos reportam, sem dúvida, para um ambiente de praia.

Impressas nos quartzitos, as marcas de ondulação são pequenos sulcos gravados numa camada de sedimentos, originados pela movimentação da água ou do vento. Da interpretação destes sulcos, que ficaram preservados nas rochas, poderemos recolher dados que nos permitem reconstituir paleoambientes, como por exemplo, caracterizar ambientes de deposição de sedimentos, direcções de correntes, antigas linhas de costa, entre outros. Assim se, as marcas deixadas perpendicularmente ao movimento se dispuserem de forma simétrica poderemos concluir que se originaram devido à ondulação e estaríamos perante um ambiente aquático com alguma profundidade; se essas marcas não apresentarem simetria, inclinando-se, preferencialmente para um dos lados, poderíamos relacioná-las com um ambiente em que existiriam correntes de água ou vento, como existem em desertos ou zonas costeiras (Plummer e McGeary, 1996).

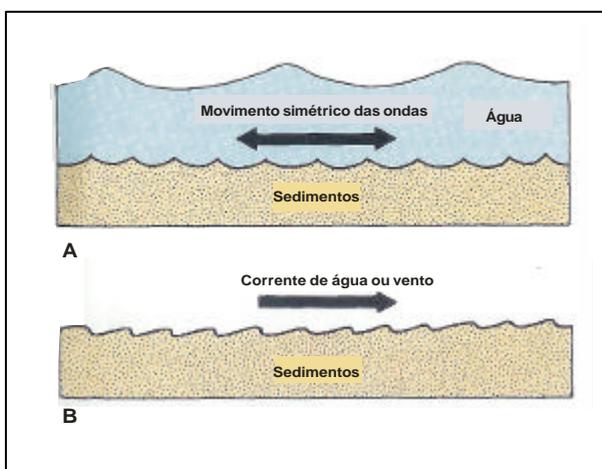


Figura 14 - Movimentação característica das ondas (A) e de uma corrente (B). A perturbação dos sedimentos pelo movimento ondulatório da água em ambientes aquáticos originam marcas dotadas de simetria; enquanto que o movimento unidireccional da corrente - de água ou vento - gera marcas, nos sedimentos, assimétricas que permitem inferir sobre o sentido da corrente (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).



Fotografia 28 - Marcas de ondulação na Serra do Marão.

Objectivos da actividade:

- Simular as perturbações dos ambientes de praia;
- Relacionar as marcas de ondulação encontradas na serra com um ambiente de praia.

Descrição da actividade

Esta actividade é de carácter bastante simples, no entanto, consegue atingir os objectivos a que se propõe. Servindo-nos de um tanque onde está depositada uma camada de areia, os alunos irão provocar agitação, pegando numa extremidade do próprio tanque, para reproduzirem o melhor possível, na água, a ondulação característica das zonas aquáticas. Como o tanque é transparente poderão, ao mesmo tempo, verificar as transformações produzidas nos sedimentos arenosos. Extrapolando os resultados obtidos para as fotografias das marcas de ondulação presentes no painel, poderão concluir acerca da origem dessas mesmas marcas, caracterizando, simultaneamente, o ambiente em que se formaram.

Protocolo experimental

ACTIVIDADE PRÁTICA		
MATERIAL	<ul style="list-style-type: none">- Tanque;- Água;- Pequena pá;- Areia.	PROCEDIMENTO
		<ol style="list-style-type: none">1. – Coloca água no tanque que o teu grupo dispõe;2. – Com cuidado e com a ajuda da pá, dispõe a areia no fundo do aquário, até formares uma camada uniforme;3. – Faz um pequeno desenho do que observas;4. – Cautelosamente pega com ambas as tuas mãos em dois dos cantos do tanque e balança-o até conseguires formar ondas na superfície da água;5. – Pousa o tanque e compara a superfície arenosa obtida, depois da agitação do tanque, com o desenho que elaboraste anteriormente. Que diferenças encontras? Tenta agora explicar o que aconteceu.

5.1.2. – Introdução à actividade:

Como se formam os tsunamis?

Para que se compreendam os tsunamis é necessário que se entenda o mecanismo de formação e propagação das ondas.

As linhas de costa são ambientes dinâmicos em resultado da dissipação da energia proveniente de correntes e ondas. Esta energia é responsável pela erosão, transporte e deposição de sedimentos, bem como pela modificação das paisagens das zonas costeiras.

O conhecimento das ondas de água, não é muito diferente do conhecimento que é preciso adquirir para o estudo de outros tipos de ondas, como por exemplo as ondas de rádio ou sonoras. Todas estas ondas possuem em comum o facto de serem geradas por alguma fonte de energia (Hamblin, 1992). A energia que desencadeia a formação das ondas provém de rajadas de vento que ao incidirem sobre a superfície da água, utilizam parte dessa energia, na criação de uma depressão, que ao ser compensada, conduz a uma diminuição de pressão, elevando a superfície da água. Estas alterações de pressão originam as ondulações.

Existem certos conceitos referentes às ondas de água, que são semelhantes às restantes formas de ondas, como por exemplo o comprimento de onda, a sua frequência e a altura da onda. Uma vez que eles serão largamente utilizados, tanto na explicação dos movimentos das ondas como também, na compreensão do seu comportamento quando ocorre um tsunami.

O comprimento de onda é a distância horizontal entre a crista e a cava da onda.

A altura da onda é a distância vertical entre a crista e a depressão da onda.

O período das ondas ou frequência é o intervalo de tempo compreendido entre a passagem de duas cristas ou de duas cava.

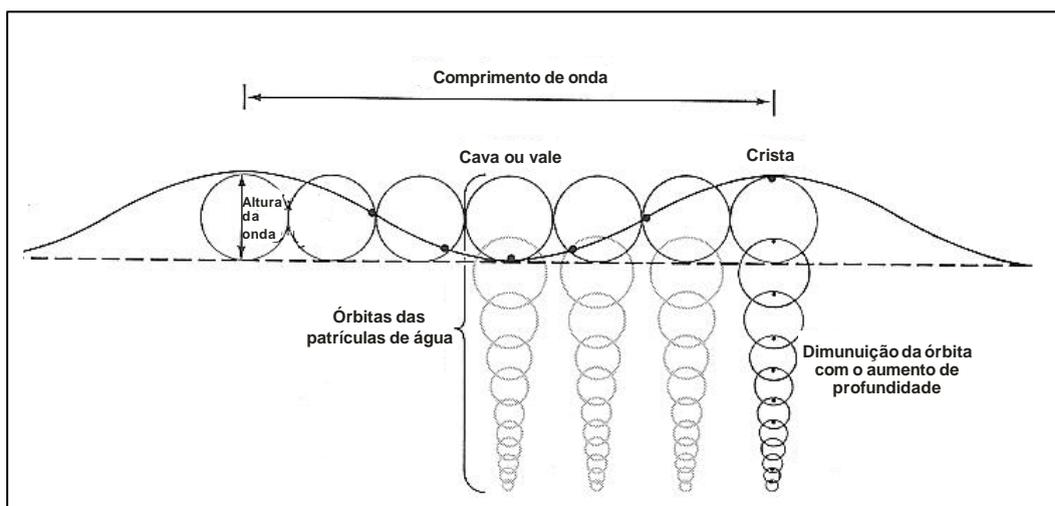


Figura 15 - As ondas resultam dos movimentos orbitais das partículas que as compõem, Cada uma das partículas descreve a sua órbita a partir da mesma posição, enquanto a onda avança. As órbitas descritas por estas partículas são cada vez maiores à medida que se aproximam dos fundos oceânicos, sendo responsáveis pela movimentação horizontal dos sedimentos nestas zonas (adaptado de Press e Siever, 1985).

O movimento característico das ondas é facilmente verificado quando se observa de lado, um objecto que flutue. Verificar-se-á que o objecto se movimentará para a frente quando a crista se aproxima e que recuará quando passa pela cava da onda (Fig. 16). O objecto descreverá, sempre, uma órbita circular com um diâmetro igual à altura da onda. Abaixo da superfície, este movimento vai diminuindo, progressivamente e pára a uma profundidade igual a metade do comprimento de onda, demarcando o seu nível de base (Fig. 16) (Hamblin, 1992).

A energia total de uma onda pode representar-se pela coluna de água cujas partículas descrevem o movimento orbital característico e por isso, a quantidade de energia de uma onda dependerá da altura que esta tiver, bem como do seu comprimento de onda.

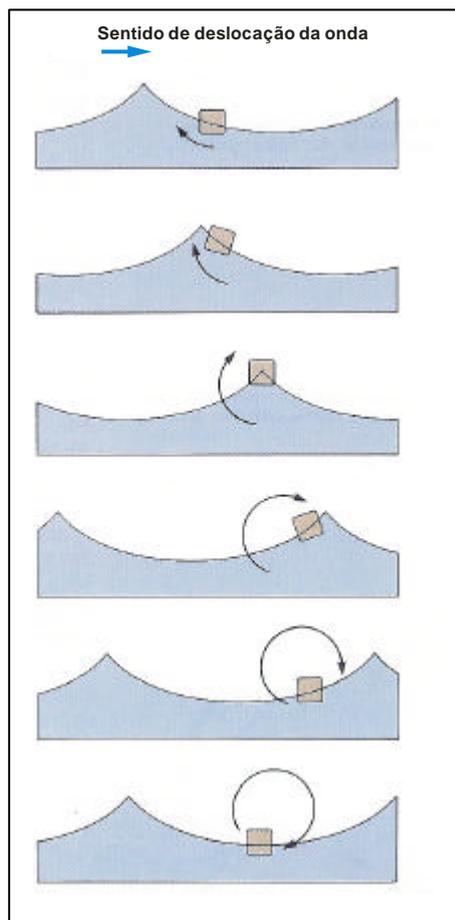


Figura 16 - Movimento das partículas ao longo do avanço da onda (adaptado de Hamblin, 1992).

A acção de uma onda, bem como as suas consequências são muito variáveis, uma vez que depende da distância a que se encontra o fundo oceânico. A progressão de uma onda em zonas onde a profundidade é grande, é quase insignificante, no entanto, se a onda progredir para zonas onde a profundidade vá diminuindo, as suas características sofrem alterações que modificarão o seu comportamento. Quando o nível base da onda coincide com o fundo oceânico, verifica-se uma diminuição do comprimento de onda e a fricção resultante exerce um efeito retardador sobre a onda. A sua altura aumenta, progressivamente, uma vez que a coluna de água, dotada de movimento orbital, se encontra com o fundo oceânico. A onda torna-se cada vez mais alta, a sua velocidade diminui e alcança-se um ponto crítico em que a velocidade da órbita descrita pelas partículas de água se altera, provocando a sua deformação. A crista da onda estende-se para lá da coluna de água subjacente e ocorre rebentação, impelindo para a frente a restante coluna de água e consumando a libertação de energia. Esta energia não se

perde, sendo utilizada na erosão, transporte e deposição de sedimentos, processos que caracterizam as margens continentais e responsáveis pela constante modificação das paisagens litorais (Hamblin, 1992).

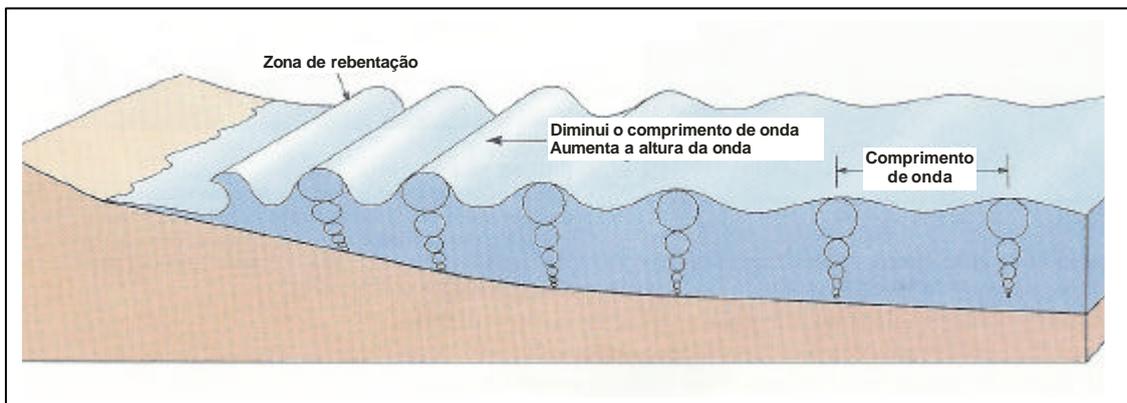


Figura 17 - Modificações sofridas pelas ondas pela aproximação à costa. À medida que a onda se aproxima o seu comprimento diminui devido ao decréscimo de profundidade; as ondas aproximam-se mais umas das outras, aumentam a sua altura, tornam-se assimétricas precipitando-se para a zona de praia onde ocorre a rebentação (adaptado de Hamblin, 1992).

Compreendendo como se formam as ondas em situações normais será mais fácil agora entender o mecanismo que leva à formação de ondas gigantes dotadas de um grande poder destruidor quando alcançam as zonas costeiras. Uma das razões que pode despoletar a sequência de acontecimentos que culminam num tsunami, pode ser uma rápida perturbação dos fundos oceânicos quando ocorre um sismo, geralmente de magnitude igual ou superior a 8 (Plummer e McGeary, 1996). Estes sismos não têm como única consequência um desnivelamento dos fundos oceânicos, mas quando ocorre este desnivelamento em meio aquático, as consequências são ampliadas pelo elemento deste ambiente: a água. A forma peculiar como este elemento reage a esta perturbação e a própria configuração do relevo dos fundos oceânicos, podem desencadear uma série de acontecimentos que poderão resultar numa catástrofe natural. O mecanismo desencadeado pelo sismo é semelhante à ondulação gerada pelo vento, visto tratar-se, em ambos os casos, da compensação de um desnivelamento da massa de água, que neste caso começa no fundo oceânico e que se irá propagar sob a forma de movimento a toda a água circundante a esta perturbação. A depressão criada na água devido ao desnivelamento do fundo oceânico provoca uma imediata tentativa de reequilíbrio. Ao

fazê-lo a água precipita-se para o interior dessa depressão, originando ondas que se propagarão ao longo da superfície do oceano.

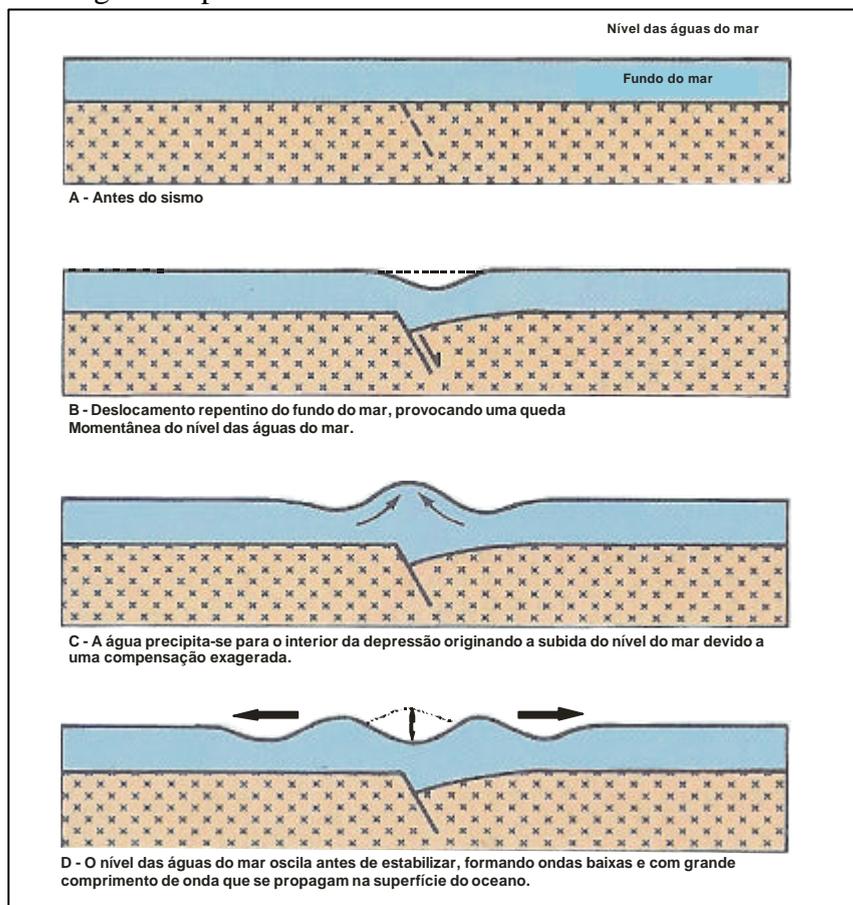
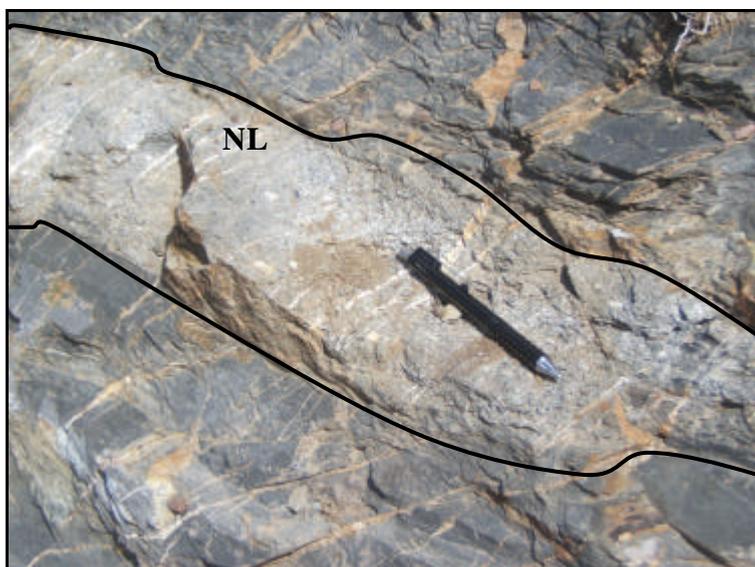


Figura 18 - Formação de um tsunami de origem sísmica (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).

Estas primeiras ondas são baixas e possuem um grande comprimento de onda, movimentando-se rapidamente ao longo da superfície. Normalmente uma onda originada pelo vento pode alcançar um comprimento de onda de cerca de 400 metros e mover-se, em zonas profundas, a uma velocidade de 90 km/h; quando se desencadeia um furacão, as ondas, na zona de rebentação, podem alcançar 15 metros de altura, estes valores ajudar-nos-ão a compreender melhor as dimensões alcançadas pelas ondas de um tsunami. Em pleno oceano, as ondas originadas pelos tsunamis alcançam um comprimento de onda de 15 metros e uma velocidade de 750 km/h. Em zonas profundas as ondas provocadas dos tsunamis não ultrapassam os 0,6 a 2 metros, no entanto, em zonas próximas da costa podem alcançar uma altura de 15 a 30 metros. Considerando o comportamento geral das ondas, é fácil justificarmos este aumento de altura das ondas com a progressiva diminuição da profundidade do fundo oceânico. Esta diminuição de

profundidade provocar-lhes-á uma diminuição de velocidade, mas por outro lado confere-lhe uma altura suficiente para devastar zonas até vários quilómetros para o interior dos continentes. O seu comprimento de onda é responsável por um recuo retardado desta ondulação, quando comparadas com as ondas “normais” geradas pelo vento. Mesmo depois da onda alcançar as zonas costeiras, o nível das águas continua a subir durante cerca de 5 a 10 minutos, o que provoca inúmeras inundações, antes de recuar em direcção ao mar (Plummer e McGeary, 1996).

Esta actividade incidirá sobre um fenómeno geológico para o qual os alunos se encontram sensibilizados, os tsunamis. Desde o tsunami que ocorreu no sudoeste asiático, os alunos revelam uma extrema curiosidade em compreender o mecanismo de um acontecimento desta natureza. É muito frequente formularem questões ao longo das aulas, sempre que o tema em desenvolvimento aborda, nem que seja ligeiramente, conteúdos de sismologia. Esta será pois uma actividade que suscitará uma extrema curiosidade e interesse nos alunos revelando-lhes as causas que originam esta catástrofe natural.



Fotografia 29 - Nível lumachélico (NL) indicador de uma grande perturbação num ambiente aquático geralmente de grande profundidade.

Nesta actividade os alunos poderão observar a desorganização impressa nos sedimentos marinhos devido ao aumento da capacidade de carga das águas causada por esta perturbação neste tipo de ambiente.

Objectivos da actividade:

- Simular a ocorrência de um tsunami;
- Relacionar a desorganização dos sedimentos com perturbações de ambiente (presença de um nível lumachélico no seio de psamitos).

Descrição da actividade:

A actividade que ilustrará uma perturbação dos sedimentos marinhos e que terá como consequência uma mescla de sedimentos com granulometrias visivelmente diferenciadas, será muito simples e perfeitamente representativa dos efeitos de um sismo com epicentro no oceano.

Para este efeito utilizar-se-á um tanque em acrílico rectangular onde se depositarão areias de diferentes granulometrias, cada uma com uma coloração diferente, de acordo com o que na realidade poderemos encontrar neste tipo de ambientes. Deve ter-se o cuidado de colocar sedimentos mais grosseiros perto da margem do “oceano” e sedimentos mais finos nas zonas de maior profundidade.

Por baixo, destes sedimentos, colocar-se-ão dois balões com ar no seu interior para que se possa provocar o desnivelamento do fundo oceânico necessário ao desencadeamento de um tsunami. Um dos balões será esvaziado, enquanto o outro permanecerá intacto. Com este procedimento conseguir-se-á induzir um abatimento dos sedimentos na zona em que o balão esvaziou, provocando uma ondulação que deverá atingir a costa, arrastando sedimentos de maior granulometria para as zonas mais profundas do tanque.

Protocolo experimental

ACTIVIDADE PRÁTICA		
MATERIAL	<ul style="list-style-type: none">- Tanque em acrílico;- Água;- 2 balões;- Tubo de vidro;- Rolha ou algodão;- Areias de diferentes cores e granulometrias.	PROCEDIMENTO
		<ol style="list-style-type: none">1. – À tua frente poderás encontrar um tanque com areias de diferentes cores e tamanhos, dois balões, com o mesmo conteúdo em ar, estando um deles ligado ao exterior por um tubo de vidro com uma rolha (ou algodão) na sua extremidade. Podes ainda ver uma praia com árvores e algumas construções. Era um bom sítio para estar, não achas?2. – Com cuidado retira a rolha do tubo de vidro de maneira a que o ar saia repentinamente;3. – O que se passou na praia? Porquê?4. – E no fundo do mar, que transformações ocorreram?

5.1.3. – Introdução à actividade:

Vamos procurar o fundo do oceano?

A linha da costa é um ambiente dinâmico, receptor dos múltiplos sedimentos que resultam de processos geológicos das camadas rochosas expostas aos agentes erosivos. Estes sedimentos provêm de várias fontes, mas na sua grande maioria derivam das rochas continentais, e são depositados no mar, devido ao transporte preconizado, principalmente, pelos rios. Mesmo depois deste transporte que se arrasta, muitas vezes, ao longo de grandes distâncias, os sedimentos experimentam ainda o transporte feito pelas ondas e correntes marítimas, depositando-se em áreas de baixa energia, contribuindo para a construção das paisagens costeiras. A erosão destas zonas acrescenta novos sedimentos que se juntam aos que resultam do desgaste continental. As alterações na morfologia da costa são contínuas, renovando-se as paisagens e os materiais (Plummer e McGeary, 1996).

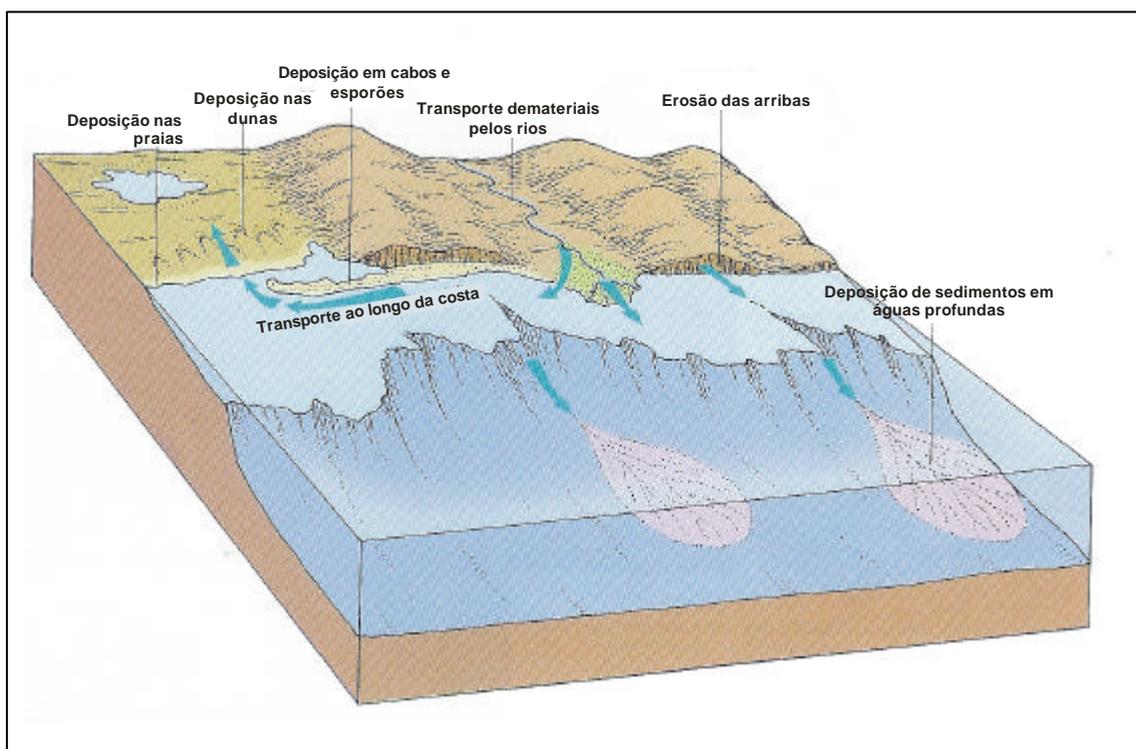


Figura 19 - Formação e transporte de sedimentos ao longo da costa. Os sedimentos chegam às bacias oceânicas graças ao transporte feito, maioritariamente, pela água e depositam-se nos fundos oceânicos ou ao longo da costa contribuindo para a renovação dos areais das praias, formação e crescimento dos esporões (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).

Quando observamos os xistos que integram a Formação da Desejosa apercebemos de um aspecto bandado característico, que é indicativo do ambiente de formação destas rochas. Este tipo de estratificação é caracterizado pela progressiva diminuição do tamanho dos grãos de sedimentos desde o fundo da bacia até à superfície e acontece graças a correntes turbidíticas que promovem o transporte de sedimentos continentais até às bacias oceânicas. Estas águas turvas, com densidade superior à densidade da água límpida, afundam nas bacias de sedimentação e movimentam-se, rapidamente, pelo talude continental. À medida que as correntes turbidíticas vão perdendo a sua capacidade de transporte, os sedimentos iniciam a sua deposição.

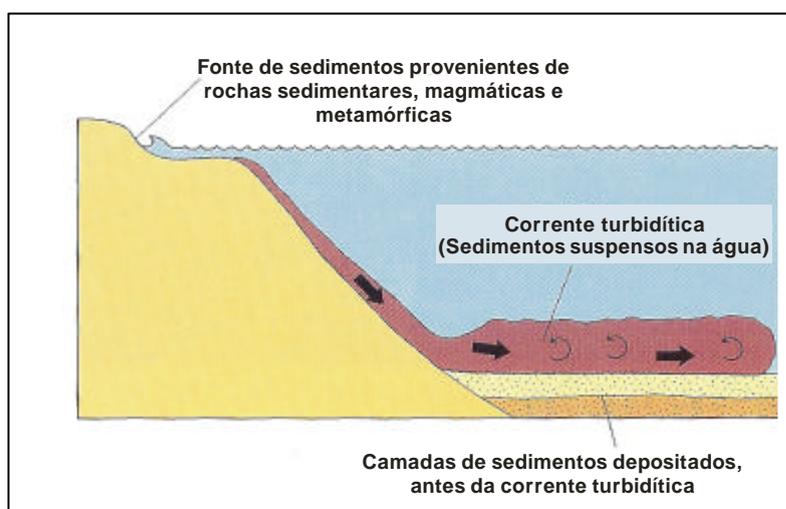


Figura 20 - A corrente turbidítica desce ao longo do talude continental para se propagar ao longo do fundo oceânico, nunca se misturando com a água límpida devido às diferenças de densidade (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).

Em primeiro lugar depositam-se os mais grosseiros, seguidos pelos mais finos e outros ainda permanecem em suspensão depositando-se gradualmente. Estas correntes permitem que, de uma só vez, se deposite uma camada de sedimento que exhibe uma gradação granulométrica contínua de materiais mais grosseiros, na base e materiais mais finos no topo. Esta gradação permite a identificação das diferentes camadas horizontais correspondentes a um único episódio de deposição sedimentar (Hamblin, 1992).

A identificação das correntes turbidíticas nos filitos da Serra do Marão permite-nos localizar espacialmente esta litologia, integrando-a num ambiente de deposição marginal continental.

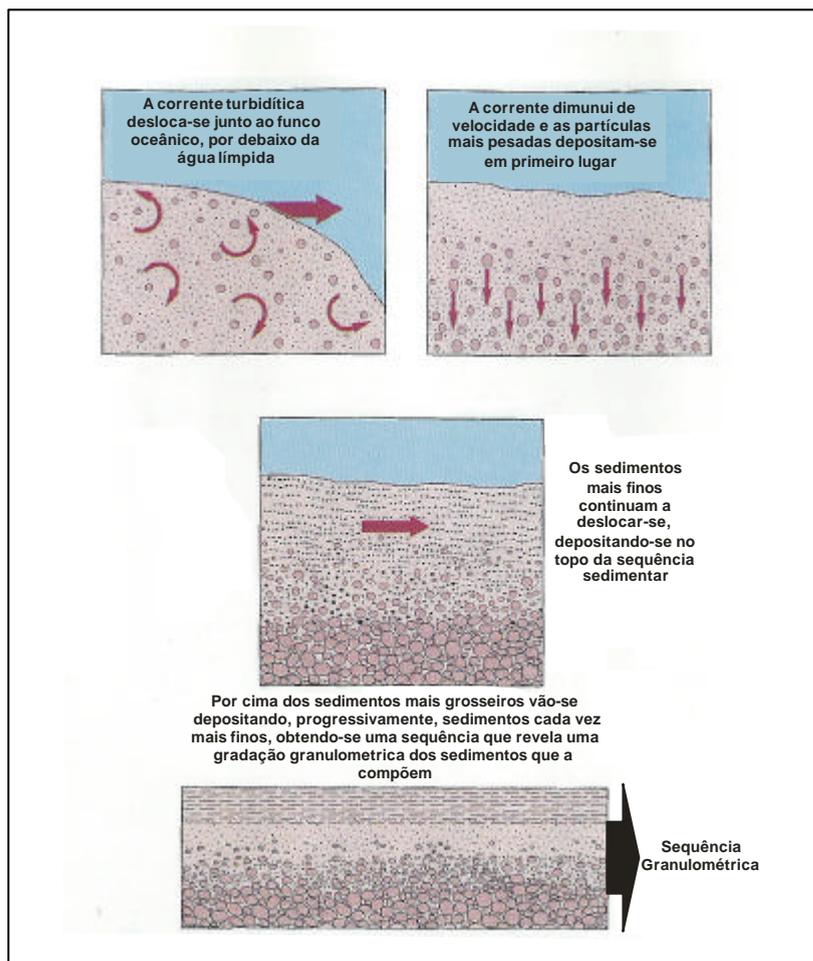


Figura 21 - Etapas de formação de uma sequência de sedimentos com base na granulometria dos materiais. Os sedimentos mais pesados depositam-se em primeiro lugar, aparecendo na base das sequências e progressivamente depositam-se sedimentos mais finos sobre os primeiros, resultando uma sequência com um aspecto bandado que vai permanecer nas rochas e que constitui um indicativo quanto à posição relativa do fundo da bacia de sedimentação onde se depositaram estes materiais (adaptado de Plummer e McGeary, 1996)

Os xistos com aspecto bandado da Formação da Desejosa, que alternam faixas de cor mais escura, com faixas de coloração mais clara ilustram uma alternância de sedimentos depositados na bacia oceânica. As faixas mais escuras correspondem a filitos que provêm de argilas, enquanto que as colorações mais claras equivalem a siltes (material mais grosseiro) evidenciando a presença de grãos de quartzo.

Da observação de uma amostra apercebemo-nos desta graduação de cromatismos, ou seja, distinguem-se bem as faixas mais claras e as mais escuras e nas zonas

intermédias vislumbram-se bandas que condizem a misturas das duas fracções (siltes e argilas). Esta gradação cromática pode servir como indicador para a determinação do fundo de uma bacia de sedimentação, uma vez que sendo os siltes um material mais grosseiro, será o primeiro da sequência a depositar-se, ficando recoberto pelos materiais mais finos, que ficam durante mais tempo em suspensão na água e que se depositam posteriormente.

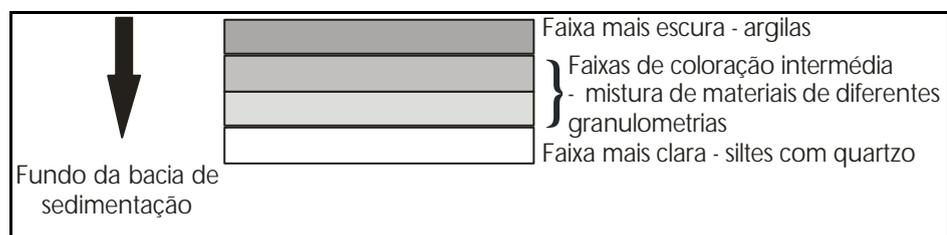


Fotografia 30 - Gradação cromática nos xistos da formação da Desejosa. Podemos observar as faixas mais claras de natureza quartzosa e as mais escuras de natureza argilosa.

Ao olhar para uma amostra, destes xistos, tentando determinar a sequência de deposição sedimentar, deveremos em primeiro lugar procurar esta alternância de colorações mais claras e mais escuras, fazendo a respectiva correlação entre os materiais depositados. As bandas mais claras representarão materiais mais grosseiros, enquanto que as bandas mais escuras corresponderão a materiais de granulometria mais fina. Confrontando a relação estabelecida entre a deposição de sedimentos e a sua granulometria, concluiremos que quanto mais grosseiro, mais depressa se depositarão estes sedimentos e quanto mais finos mais tempo permanecerão em suspensão no agente transportador e conseqüentemente, mais tempo levarão a depositarem-se. Aplicando o tão conhecido Princípio de Sobreposição de Estratos, que se revela extremamente útil na datação relativa de estratos, facilmente chegaremos à conclusão que os sedimentos mais grosseiros foram os primeiros a depositarem-se seguidos pelos mais finos (salienta-se que estamos a descrever o raciocínio para uma sequência sedimentar positiva, ou seja, que considera que os sedimentos depositados na base serão mais grosseiros do que os

do topo). Relacionando os dois factos verificaremos que estas amostras possuem vários grupos destas pequenas sequências que nos fornecem dados relativos às modificações dos ambientes de sedimentação. Estes xistos possibilitam-nos, igualmente, a visualização da transição que ocorre entre a deposição dos sedimentos mais grosseiros, de natureza quartzosa e os sedimentos mais finos de natureza argilosa. Ao identificarmos uma banda mais clara que evidencia a acumulação de quartzo, verificaremos que as bandas superiores apresentam uma gradação que se torna, progressivamente mais escura. Esta gradação cromática revela-nos a sequência de deposição dos sedimentos na bacia, a tendência para as colorações escuras demonstram em primeiro lugar uma mistura com materiais mais finos, os materiais grosseiros tornam-se mais escassos, visto já se terem depositado, seguindo-se os sedimentos de granulometrias cada vez menores.

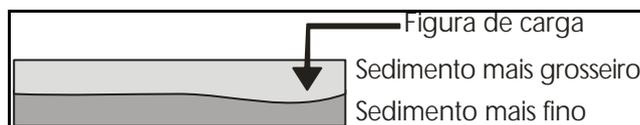
Partindo do princípio que se trata de uma sequência de sedimentação positiva, poderemos concluir que a gradação de cor das várias faixas da amostra nos indicam que o fundo da bacia de sedimentação estará mais próximo da faixa mais clara, constituída pelos sedimentos mais grosseiros e que este ambiente de sedimentação revela que existiram variações no nível da água, possibilitando, quando existiam menores profundidades a deposição rápida dos siltes e quando se depositam as argilas concluímos que o ambiente sedimentar se caracterizava por uma maior profundidade. As alternâncias na profundidade têm consequências à superfície e esta oscilação é traduzida por sucessivos avanços e recuos na linha de costa que modificam e imprimem mudanças nas paisagens e nas rochas que as constituem.



Esquema 7 - Gradação de coloração das amostras a utilizar na exposição para a determinação do fundo da bacia de sedimentação.

Outro critério mais seguro para a determinação da base da bacia de sedimentação é o das figuras de carga, que permitem fazer esta determinação de uma forma mais

exacta. As figuras de carga resultam da deposição de sedimentos mais grosseiros sobre sedimentos mais finos. O peso exercido pelos sedimentos mais grosseiros provoca o afundimento destes últimos nos materiais mais finos, por acção da gravidade, formando-se pequenas bolsas detectáveis com olhar atento.



Esquema 8 - Figura de carga.



Fotografia 31 - Figuras de carga visíveis nos xistos da formação da Desejosa.

Esta actividade focará aspectos relacionados com a observação de correntes turbidíticas e a determinação da polaridade das sequências de deposição de sedimentos, permitindo aos alunos analisarem amostras de mão e determinarem com base em diferentes critérios a posição relativa do fundo de uma bacia de sedimentação.

Objectivos da actividade:

- Compreender os mecanismos inerentes às correntes turbidíticas;
- Relacionar o tamanho dos sedimentos com a sua velocidade de deposição;

- Conhecer critérios para a determinar a polaridade da sequência de sedimentação;
- Extrapolar, utilizando amostras de mão (xistos da formação da Desejosa), a sequência de sedimentação obtida na actividade experimental;
- Identificar a posição do fundo de uma bacia de sedimentação.

Descrição da actividade

Esta actividade será compartimentada em duas sub-actividades que podem ser desempenhadas dividindo-se o grupo a meio e no final promover a discussão dos resultados, bem como o ser relacionamento, entre os dois grupos formados.

Na exposição as correntes turbidíticas serão simuladas despejando água turva (que representa a carga de sedimentos de origem continental) numa zona lateral de um tanque preenchido com água límpida. A água turva mover-se-á ao longo do talude, junto ao fundo não se misturando com a água límpida do tanque, a uma velocidade relativamente elevada.

Para que os alunos compreendam a formação das figuras de carga, proceder-se-á a uma actividade em que depositarão sedimentos de diferentes granulometrias em camadas que correspondam ao que se pode encontrar nos xistos da Formação da Desejosa, para que a extrapolação entre os resultados obtidos e a interpretação das amostras de mão se faça mais facilmente. Os alunos participarão no processo de sedimentação dos materiais em ambientes aquáticos, depositando os materiais seleccionados para esta actividade numa tina de sedimentação, obedecendo a uma determinada ordem que lhes será indicada, para que se obtenham os resultados desejados. Os alunos devem registar os resultados obtidos através da observação dos acontecimentos ao longo das actividades práticas, relacionando a posição das camadas com a base da bacia de sedimentação, ou a base da sequência sedimentar. Quando todas as conclusões já tiverem sido retiradas desta actividade os grupos formados devem apresentar a actividade desenvolvida, bem como os resultados ao outro grupo, tentando relacionar as correntes turbidíticas com a formação de uma sedimentação gradada. Analisar-se-ão amostras de mão dos xistos da Formação da Desejosa, em conjunto, complementando-se os conhecimentos de um e do outro grupo para que se clarifique todo o processo de estratificação dos sedimentos deste

tipo de ambiente de deposição e se identifique a posição relativa do fundo da bacia de sedimentação.

Protocolo experimental

ACTIVIDADE PRÁTICA A - Correntes Turbidíticas -		
MATERIAL	- Garrafa com água; - Argila; - Areia fina; - Areia grosseira; - Cascalho; - Tanque com água límpida.	PROCEDIMENTO 1. – Coloca dentro da garrafa os vários sedimentos de que dispões (argila, areia fina, grosseira e cascalho); 2. – Agita a garrafa; 3. – Verte a água turva da garrafa para dentro do tanque, mas tendo o cuidado de o fazer do lado onde existe uma pequena rampa. 4. – Regista o que observas. 5. – Espera até os sedimentos se depositarem; 6. – Faz um esquema das camadas que obtiveste, identificando os sedimentos de cada uma das camadas.

ACTIVIDADE PRÁTICA B		
- Figuras de carga -		
MATERIAL	<ul style="list-style-type: none">- Tina de vidro com 0,5l de água;- Placa de aquecimento (cuidado com as queimaduras, pede a um adulto para ficar junto da placa para que sejam evitados acidentes)- Gelatina;- Colher;- Colher de pau;- Frigorífico;- Água;- Açúcar.	PROCEDIMENTO
		<ol style="list-style-type: none">1. – Na tina de vidro coloca a água e a gelatina;2. – Liga a placa de aquecimento e coloca, sobre ela, a tina com a água até ferver;3. – Quando a água começar a ferver dissolve a quantidade de gelatina que te é fornecida;4. – Retira a gelatina da placa e aguarda no frigorífico durante 1 hora para que solidifique²⁹;5. - Com cuidado vai colocando uma camada fina de açúcar sobre a gelatina;6. – Num dos lados da tina colocar uma colher de açúcar bem cheia de maneira a formar uma pequena elevação;7. – Observa, atentamente o que se passa na superfície da gelatina;8. – Sem ser egoísta, reparte a gelatina pelo teu grupo, cuidado com o açúcar, será melhor retirá-lo antes do lanche!

²⁹ A gelatina deve ser previamente preparada para não se esperar tanto tempo. No entanto se o grupo de visitantes for pequeno podem desenvolver a 1ª parte da actividade experimental e enquanto esperam realizar o resto das actividades voltando, posteriormente a esta para a finalizarem.

5.3. – Vamos ver quem tem mais força?

5.3.1. - Introdução à actividade:

Os confrontos do planeta.

Esta actividade incidirá sobre conhecimentos relacionados com a movimentação das placas litosféricas e as consequências para as litologias sujeitas a este movimento. Ao observarem-se os registos que ficam preservados nas rochas conseguem-se reconstituir as várias etapas que levaram à sua formação.

Desde há vários séculos que a movimentação dos continentes tem sido alvo de discussões aguerridas entre os membros da comunidade científica. Actualmente, com a Teoria da Tectónica de Placas, a discussão permanece tão acesa como no século passado com a Teoria da Deriva Continental. Embora seja comumente aceite pelos geólogos, as investigações e o aperfeiçoamento do conhecimento não se estagnou quando este modelo deu resposta a várias questões em simultâneo. As mentes mais conformadas não se cansaram de contribuir cada vez mais para que a movimentação das placas litosféricas e do seu motor fossem mais conhecidas e explicassem de uma maneira progressivamente mais satisfatória os processos geológicos planetários.

A partir de uma ideia que se já se tentava impor com Abraham Ortelius (1596) até à sua corajosa divulgação em 1910 com Alfred Wegener, a movimentação dos continentes sofreu reformulações baseadas em novos dados, resultando na década de 60 na Teoria da Tectónica de Placas, aceite com sucesso pelos geólogos. A distribuição sísmica, vulcânica e a localização das cadeias montanhosas constituem provas da existência de várias placas dotadas de movimento, responsáveis por transformações que ao ficarem gravadas na litosfera, são também responsáveis pelos conhecimentos cada vez mais completos que o Homem possui do planeta. Enquanto que a movimentação das placas e as suas consequências são factos, actualmente irrefutáveis, a fraqueza de Wegener parece *assombrar* também a nova teoria. O motor de movimentação das placas continua a ser amplamente contestado e as investigações concentram-se neste aspecto particular que se revela fundamental. O modelo da Teoria da Tectónica de Placas deve fornecer a resposta a várias questões conjuntas, como por exemplo o facto: das cristas médio-oceânicas serem mais quentes e elevadas do que as fossas que são mais frias e

profundas; das cristas possuírem fracturas tensionais; das margens das placas serem ocupadas por oceanos cujo fundo subducta ou por continentes cujas margens não se sujeitam à esta subducção (MacGeary, 1996). A resposta centrava-se no motor responsável pelo desencadeamento destes processos: um mecanismo de convecção mantélico.

Estas correntes de convecção podem ser explicadas por três modelos que sugerem diferentes formas de propagação do calor libertado gradualmente pelo núcleo do planeta. Todos os modelos consideram que esta libertação de calor é responsável pelo aquecimento do manto que desencadeará a movimentação do material rochoso que o constitui. A forma como se propaga este calor através do manto, em direcção à litosfera, é alvo de desacordo entre os três modelos considerados.

A primeira divergência reside no tamanho das células de convecção. O antigo modelo de expansão dos fundos oceânicos (modelo que persiste nos manuais escolares, sem que se faça referência à existência de outros) considerava que as correntes se estendiam desde o núcleo até à base da litosfera e que se traduziria na superfície pelas zonas de rift. Outros investigadores consideram que a célula não exhibe tamanha envergadura, compartimentando-se em duas independentes que se influenciam e determinam a movimentação, à superfície, das placas tectónicas. Este modelo suporta dois sentidos de movimentação do material mantélico: um em que o sentido de movimentação da célula que percorre o manto inferior, é continuado pela célula de convecção que ocupa o manto superior e outro em que a movimentação horizontal do manto superior é provocada pelo arrastar de material rochoso, preconizado pelo sentido de deslocação do material correspondente ao manto inferior, obrigando-o a seguir a mesma direcção e provocando o afundamento do material do manto superior, na direcção em que ocorre a ascensão do material rochoso proveniente do manto inferior (MacGeary, 1996).

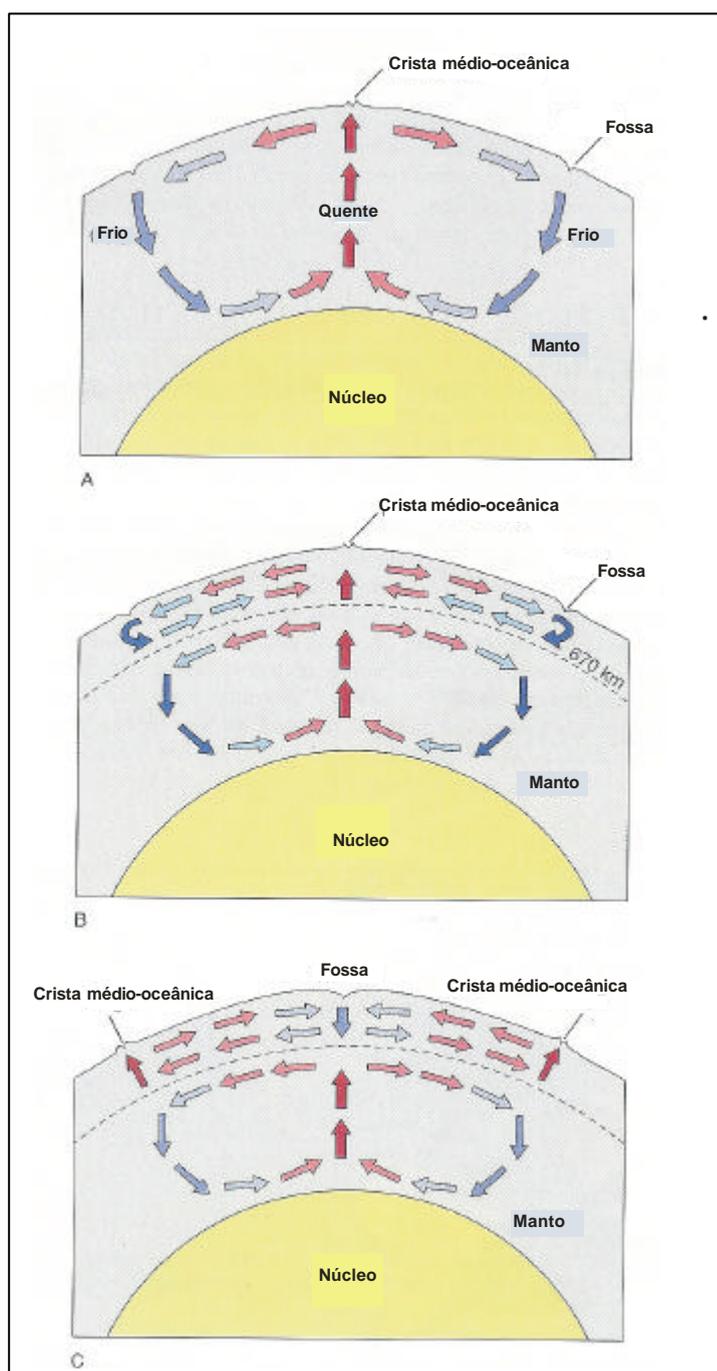


Figura 22 - Modelos de convecção mantélica. A - Correntes de convecção profundas; B - Correntes de convecção dupla em que a mais profunda é responsável pela propagação de calor para a corrente mais superficial; C - Correntes de convecção dupla em que o movimento da corrente mais profunda é responsável pelo movimento da corrente superficial (adaptado de Plummer e McGeary, 1996).

Actualmente, colocam-se algumas dúvidas sobre o motor de movimentação das placas. O problema reside em saber, de facto, se as placas se movimentam devido a estas correntes de convecção ou se as correntes de convecção são resultado do afundimento das placas tectónicas. Alguns geólogos consideram mesmo esta última hipótese, ou seja, que a convecção que ocorre no manto resulta do afundamento de uma placa fria, que ocasionaria a deslocação de material rochoso quente para o espaço deixado pelo material frio ao afundar-se. As correntes de convecção originadas desta forma teriam uma profundidade menor do que as correntes que advém do núcleo.

Outra modificação do mecanismo das correntes de convecção foi sugerida por W. Jason Morgan (*in* MacGeary, 1996) que considerou que a convecção ocorre sob a forma de colunas estacionárias de material rochoso com uma cabeça semelhante a um cogumelo e uma cauda que ascendia pelo manto até à superfície onde formavam pontos quentes de vulcanismo activo. Esta hipótese de mecanismo de convecção é explorada quando abordamos a formação de ilhas vulcânicas como as do Hawai, nos nossos currículos escolares. Segundo Morgan estas plumas seriam, também, responsáveis pelo início do processo de *rifting* continental que levou à fragmentação de continentes ancestrais. À medida que a pluma térmica actua por debaixo da crosta continental provocando um domo e o estiramento da mesma que se vai tornando, progressivamente, mais fina. A crosta fractura-se em três pontos, um dos quais acaba por constituir um *rift abortado* enquanto os outros dois, caso o fluxo radial que caracteriza a cabeça da pluma térmica seja suficientemente forte, separa a crosta em dois fragmentos iniciando a divergência das placas. Segundo este modelo, as duas fracturas provocadas pela pluma tornam-se fronteiras continentais separadas por um novo fundo oceânico formado à custa do vulcanismo característico destes ambientes (MacGeary, 1996).

Este fundo oceânico novo continuará a expandir-se a partir do seu ponto inicial devido a fenómenos vulcânicos fissurais que são responsáveis pela construção de uma superfície terrestre significativa desde há 200 milhões de anos atrás. Esta divergência de placas caracteriza-se pela existência de tensões que originam blocos através da facturação, falhas e fissuras ao longo das novas margens continentais das placas que se afastam. Estas superfícies fracturadas permitem a comunicação do material em fusão com a superfície terrestre desencadeando-se vulcanismo basáltico enriquecendo-a com materiais mantélicos (Hamblin, 1992).

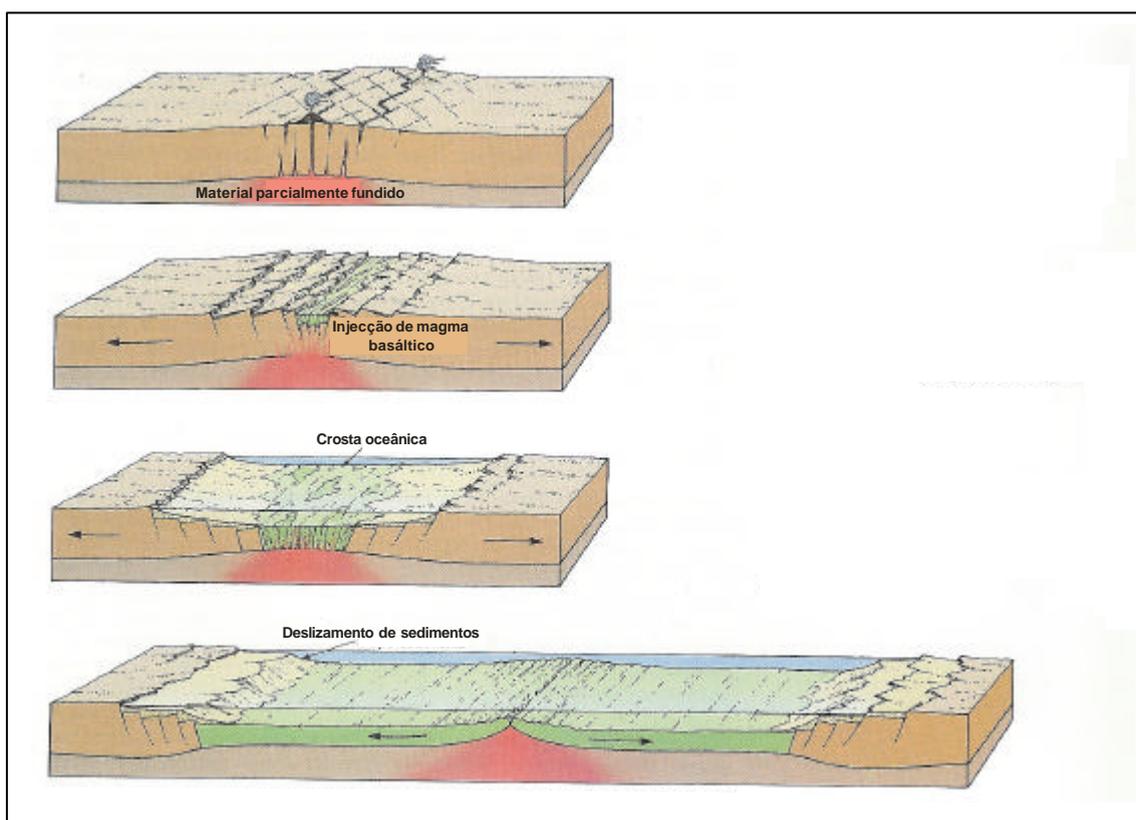


Figura 23 - Fases de rifting continental. Formação de falhas devido às tensões sentidas e ocorrência de fenómenos de vulcanismo basáltico (adaptado de Hamblin, 1002).

Embora a maioria das zonas que experimentam estes processos divergentes sejam submersas, existem processos capazes de caracterizar estas zonas como por exemplo a reflexão de ondas sísmicas, provando-nos a existência de falhas que permitem uma movimentação normal dos blocos e criando depressões que se transformam em bacias de sedimentação.

Estas transformações ocorridas na litosfera ficam registadas não só nas novas rochas oceânicas como também nos conjuntos de rochas depositadas ao longo da margem do supercontinente original que se foi separando. Com o estiramento e a subsidiência da litosfera, a distância da superfície terrestre ao topo da astenosfera. A crosta oceânica formada solda-se directamente na crosta continental originando uma crosta híbrida de transição que se instala entre os outros dois tipos de crosta (Davis, 1984). A margem continental que se continua a afastar devido à expansão dos fundos oceânicos arrasta consigo os vestígios do rifting ficando cada vez menos sujeito às tensões que causaram as deformações na litosfera quando este processo se iniciou. A

subsidência da margem continental passiva ocorre à medida que as rochas ofiolíticas arrefecem (Dietz, 1963; Dietz e Holden, 1966; Dewey e Bird, 1971 in Davis, 1984) criando espaço para que se origine uma bacia de sedimentação receptora dos materiais que provêm do continente próximo, criando um miogeosinclinal prismático. A base deste miogeosinclinal é ocupada por conglomerados, arenitos grosseiros e até vestígios vulcânicos que reflectem o declínio do processo de rifting. Este conjunto rochoso é recoberto por arenitos ricos em quartzo que derivam também do continente. Com o passar do tempo forma-se uma plataforma carbonatada, devido à transgressão do mar que origina um aumento de profundidade, composta por calcários e dolomites que se intercalam com conchas e argilas (Steward e Suazek, 1977 in Davis, 1984). Os sedimentos que se depositam no topo deste prisma sedimentar são transportados para a base do talude continental integrando turbiditos que prolongam a cunha de sedimentos.

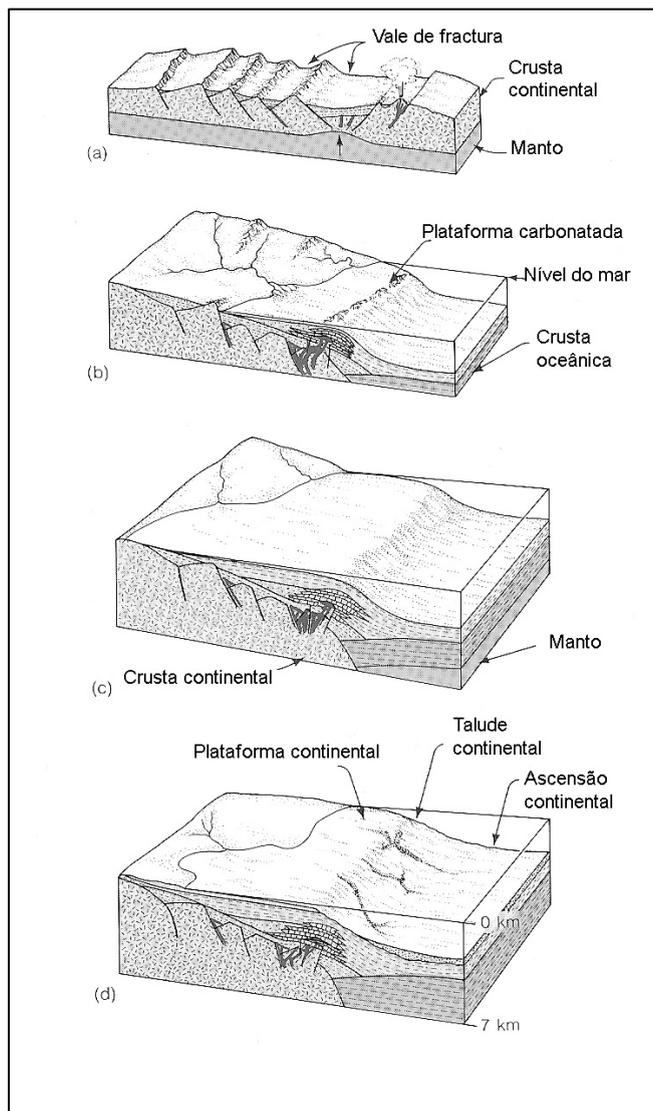


Figura 24 - Desenvolvimento de um geossinclinal em margem continental formada por rifting. Pode observar-se o adelgaçamento da crosta continental como resultado do seu estiramento e a instalação de uma bacia de sedimentação receptora dos sedimentos continentais (adaptado de Press e Siever, 1985).

Para que se interpretem os acontecimentos passados é imprescindível que se conheçam os fenómenos actuais (Princípio do Actualismo) podemos construir o passado de uma região procurando processos similares que acontecem nos dias de hoje. Estes fenómenos de *rifting* que acontecem, actualmente, na África Oriental ilustram os fenómenos que aconteceram no passado e que nos auxiliam a entender e a descodificar os registos geológicos deixados há milhões de anos atrás.

Nesta actividade levam-se os alunos a, pelas suas próprias mãos, provocarem o estiramento crustal favorecendo a formação de uma depressão, propícia à deposição de sedimentos provenientes das margens continentais que circundam esta bacia.

Os alunos inverterão o sentido das forças responsáveis pelo estiramento da crosta, promovendo a emersão de algumas litologias que sofrerão a acção dos agentes de meteorização.

Objectivos da actividade:

- Reconstituir os acontecimentos geológicos mediante os dados recolhidos ao longo da actividade;
- Observar o mecanismo envolvido na expansão e fecho dos oceanos;
- Constatar com as várias etapas do processo de erosão;
- Descrever a formação de conglomerados;
- Comparar a velocidade de sedimentação com a granulometria dos sedimentos.

Descrição da actividade

A actividade que proporcionará, a quem a desenvolva, uma visão de processos relacionada com a tectónica de placas, consistirá numa prensa de acrílico onde estão depositadas areias com diferentes colorações simulando várias camadas de sedimentos, imitando o ambiente marinho. Na parede da prensa estará representado o nível da água, imprescindível para a compreensão do conjunto de acontecimentos que os alunos serão convidados a reconstituir e discutir.

A primeira fase da actividade consistirá em simular o estiramento crustal, observando as suas consequências na litosfera representada pelas areias. Os alunos poderão constatar a formação de falhas à medida que o estiramento vai evoluindo.

Numa segunda fase, de forma a aparentar a inversão tectónica ocorrida, os alunos exercerão forças compressivas até que parte das camadas de areias (litosfera) emerjam. Quando estas camadas ultrapassarem o nível das águas simularão, uma erupção e a erosão dos materiais emersos, observando o deslocamento dos sedimentos resultantes da meteorização dos mesmos. Na terceira fase, os alunos provocarão novo estiramento crustal, de forma a completarem o conjunto de acontecimentos representados em esquemas que ilustrarão o painel didáctico.

Esta actividade requer um acompanhamento dos professores ou dos guias da exposição, uma vez que requer um maior dispêndio de tempo e concentração dos envolvidos. Os resultados das diferentes fases da actividade deverão ser cuidadosamente anotados, para que no final se possa fazer uma integração sequencial dos vários acontecimentos e das suas consequências nas litologias.

Protocolo experimental

ACTIVIDADE PRÁTICA		
MATERIAL	<p>- Prensa de acrílico;</p> <p>- Areias de várias cores;</p> <p>- Vidro de relógio;</p> <p>- Recipiente de plástico preenchido com cinzas;</p> <p>- Chuveiro.</p>	PROCEDIMENTO
		<p>À medida que vais desenvolvendo os vários passos deste módulo é importante que faças um esquema de cada um deles.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. – Coloca na prensa várias camadas horizontais de areias de várias cores; 2. – Puxa ambos os manípulos da prensa de acrílico; 3. – Observa e regista o que acontece às camadas de areia contidas na prensa quando realizas esse movimento distensivo; 4. – Empurra os manípulos da prensa de forma a comprimires as camadas de areia, até que uma dessas camadas ultrapasse a marca da linha de água desenhada na parede da prensa; 5. – Observa e regista o que acontece ao longo do movimento compressivo; 6. – Aperta o recipiente de plástico de forma a provocares uma nuvem de cinzas; 7. – Deixa as cinzas pousarem; 8. – Coloca o chuveiro sobre esta camada de cinzas e de areia que ultrapassam a linha de água e abre a torneira no mínimo possível; 9. – O que está a acontecer com as areias e as cinzas? 10. – Puxa, novamente, os manípulos da prensa de acrílico; 11. – Coloca a areia que se encontra no vidro de relógio sobre as camadas que já existem no interior da prensa; 12. – Faz um desenho que represente o que observas; 13. – Agora vamos ver um desenho animado à moda antiga! No livro que está em cima da tua mesa de trabalho encontra-se desenhado o que fizeste em conjunto com os teus colegas. Começando na última página, folheia depressa o livro, consegues ver o movimento? Não é fantástico?

5.4. – Criar e transformar

5.4.1. – Introdução à actividade:

Como se formam as paisagens?

Quando olhamos o nosso planeta do exterior observamos uma esfera azul de aspecto suave, sem irregularidades. Um olhar mais atento e mais próximo releva as rugosidades que caracterizam as nossas paisagens terrestres e que resultam da dinâmica externa e interna que distingue o nosso planeta dos restantes do Sistema Solar. Conseguimos distinguir planícies, planaltos, colinas, montanhas, vales, lagos, rios e os oceanos que constituem um dos símbolos mais relevantes da Terra. Se a água fosse removida espantarmo-nos-íamos com a topografia dos fundos oceânicos, também aqui poderíamos observar relevos tão recortados como nos continentes.

Comparativamente aos restantes planetas, a Terra é o único onde existe uma mudança, constante, das suas paisagens. A tectónica, o vulcanismo, a erosão, a natureza dos materiais, estabelecem uma acção conjugada para edificarem e destruírem estruturas a um ritmo impressionante. A evolução das paisagens, principalmente, em ambientes continentais deformados pelo choque entre placas, depende de um equilíbrio dinâmico que se estabelece entre a erosão e o constante ajuste isostático resultante da continuada remoção de materiais. Logo após a deformação provocada pela tectónica, o relevo apresenta o seu máximo desenvolvimento não tendo ainda sofrido a acção aplanadora dos agentes erosivos. À medida que a erosão remove o material da elevação formada, o ajustamento crustal diminui o impacto deste *deficit* de material, elevando a montanha devido ao alívio de carga experimentado. O arrasamento do relevo não assume, nesta fase, grandes proporções devido à compensação isostática, no entanto provoca a exposição das deformações (dobras e falhas) situadas em profundidade e resultantes do choque entre placas.

À medida que a raiz vai diminuindo criam-se condições ideais para a migração de magma de profundidades superiores, uma vez que são menos densas do que as rochas circundantes, provocando o aparecimento nas paisagens terrestres de batólitos graníticos e a intrusão de corpos graníticos nas rochas metamórficas que compõem a base da montanha.

Com a actuação continuada da erosão sobre a montanha, a sua composição diferencial começa, gradualmente, a surgir na paisagem provocando sucessivas modificações, principalmente porque vão surgindo rochas com diferentes durezas que se destacam. As estruturas de maior resistência condicionam a formação das paisagens tal como acontece com a Serra do Marão, realçando estruturas que dominam a paisagem em detrimento de camadas rochosas com características mais brandas que são mais facilmente erodidas. A acção erosiva continuará a actuar, constantemente, até que seja estabelecido o equilíbrio isostático contribuindo para o arrasamento das elevações.

Numa fase mais avançada em que já não exista levantamento por alívio de carga, o movimento isostático tornar-se-á cada vez menos intenso, a raiz encontrar-se-á cada vez mais pequena e a erosão menos intensa. Quando o levantamento isostático e a erosão alcançam o equilíbrio, a raiz já não se estende abaixo da topografia. As rochas metamórficas e ígneas encontrar-se-ão agora à superfície, controlando a modelação do relevo principal e determinando a erosão diferencial da paisagem.

Esta relação entre a isostasia e a erosão, explica não só a topografia local como a regional e a distribuição mundial das elevações no nosso planeta. Se observarmos um diagrama hipsométrico aperceber-nos-emos que as cinturas orogénicas resultantes da tectónica de placas e que constituem as maiores altitudes continentais, ocupam uma pequena área do nosso planeta, constituindo as cicatrizes planetárias das margens das placas litosféricas do presente e do passado e que a altitude máxima das montanhas acima do nível do mar (cerca de 8 900m), não é muito diferente da profundidade máxima exibida pelas fossas oceânicas (10 800m); se compararmos as áreas continentais e oceânicas próximas do nível das águas verificaremos que constituem uma ínfima parte da área do nosso planeta que é ocupada maioritariamente por altitudes e depressões que se situam na ordem das centenas de metros acima ou abaixo do nível das águas do mar. Estas observações indicam que este equilíbrio dinâmico tem como objectivo aplanar as estruturas de maior relevo, não até ao nível do mar, mas sim um pouco acima ou abaixo deste (Press e Siever, 1985).

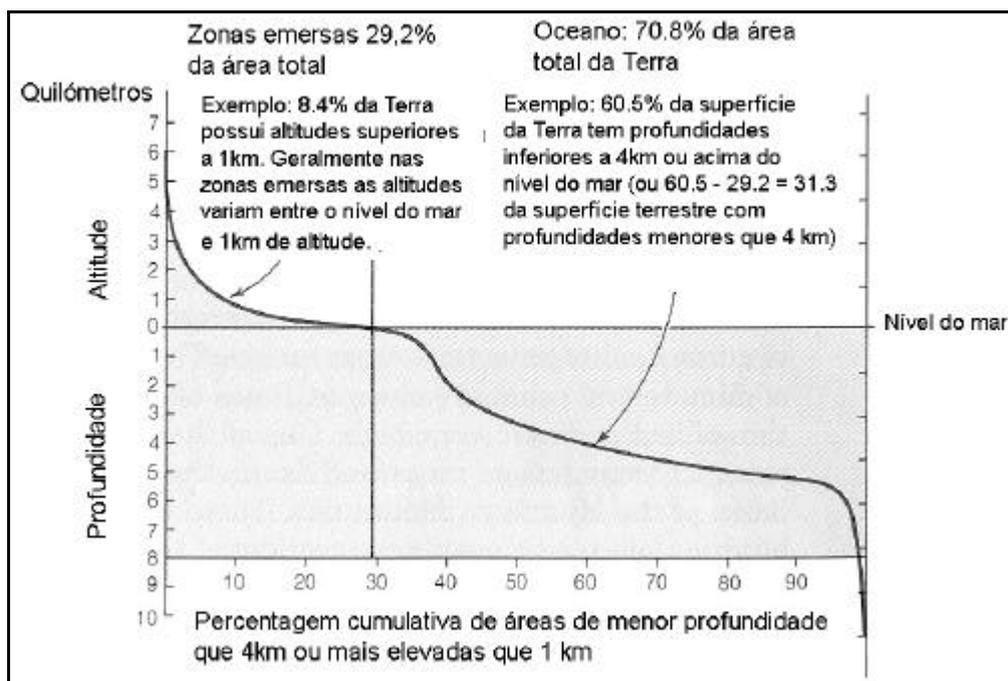


Diagrama 1 - Diagrama hipsométrico da superfície da Terra (adaptado de Press e Siever, 1985).

A modelação das paisagens tem em conta diversos factores como por exemplo, a natureza da estrutura sujeita à erosão, os agentes erosivos envolvidos, o relevo instalado, a deformação das rochas e o tipo de materiais.

Quando as forças tectónicas elevam uma porção da litosfera acima do nível das águas, as rochas ficam sujeitas ao motor externo do planeta activado pelo calor do sol e pela gravidade – a erosão. A movimentação da água, gelo ou vento criam diferentes condições ambientais que requerem a procura de um novo equilíbrio, físico e químico, das rochas formadas com condições de maiores temperaturas e pressões. Deste equilíbrio resulta a sua fragmentação cujos produtos são movidos pelos agentes transportadores que ao perder a sua capacidade os deposita em novos locais, originando novas rochas. O clima também é determinante no processo de modelação das paisagens, uma vez que determina a velocidade com que um dado material é erodido. Esta relação é bem evidente se observarmos o exemplo dos calcários que, em climas secos são capazes de formar escarpas e em climas húmidos são completamente dissolvidos pela água circulante.

A formação de montanhas, como aconteceu com a Serra do Marão, imprime nas camadas rochosas um conjunto de deformações que variam desde a superfície até à sua

raiz. As falhas e dobras produzidas aquando da deformação das rochas deixam a sua marca na superfície terrestre e serão determinantes na modelação das paisagens. Mesmo as formas menos significativas das paisagens, como por exemplo pequenos vales ou colinas são controlados pela interacção entre a erosão e as estruturas instaladas.

A grande maioria das elevações resulta do trabalho da tectónica ou de movimentos magmáticos, sendo as suas formas ditadas pelos processos erosivos, pelo tipo de rochas envolvidas e pela existência de estruturas. A presença de falhas e dobras determina a evolução da topografia de uma região, por exemplo as falhas originam escarpas que se assemelham *a cortes precisos feitos por uma faca* (Press e Siever, 1985) e que influenciam o leito dos cursos de água e a formação de cristas ou cumeeiras. As falhas normais e sinclinais influenciam a formação de vales que recolhem os cursos de água que descem pelos flancos do anticlinais.

À medida que o processo erosivo aumenta, as camadas rochosas que apresentam uma maior resistência, tornam-se um factor de controlo da modelação da paisagem. Segundo Press e Siever, *a posição de cristas e vales são determinadas mais pela resistência das rochas à erosão do que pela existência de anticlinais e sinclinais resultantes da deformação original*. Esta afirmação é facilmente explicada se considerarmos que as deformações possuem camadas rochosas mais resistentes e menos resistentes à erosão, numa primeira fase do processo erosivo teremos anticlinais que definem cristas na paisagem, enquanto que os sinclinais definem vales, no entanto, se o núcleo do anticlinal for composto por uma camada rochosa de características mais brandas, será rapidamente erodida pelos agentes de meteorização formando um vale. Se os processos de remoção de materiais continuarem a actuar e encontrarem material mais resistente poderemos assistir de novo à formação de uma elevação, nesse mesmo anticlinal.

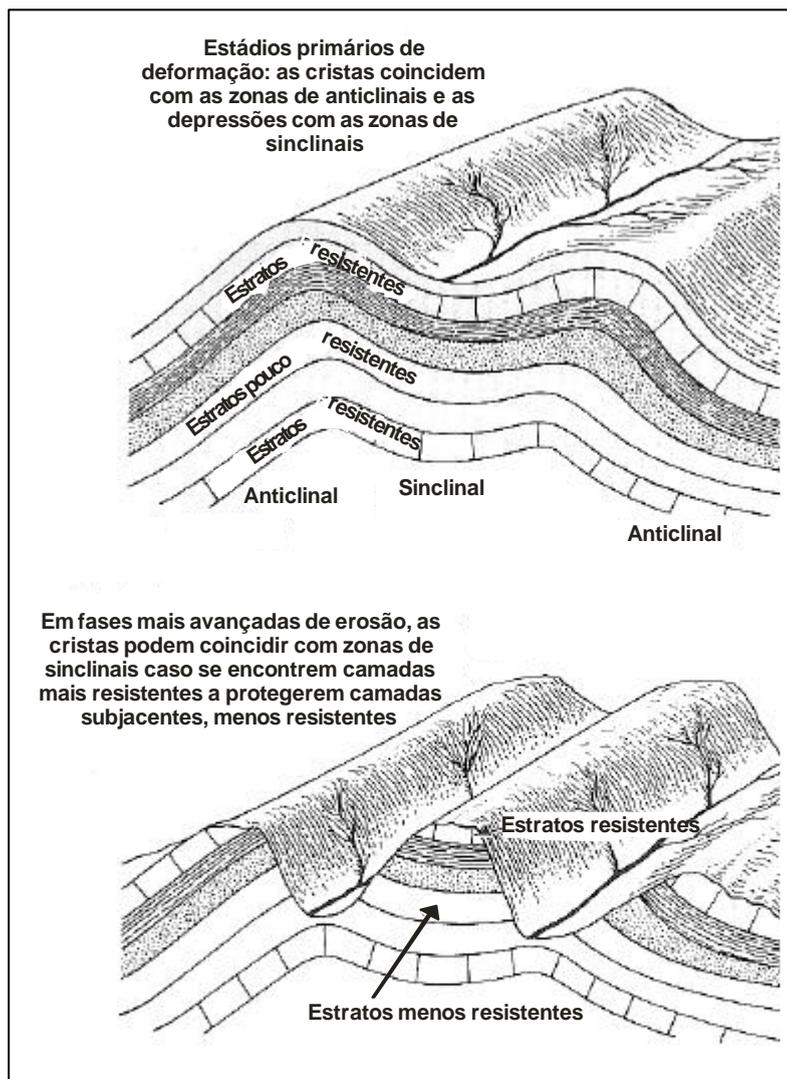
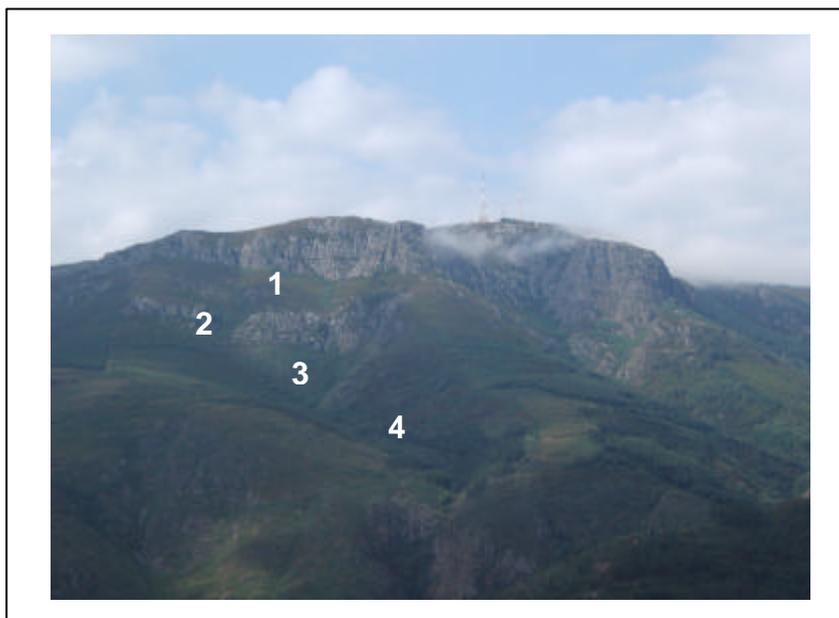


Figura 25 - Etapas de desenvolvimento de vales e cristas em zonas montanhosas deformadas: numa primeira fase de deformação poderemos identificar as estruturas pelo aspecto da paisagem, as cristas corresponderão a zonas de instalação de anticlinais, enquanto que os vales identificarão zonas de sinclinais; numa fase mais avançada em que houve já meteorização, erosão e transporte de materiais, as conclusões não se tornam tão evidentes, uma vez que os materiais mais resistentes serão erodidos mais lentamente do que os materiais menos resistentes, o que pode permitir a erosão mais rápida de zonas de anticlinais (formando vales) em detrimento de zonas de sinclinais (que se realçam na paisagem ao formarem cristas), (adaptado de Press e Siever, 1985).

No caso da Serra do Marão veremos que a erosão e a tectónica voltam a aplicar as suas leis na modelação da sua paisagem. De uma forma geral, assistimos a uma paisagem em que os quartzitos armoricanos, resultantes da recristalização dos arenitos e que por isso são rochas compactas e duras (Costa, 1993) se destacam por apresentarem

maior resistência aos agentes erosivos, enquanto que os filitos, materiais mais brandos, demonstram um maior desgaste devido à sua menor resistência a esses mesmos agentes. Observando a serra do lugar da Boavista (fotografia nº 31) torna-se fácil distinguir umas e outras rochas pelo destaque que evidenciam na paisagem. Os quartzitos originam cristas e apresentam formas mais angulosas, enquanto que os filitos manifestam um desgaste que lhes vão aplanando, mais intensamente as formas.



Fotografia 32 - Paisagem de dureza, da Serra do Marão, na qual se destacam os quartzitos armorianos (1), observando-se material de características mais brandas (2), os quartzitos impuros (3) e a Formação da Desejosa (4).

Tal como nas restantes paisagens terrestres, também neste local a tectónica influencia o modo como a topografia se manifesta, mas também, modera a actuação dos agentes de meteorização. A existência de estruturas derivadas da deformação, ao longo da orogenia varisca, é um aspecto incontornável da Serra do Marão que adicionam o seu contributo na sua modelação. Se por um lado se torna evidente que os materiais mais resistentes formarão as estruturas de maior altitude devido à sua resistência, também é uma realidade que todas as regras apresentam excepções. No caso da Serra do Marão verificamos que, por exemplo, a tectónica dá o mote às excepções, como é o caso da falha de Pena Suar. Neste local, as altitudes mais elevadas são ocupadas por material mais brando (filitos), enquanto que as menores altitudes contêm os quartzitos. Esta

constatação é explicável pela existência da falha normal (de Pena suar) que provocou a descida do bloco oeste em que o topo era ocupado pelos quartzitos, relativamente ao bloco este contendo rochas pelíticas pertencentes à Formação da Desejosa que ocupou altitudes mais elevadas (Coke *et al*, 2005). Este aparecimento de falhas que elevam ou ocasionam depressões, origina um relevo morfotectónico, estabelecendo cumplicidade com os agentes de meteorização nos processos de denudação ao facilitar a infiltração de água e a instalação de cursos de água³⁰, desempenhando o seu trabalho de moldar lentamente a face da serra.

Nesta actividade explorar-se-ão os processos que conduzem à formação de um relevo de dureza. Os alunos deverão seguir as indicações que lhes são fornecidas, registando o aspecto inicial da paisagem que lhes é apresentada e depois de sofrer a acção dos agentes modeladores.

Com esta actividade pretende-se que os alunos concluam que existe dinamismo externo, percebendo a acção dos agentes de erosão e meteorização têm sobre as paisagens, salvaguardando a importância da influencia dos materiais que as constituem, na sua própria modelação. Normalmente, ao longo da leccionação dos vários conteúdos de Geologia, a espectacularidade da sismologia ou do vulcanismo causa uma motivação acrescida para o estudo destes temas, no entanto teremos que ser capazes de incutir nos nossos alunos a importância e o impacto que agentes como a água (dos rios, mares, etc), o vento e o gelo, são capazes de destruir o que fenómenos tão grandiosos, construíram à superfície do planeta. Estes agentes exógenos ou de geodinâmica externa, nas suas variadíssimas formas, deixam a sua marca nas paisagens terrestres.

Objectivos da actividade:

- Confrontar os alunos com processos de geodinâmica externa;
- Reconhecer que os processos geológicos não funcionam de forma isolada;
- Descrever o comportamento de diferentes materiais quando expostos a semelhantes agentes exógenos;
- Compreender o processo de modelação de paisagens ;
- Prever formas de relevos associadas às estruturas existentes (falhas e dobras);

³⁰ A falha de Bojas permitiu a instalação da ribeira que recebe o mesmo nome e que poderemos observar ao longo de uma saída de campo, bem como na maqueta exposta no museu.

- Interpretar paisagens geológicas.

Descrição da actividade

A actividade prática realizada pelos alunos simulará a modelação, por acção dos agentes de geodinâmica externa (água), de uma paisagem construída com material que sofrerá uma erosão diferenciada, visto apresentar diferentes graus de resistência. Nesta actividade, para que percebam o conceito de erosão, deverá também ser chamada a atenção para o transporte dos materiais e a sua deposição quando o agente transportador deixa de possuir energia suficiente para a deslocação dos materiais.

Protocolo experimental

ACTIVIDADE PRÁTICA		
MATERIAL	- Tabuleiro de plástico; - Areia; - Ovos; - Água; - Espátula; - 2 Tinhas de vidro; - Corante; - Chuveiro.	PROCEDIMENTO <ol style="list-style-type: none">1. – Numa das tinhas de vidro que tens disponíveis, junta as claras de 2 ovos com um pouco de água, misturando bem;2. – Adiciona areia até metade da tina de vidro;3. – Envolve bem a areia com as claras;4. - Com cuidado e muita arte, desenha a mistura que acabaste de fazer, sobre o tabuleiro;5. – Parabéns acabaste de erguer uma montanha muito mais rapidamente do que a Terra!!6. – Com a ajuda da espátula faz um pequeno sulco a meio da tua montanha;7. – Na outra tina, que ainda te resta, mistura as claras dos ovos com um pouquinho de corante para ficarem bem coloridas;8. – Verte esta nova mistura no sulco que abriste e espera alguns minutos;9. – Agora com muito cuidado, para não destruíres a tua obra, abre o chuveiro no mínimo e coloca-o sobre a tua montanha;10. – O que está a acontecer? Tenta explicar.

5.5. - As histórias dos “bichos”

5.5.1. – Introdução à actividade:

Os passos de “pedra”

A reconstrução da história do nosso planeta faz-se seguindo os vestígios que o passado nos legou, procurando interpretar, da melhor forma, os sinais que chegaram até nós resistindo aos milhões de anos que nos separam. Se bem que a geologia permite esta reedificação, não o consegue fazer sozinha, a partilha de saberes de várias ciências, sem a delimitação de fronteiras ou a ocultação de conhecimentos torna-se crucial na busca das diferentes formas do nosso planeta e da vida que sobre ele evoluiu desde as formas mais simples até à diversidade e complexidade crescente que se procura conhecer sem excepção.

Desde sempre que algumas das questões levantadas por uma área da ciência acabam por ser respondidas por uma outra. Uma parceria interessante é a que se tem estabelecido entre a Paleontologia e a Geologia, no que concerne à distribuição das formas de vida passadas (Paleontologia) e a Tectónica de Placas (Geologia), aliando-se os dados recolhidos por uma e uma teoria nova que defendia a movimentação dos continentes e a expansão dos fundos oceânicos tornaram-se evidentes as explicações para o aparecimento de fósseis de ambientes marinhos em locais tão improváveis como as cadeias montanhosas. As descobertas e avanços de uma e outra ciência permitiram a evolução, em paralelo, de ambas bem como uma explicação inquestionável que nos permite reconstituir o passado e fazer prognósticos para o futuro do nosso planeta. Com os conhecimentos adquiridos até agora e a compreensão do funcionamento do sistema global que é a Terra, assiste-se actualmente, à previsão de um planeta sem humanos, com uma disposição continental diferente e, consequentemente, a presença de seres vivos com características mais adequadas a esse planeta futurista.

Quando os cientistas começaram a aliar a expansão dos fundos oceânicos com a movimentação dos continentes surge a Teoria da Tectónica de Placas que abria caminhos para uma explicação fundamentada da distribuição global dos seres vivos no passado. No entanto, os avanços paleontológicos não são consequência do conhecimento geológicos, quando se começou a discutir a possibilidade dos continentes

terem ocupado, no passado, uma localização diferente da actual, as evidências paleontológicas funcionaram como um dos fundamentos de maior peso, que em conjunto com dados morfológicos e geológicos se configuravam como decisivas para o nascimento de uma nova forma de ver o dinamismo planetário. A ideia que se começou a desenvolver a partir de constatações cartográficas postas a descoberto com a expansão marítima dos séculos XV e XII ganha cada vez mais adeptos, entre os quais o cartógrafo holandês Abraham Ortelius (1596), Francis Bacon (1640), Richard Owen (1850), Antonio Snider-Pellegrini (1858), transformando-se numa teoria revolucionária no início do século XX com o meteorologista alemão Alfred Lothard Wegener (1912) e o forte apoio de Alexander Du Toit (professor de Geologia na Johannesburg University), que considerava que a Pangeia se havia fragmentado em dois continentes: a *Laurásia* e a *Gondwana*, só a relutância de alguns membros da comunidade científica norte-americana tornavam impossível a aceitação mundial de uma descoberta que se tornou fundamental (Lane, 1978).

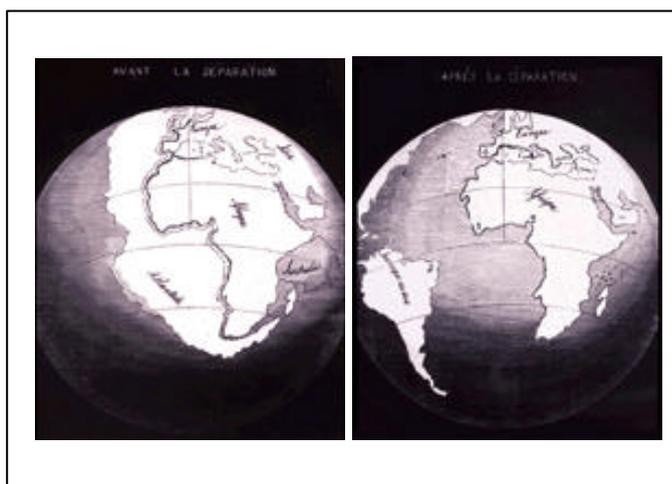


Figura 26 - Mapas produzidos por Antonio Snider-Pellegrini em 1858, representando a sua interpretação da movimentação continental (adaptado de http://correo.leon.gob.mx/admon03_06/PC/images/BibTPPI4.jpg)

Esta teoria actualizada, com os novos dados resultantes da exploração oceanográfica da década de 60, sob a forma da moderna Teoria da Tectónica de Placas, forneceu o elo de ligação para algumas das ideias dos paleontólogos. Uma diferente distribuição dos continentes ao longo dos vários milhões de anos seria responsável por inúmeras modificações ocorridas nos diferentes climas e conseqüentemente nas formas de vida que viviam no nosso planeta. A ligação entre o mundo físico e o mundo

biológico começava a ser entendida utilizando-se as marcas deixadas pelos seres vivos nas rochas há milhões de anos atrás, como refere Stephan Jay Gould *a Natureza tem relutância em mostrar os segredos do seu passado, só fornecendo pistas fraccionadas e incompletas* (Cachão, 2004).

A alternância entre um só continente e um só oceano de enormes dimensões e vários continentes e oceanos de dimensões mais reduzidas, repercute-se, directamente, na evolução dos seres vivos que habitam o planeta. A migração continental que se verifica quando um super-continente, como a Pangeia, se fragmenta reflecte-se na diversificação de climas que essas parcelas experimentam ao passarem de regiões equatoriais, para tropicais e depois para temperadas (como terá acontecido no Paleozóico com algumas regiões do nosso planeta). Como é sabido o clima é um factor que fortemente condiciona a distribuição da vida na superfície terrestre, a sua mudança numa região à qual os seres vivos se encontram adaptados promove migrações ou, nos que não dispõem de locomoção e não têm capacidade para se adaptarem, a extinção. A fragmentação separa espécies de animais e plantas, que ficam sujeitas a diferentes ambientes e, por isso, evoluem separadamente através de processos biológicos que os conduzirá à criação de novas espécies com características próprias e distintas. O enorme oceano que dominava o planeta encontra-se agora dividido e impulsiona, por sua vez a evolução dos seres vivos marinhos. As zonas mais profundas sofrem um revés na sua área passando a existir mais margens continentais e conseqüentemente um aumento de áreas de pouca profundidade onde a luz penetra mais e onde a vida prolifera de forma mais intensa. A diversidade acontece, desta forma, não só nos continentes como também nos ambientes aquáticos. Nos ecossistemas terrestres, a fragmentação da Pangeia teve conseqüências significativas, de um só continente de enormes dimensões em que a influencia do oceanos não se fazia sentir no interior levando ao desenvolvimento de climas extremos em que variavam a temperatura e a pluviosidade e em que as zonas mais interiores eram representadas por desertos talvez mais inóspitos do que qualquer clima que se verifica, actualmente, no nosso planeta, passamos para uma situação em que as influencias marinhas chegavam mais facilmente ao coração dos continentes mais pequenos, promovendo uma acentuada moderação dos diferentes climas diminuindo as zonas áridas e desérticas. Com a expansão dos fundos oceânicos, o nível médio das águas sobe devido à presença das cristas médias-oceânicas, dado que

o volume ocupado antes pela água passou a ser do domínio das cristas médio-oceânicas (Lane, 1978).

Os fósseis que chegam até nós, actualmente, representam em larga escala os seres vivos que ocupavam ambientes aquáticos. Se questionarmos esta evidencia poderemos, numa primeira análise, considerar que a diversidade aquática seria maior do que a terrestre. Se durante algum tempo da história do planeta a vida se restringiu, efectivamente, a este ambiente especial, a ocupação dos seres vivos dos ambientes terrestres não foi tímida e a biodiversidade, face à extensão dos diferentes ambientes terrestres encontrados, aumentou e evoluiu de forma espantosa. A justificação para o facto de encontrarmos maior quantidade de fósseis pertencentes a ambientes aquáticos reside num pré-requisito fundamental para a preservação dos seres vivos após a sua morte: o rápido recobrimento dos corpos por sedimentos. As bacias de sedimentação constituem-se, assim, como locais preferenciais para a formação de fósseis, uma vez que ao cobrirem, rapidamente, os cadáveres com sedimentos permitem que fiquem selados do contacto com a água e ar promovendo o processo de fossilização. Nestes ambientes os seres vivos vêm as suas hipóteses aumentadas de resistiram ao passar dos anos, permitindo que os paleontólogos recriem, o mais fielmente, possível os ambientes passados do nosso planeta.

No entanto, segundo Lane (1978) se a importância do recobrimento pelos sedimentos é importante, também não se pode retirar protagonismo ao próprio ambiente que o ser vivo habitava. A preservação das partes duras, que resistirão mais durante o processo de fossilização e que tornarão possível a conservação parcial do ser vivo, depende muito desse ambiente. Caso este seja seco, as probabilidades de plantas e animais terrestres ficarem preservadas tornam-se menores, uma vez que a formação de sedimentos é menor, tornam-se, realmente relevante em ambientes oceânicos, onde contribuirão para a preservação dos seres vivos destes ambientes. Se os fósseis se tornam importantes para a caracterização do seu ambiente, também o ambiente é de vital importância para a sua preservação.

A evolução dos seres vivos, o aparecimento de novas características morfológicas diferenciadoras, está estreitamente ligada com a formação dos fósseis. Embora existam registos de fósseis em que as suas partes moles ficaram preservadas, estas descobertas são raras e significam que o processo de fossilização se verificou em condições muito

especiais que não se repetem, frequentemente, ao longo do tempo. No entanto, o facto de um ser vivo possuir partes duras, também não é condição suficiente para garantir o processo de fossilização. A preservação destas partes mais resistentes (dentes e ossos, por exemplo) tem de ultrapassar um conjunto de processos físicos e químicos num ambiente selado à presença de ar e água. Este isolamento cria uma barreira capaz de impedir a decomposição bacteriana que impediria o normal desenrolar do processo de fossilização (Lane, 1978). O aparecimento de esqueletos nos seres vivos foi, por todas estas razões, fundamental para potenciar os processos de fossilização, daí que não existam tantos registos de seres vivos de corpo mole, como existem de seres que os apresentam na sua morfologia.

Os processos de fossilização não obedecem à mesma sequência de acontecimentos, serão mais, na nossa perspectiva, uma feliz coincidência, com consequências que se estendem ao longo de milhões de anos, o aparecimento de um agregado de circunstâncias físicas e químicas que emolduram um ser vivo, fornecendo-nos uma *fotografia* do passado da Terra.

Uma vez que a fossilização é potenciada pela cobertura, dos seres vivos, por sedimentos não se pode dissociar a formação dos fósseis da génese das rochas sedimentares, até porque os processos envolvidos na diagénese interceptam e complementam os da fossilização. Após a cobertura pelos sedimentos, que conferem protecção aos restos dos seres vivos, a compactação a que os materiais provenientes da erosão e meteorização estão sujeitos influenciam, igualmente, o potencial fóssil favorecendo a expulsão da água dos espaços dos sedimentos, o aumento de pressão e temperatura que advém de uma acumulação crescente de materiais promove alterações físicas e químicas, levando à cimentação dos sedimentos e à formação de uma rocha coesa, simultaneamente, as partes dos seres vivos sofrem também algumas alterações que os distingue da sua forma original e que beneficiam a sua preservação na rocha que o aloja. De grosso modo a fossilização poder-se-ia restringir ao acompanhamento da formação de rochas sedimentares, no entanto, existem outras formas, bem variadas, a partir das quais conseguimos o mesmo resultado final, algumas das vezes com um menor índice de alterações a partir do original, que fornece uma ideia mais completa da morfologia de seres vivos ancestrais. É o caso da mumificação em que os seres vivos são rapidamente envolvidos em gelo (mamutes da Sibéria) ou âmbar (insectos),

preservando características muito similares às que detinham enquanto estavam vivos. A mumificação não requer no entanto apenas um rápido envolvimento dos corpos nalgum tipo de material, algumas vezes a existência de ambientes secos é capaz de desencadear o processo de preservação devido à desidratação dos tecidos e não é invulgar encontrarem-se corpos em ambientes desérticos ou gruta localizadas a elevadas altitudes perfeitamente mumificados. A fossilização apenas em uma regra e um objectivo: preservar durante o máximo de tempo e da melhor forma possível.

Nem sempre a fossilização cumpre à risca este seu objectivo, no entanto, não deixa de nos fornecer dados e imagens que nos empolgam da vida passada do nosso planeta. Quer seja através da mineralização – obtida pela precipitação dos minerais dissolvidos em água que circulam pelos espaços celulares dos organismos; pela recristalização – alterações químicas inculcadas pela pressão e temperatura que recristalizam os materiais originais que compõem as conchas dos seres vivos; a substituição – permuta dos materiais originais que compõem o organismo do ser vivo por minerais disponíveis no ambiente de sedimentação (sílica, por exemplo); formando moldes ou contramoldes – deixando a impressão do corpo do ser vivo na rocha que sofre diagénese seguida de dissolução do material original (osso ou concha) formando-se um molde externo ou interno que se forma quando o espaço ocupado pelo material original é preenchido por outro material diferente (contramolde); impressões – tipo especial de moldagem de órgãos achatados, como por exemplo asas de insectos ou folhas de plantas; carbonização – conchas ricas em matéria orgânica que permanecem protegidas dos processos de decomposição e se acumulam nos fundos oceânicos onde o oxigénio é escasso permitindo a preservação do corpo mole dos organismos (Silva 2004); os vestígios parciais ou totais dos seres vivos do passado não deixarão de causar um grande impacto sobre nós, permitindo-nos, a cada descoberta, ter uma ideia de como era o passado e fornecendo-nos pistas que nos possibilitarão, igualmente, começar a prever o futuro do planeta e das comunidades de seres vivos que dele farão parte.

Este fascínio também se estende a outros fósseis especiais que retratam hábitos e actividades dos seres vivos, é o caso de ovos, trilhos, pegadas, marcas de reptação, fezes (coprólitos) e tocas que são de vital importância para que os paleontólogos consigam fazer a caracterização completa não só dos seres vivos como também da forma de adaptação ao seu próprio meio ambiente tendo em vista a sua sobrevivência.

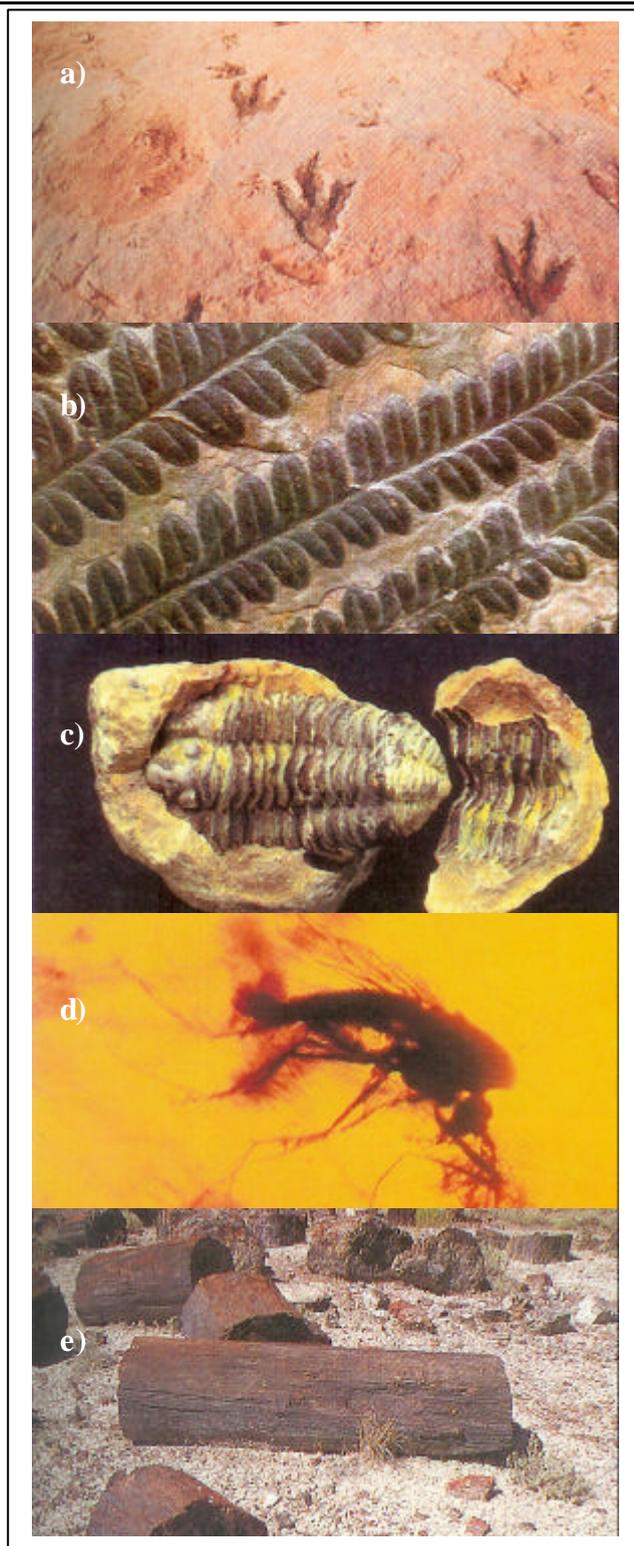


Figura 27 - Exemplos de fósseis que sofreram diferentes processos de fossilização. a) icnofósseis - pegadas de dinossauros; b) impressões de folhas; c) molde externo e contramolde de trilobite; d) mumificação de um insecto em âmbar; e) mineralização (silificação) de troncos de árvores (adaptado de Silva *et al* 2004).

Um dos aspectos mais interessantes, do ponto de vista dos alunos, da geologia da serra do Marão será, sem dúvida, a presença de fósseis e de icnofósseis, tais como as *Cruziana*. A presença destes vestígios de vida permite que os alunos tomem consciência da interdisciplinaridade da geologia. A integração de conteúdos que conferem aos seres vivos um lugar de destaque na reconstituição da vida passada do nosso planeta fomenta nos alunos, uma motivação acrescida na sua vontade de estudar geologia. Não é em vão que os conteúdos relacionados com os fósseis são os preferidos dos nossos alunos, despertando-lhes um interesse, que em alguns se julgava já adormecido. Por este motivo não poderíamos deixar de, nesta exposição, referirmos os vestígios fósseis existentes na serra do Marão e desenvolver em torno deles também actividades práticas que ajudarão na compreensão da formação e preservação destes vestígios primordiais para uma caracterização ambiental desta região no passado.

Nos quartzitos armoricanos presentes na serra do Marão podemos identificar, como é característico destes estratos, a presença de *Cruziana*, ou seja, marcas representativas das pistas de alimentação de trilobites e outros artrópodes morfo-funcionalmente análogos (Carvalho, 2004). Os icnofósseis *Cruziana* são referidos ainda que erradamente, sob o ponto de vista de Carlos Neto Carvalho (2004), como bilobites devido ao aspecto bilobado destas estruturas. Na verdade a designação bilobites refere-se a mais do que um icnofóssil que apresenta características diferentes como é o caso dos *Skolithos* ou dos *Arthropyaus*, bem como era um termos que já estava relacionado com um fóssil de braquiópode, pelo que este autor apela a que os termos sejam correctamente utilizados e que não se resume uma quantidade de icnofósseis a um termo que já tem a sua especificidade. Na realidade o termo *Cruziana* foi introduzido pela primeira vez por Alcid D'Orbigny, em 1842, um naturalista de nacionalidade francesa quando encontrou umas formas bizarras na Bolívia, dedicando-as ao seu amigo General de Santa Cruz (presidente da Bolívia na época) (Aceñolaza, G. e Aceñolaza, F. 2002; Carvalho, C. N., 2004; Aceñolaza, G. e Milana, J. P., 2005). A descoberta destas formas invulgares foi de difícil atribuição aos artrópodes como as trilobites ou semelhantes. Durante algum tempo, geólogos como Nery Delgado, relacionou-as com moldes interno de algas que ocupavam ambientes marinhos litorais e que se desprenderiam devido à força da ondulação costeira, acumulando-se nas praias as tiras resultantes da acção da água sobre estas comunidades, (Delgado, 1885 *in* Carvalho, 2004) outras vezes foram

relacionadas com marcas de formações radiculares de plantas (Lobo e Lucas, 1995 in Carvalho, 2004). A correlação final com as trilobites foi feita quando, segundo Carvalho (2004), *se encontraram estas pistas sob uma espécie destes organismos, à ocorrência frequente de trilobites e Cruziana nas mesmas unidades, à comparação icnológica com artrópodes que produzem sulcos análogos, às frequentes marcas que acompanhavam Cruziana (...) e que definem estruturas esqueléticas de trilobites, assim como à morfologia e tipo sequencial das estrias ornamentais das Cruziana correspondentes às impressões dos apêndices locomotores deixadas no acto de obtenção de alimento.*

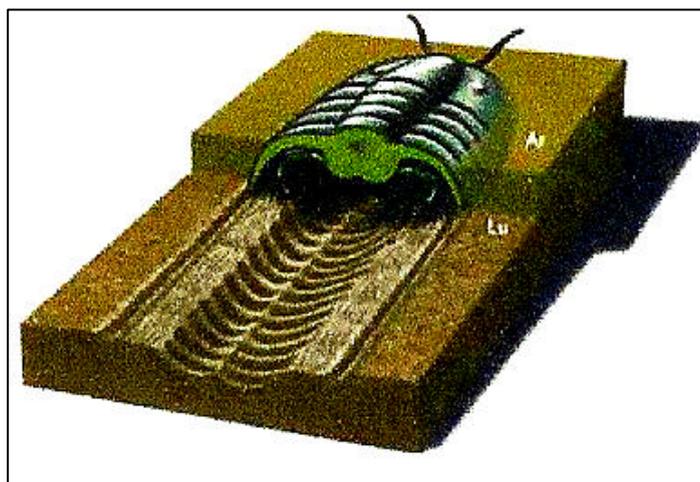


Figura 28 - Formação de um trilho bilobado de Cruziana (Ar - camada arenosa do fundo oceânico; Lu - camada argilosa na qual ficam impressas as marcas dos apêndices da trilobite) (adaptado de: http://www.apgeologos.pt/pubs/geonovas/n_18/carvalho.pdf).

As *Cruziana* originam-se quando as trilobites procuram, sob o fundo arenoso, matéria orgânica até alcançarem uma camada de argila na qual ficaram registadas e preservadas as marcas dos apêndices locomotores das trilobites, devido ao rápido recobrimento sedimentar e aos consequentes processos de fossilização.

As trilobites são, como já se referiu, artrópodes aquáticos que tiveram uma grande expansão e que constituem o primeiro registo de animais esqueléticos. Estes seres vivos marcaram o início da era Paleozóica, ocupando o Câmbrio e o Ordovícico devido ao aumento das plataformas marinhas como consequência da fragmentação da Rodínia. O início desta era caracterizou-se por uma mudança climática (devido à glaciação finiprecâmbria) que levou à subida do nível dos oceanos e à consequente inundação das zonas marginais dos fragmentos que resultavam da Rodínia (Pangeia I). Este

aumento dos ambientes marinhos de baixa profundidade constituiu a premissa necessária para uma expansão das várias formas de vida aquáticas conhecida como a radiação do Câmbrio e ao aparecimento de novos seres: equinodermes, graptólitos, briozoos, bivalves, microplâncton e peixes primitivos (Instituto Geológico y Minero de España, 2005).

Estes artrópodes constituem o registo fóssil mais abundante nas rochas datadas do Câmbrio, contribuindo com os seus trilhos de alimentação (*Cruziana*) e com vários exoesqueletos sujeitos a 10 a 20 mudas sempre que o animal crescia, proporcionando que um único indivíduo pudesse contribuir em cerca de 10 a 20 exoesqueletos para fossilização ao longo de toda a sua vida (Lane, 1978; Cowen, 1995). A presença dos trilhos de alimentação, característicos dos quartzitos, e os moldes encontrados permitem retirar ilações referentes aos hábitos destes artrópodes como também inferir acerca do paleoambiente presente nos locais onde, actualmente, são encontrados.

Da sua morfologia faziam parte uma carapaça (exoesqueleto composto por quitina e apatite) que se estendia da cabeça até à cauda e que podia ser lisa ou possuir vários ornamentos como espinhos e nodosidades, que tornariam mais eficaz as suas funções natatórias, tinham antenas e grandes olhos compostos, embora também se tivessem encontrado exemplares desprovidos de olhos, os apêndices eram utilizados para nadar, caminhar nos fundos arenosos ou para encaminhar o alimento para a boca gerando correntes que o transportavam, tinham um sistema nervoso bem desenvolvido e uma envergadura corporal que podia ir da ordem dos milímetros até aos 20 a 30 centímetros, nalguns casos de espécimes adultos. Para além de possuírem o exoesqueleto quitinosos que lhes permitia defenderem-se dos seus predadores poderiam ainda adoptar uma posição enrolada como forma de se protegerem ou a adoptar quando morriam. As comunidades de trilobites foram muito numerosas até à sua extinção gradual no final do Ordovícico, outras espécies no final do Devónico, persistindo algumas até ao final do Paleozóico, sendo substituídas (já no Ordovícico) por comunidades nas quais os braquiópodes, equinodermes e briozoários desempenhariam, agora, o papel dominante (Lane, 1978).

Objectivos da actividade:

- Reconstituir processos de fossilização;
- Reconhecer as vantagens da existência de icnofósseis na caracterização dos ambientes passados de uma região.

Descrição da actividade

A actividade que se propõe para que os alunos compreendam a formação das *cruziana* será sem dúvida uma das que suscitará um maior entusiasmo nos participantes, uma vez que utiliza materiais que as pessoas não relacionam à geologia, mas que produzirá os efeitos desejados no cumprimento dos objectivos delineados e que visam prioritariamente uma aquisição mais facilitada de novos conhecimentos.

Protocolo experimental

ACTIVIDADE PRÁTICA		
MATERIAL	- Tabuleiro; - Argila; - Esguicho; - Carro telecomandado; - Óleo; - Pincel; - Gesso.	PROCEDIMENTO 1. – Utilizando o esguicho humedece ligeiramente a argila; 2. – Dispõe a argila sobre a totalidade do tabuleiro; 3. – Coloca o carro telecomandado, sobre a argila, numa das extremidades do tabuleiro; 4. – Desloca-o até à outra extremidade do tabuleiro; 5. – Retira o carro do tabuleiro e dispõe uma camada fina de gesso sobre os trilhos deixados pelo carro; 6. – Deixa secar esta camada de gesso; 7. – Com cuidado remove a camada de gesso seco e observa os resultados que obtiveste.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES

O final de um trabalho deste género encerra sempre muitas aprendizagens que foram feitas ao longo da sua elaboração e da pesquisa que envolve, mas também abre portas para uma série de tarefas que ficam por cumprir e que se revelam de uma importância suprema.

No decurso da presente dissertação chamou-se a atenção para a temática e importância dos Museus e Centros de Ciência como um importante recurso a utilizar no processo de ensino/aprendizagem, no entanto também se verificou que embora seja um aliado com mérito reconhecido pelos docentes, estes espaços de educação não-formal não merecem por parte destes um aproveitamento eficaz e uma preparação eficiente. Normalmente os docentes apoiam-se nestes espaços para proporcionarem aos seus alunos oportunidades de aprendizagem que não conseguem obter nas suas escolas por falta de material, tempo (devido à extensão dos programas) ou imaginação. A preparação pedagógica dos docentes não contempla a maior parte das vezes um treino para o aproveitamento destes espaços retirando deles o máximo partido, contribuindo para a reestruturação dos conhecimentos dos seus discentes.

Apesar do esforço que se faz em todo o mundo para se melhorarem estes espaços, para se empregarem as pedagogias mais recentes na construção das exposições, para se transformar os museus em espaços sociais dinâmicos e multidisciplinares a verdade é que muito ainda há que ser feito.

No nosso país, por exemplo, a abertura de vários Centros de Ciência Viva tem sido, de facto, uma mais valia para os nossos alunos, no entanto a sua concentração no litoral português oferece poucas oportunidades para que os alunos e professores do interior do país possam beneficiar destes espaços modernos, dinâmicos e interactivos. A construção de um espaço deste tipo na região de Trás-os-Montes diminuiria o tempo perdido em viagens e aumentaria as possibilidades dos alunos desta região contactarem com um conjunto de actividades direccionadas para lhes proporcionarem outras formas de aprender. A distância deixaria de ser um elemento dissuasor que tantas vezes é proferido nas justificações dos docentes.

Para procurar dar resposta a estas questões fez-se a delimitação de uma potencial exposição didáctica que integrasse maquetas da Serra do Marão e módulos interactivos capazes de serem elementos atráctivos de aprendizagem e que simultaneamente conseguissem transmitir admiração e respeito pelo património geológico da região

transmontana. A realidade da região impele a que se tomem iniciativas desta natureza a fim de alertar para o património existente na serra do Marão. Se analisarmos, ainda que com uma pequena amostra, as pessoas que, por exemplo, procuram as iniciativas de “Geologia no Verão “ do programa Ciência Viva veremos que todos os anos acorrem pessoas das mais variadas profissões e idades, todas com um único objectivo saber mais de Geologia, mas sobretudo conhecer o património geológico que está tão próximo delas para que o possam utilizar para os mais diversos fins. O facto das iniciativas se sucederem todos os verões traduz a sua importância que poderia ser acrescentada se ás saídas efectuadas convidássemos os participantes a conhecer a serra de uma forma mais íntima “passeando nela com a ponta dos dedos” utilizando a maqueta que se construiu.

Para termos consciência do desconhecimento do património geológico da Serra do Marão nem precisamos de sair da cidade ou do *campus* universitário, tomando como exemplo a licenciatura em Biologia/Geologia que a mestranda frequentou na UTAD chegaremos à conclusão que nunca se efectuou uma saída de campo de exploração deste património geológico tão vasto e tão próximo. Se não houve esta aposta ao longo de uma licenciatura integradora dos conhecimentos geológicos traduzidos na Serra do Marão o que se passará nas nossas escolas básicas e secundárias? Com certeza que as iniciativas não serão de grande monta. Dados estes factos a construção de uma simples maqueta que desmistifique a grandeza da Serra do Marão torna-se uma “arma” importantíssima. De certo que quem lhe puder tocar e explorar de uma ponta à outra perderá o impacto inicial que o original exerce em qualquer pessoa, decidirá, com toda a certeza, que vale a pena “perder tempo” e conhecer este património, de certo identificará alguns locais como se já lá estivesse estado criando uma familiaridade que impele a exploração e a curiosidade em saber mais.

Para preencher esta curiosidade é imperativo suscitá-la em primeiro lugar nos mais novos promovendo uma relação mais estreita com os processos geodinâmicos característicos da região. Para tornar esta relação possível delinearam-se as actividades práticas ou módulos interactivos capazes de fomentar nos que os executarem uma percepção mais real destes processos diminuindo o carácter abstracto e pouco seguro que os conhecimentos de geologia têm nas nossas escolas desde os alunos até aos professores que se vêm obrigados a leccionar domínio que não entendem e para os quais

não foram preparados³¹. É pois urgente despertar o interesse desta população docente e estudantil utilizando uma ferramenta agradável e sobretudo que não obriga ninguém a uma aprendizagem com posterior avaliação. Uma aprendizagem com estas características poderá surtir melhores efeitos e conhecimentos mais duradouros que serão activados cada vez que se abordarem temas semelhantes. O despertar alunos e professores para o ensino/aprendizagem das Geociências através de novos materiais contribuirá não só para um melhor ensino, por parte dos docentes, uma vez que se sentem auxiliados com uma “caixa de ferramentas” poderosa que englobará a maquete, as actividades interactivas, as saídas de campo e a própria exposição completada com os painéis, como promoverá uma aprendizagem, nos alunos, mais aliciante e sem carácter obrigatório ou formal como estão acostumados nas suas escolas.

O facto de se propor a criação desta exposição para o Museu de Geologia da UTAD tem um objectivo muito definido, ou seja, aproveitar um espaço apropriado para a exposição aumentando a interacção entre a universidade e a comunidade, à semelhança do que acontece com vários países estrangeiros, tornando-a o ponto de partida de actualização científica da comunidade que a envolve e incutindo ou incrementando, sobretudo nos docentes e alunos, o hábito de visitar museus com fins educativos.

A visita a um espaço que privilegia a construção de módulos interactivos com materiais que, facilmente, podem ser adquiridos e sem grandes custos acrescidos promoverá, com certeza, a elaboração de projectos similares nas escolas por parte dos docentes. O dínamo deste desafio para a construção de novos materiais de trabalho nas escolas será a admiração dos próprios alunos quando visitam espaços deste tipo. O sentir que também nas suas escolas se poderem construir módulos semelhantes levará alguns docentes aplicarem nesta temática algumas das suas energias, utilizando. Por exemplo, o espaço da Área Curricular Não Disciplinar de Área de Projecto para desenvolverem, em parceria com os seus alunos, trabalhos deste tipo. Este envolvimento partilhado incrementará o recurso a actividades diferenciadas e facilitadoras do processo ensino/aprendizagem que se iniciará no museu e se prolongará

³¹ Considera-se o caso de professores com licenciatura apenas em Biologia que ao longo do seu currículo tiveram poucas disciplinas de Geologia, o que lhes faculta uma preparação deficiente na área que têm de colmatar com o autodidactismo.

às escolas. É certo que nem todos se sentirão impelidos a realizar projectos desta monta mas se uma actividade for planeada e realizada já teremos uma escola mais enriquecida em material didáctico para o ensino da Geologia que tão parco é nos nossos estabelecimentos de ensino.

A delineação da exposição engloba uma série de actividades focalizadas na integração dos conteúdos curriculares do 7º ano de escolaridade com a geologia da Serra do Marão, mais particularmente os seus processos geodinâmicos. Esta selecção foi feita propositadamente uma vez que são conteúdos, como por exemplo, a dinâmica interna e externa da Terra e a temática dos fósseis que normalmente geram maiores dificuldades de aprendizagem nos alunos (principalmente a dinâmica interna e externa da Terra), uma vez que são conteúdos com repercussões para o planeta “demasiadamente grandes” e “demasiadamente longas” para a noção de espaço e tempo dos alunos pelo que necessita de ser descodificada a uma escala que dominem e que os divirta; a temática dos fósseis foi escolhida pelo prazer que os alunos têm em absorver estes conteúdos que são, sem dúvida dos mais prazerosos ao longo do currículo do 7º ano de escolaridade. A escolha das temáticas relacionou-se, igualmente, com o património geológico existente na Serra do Marão que não teve um papel limitativo dada a quantidade de temáticas geológicas passíveis de abordar *in situ*.

A importância deste trabalho tem também como principal preocupação a delineação de um conjunto de actividades que possam ser deslocadas às escolas aumentando as oportunidades de se preconizar um ensino diversificado de temáticas geológicas em escolas onde os recursos são parcos e os docentes vêm muitas vezes travadas as suas iniciativas pela restrição económica da gestão escolar. O deslocar dos recursos didácticos constituirá um dos pontos a aproveitar pelas escolas criando igualdade de oportunidades a alunos que não podem deslocar-se aos museus dados os seus parcos recursos em financiarem uma visita de estudo. O impacto causado pela presença na escola de pessoas estranhas com materiais estranhos tem, muitas vezes, um efeito melhor do que o processo contrário em que as crianças se deslocam a um local novo. Enquanto que a sua presença num novo local as incentiva a explorarem-no em detrimento da exposição, quando se encontram num espaço familiar como o é a sua escola focalizam-se muito mais nas novidades que chegam do exterior empenhando-se nas actividades que lhe são propostas e questionando quem chega de novo. No seu

espaço o seu professor é um aliado participando nas actividades, desaparecendo o papel de vigilante de comportamento tantas vezes assumido em locais de visita.

Reconhece-se, no entanto, que o mais aliciante ficou por fazer. A efectivação desta exposição ampliando-se os módulos interactivos, construindo-se os painéis didácticos e elaborando-se os roteiros das saídas de campo constituiria a conclusão perfeita de toda a pesquisa efectuada. Nesta primeira fase concluiu-se apenas a construção da maquete da Serra do Marão que constitui um dos elementos mais importantes da exposição, no entanto, considera-se a construção da restante exposição como uma prioridade urgente complementada com as seguintes iniciativas;

- o estudo da adesão das escolas a este projecto;
- o porquê desta adesão;
- quem protagoniza as visitas a este espaço;
- a forma como se processa aprendizagem neste espaço, em comparação com as experiências recolhidas a nível mundial;
- quem são os grupos que mais aprendem;
- quais as actividades que surtem maior impacto na aprendizagem;
- qual a modalidade da exposição que os alunos preferem;
- como utilizam o tempo em que se encontram na exposição;
- como se envolve o professor neste processo diferenciado de aprendizagem;
- se a proximidade é um factor motivante;
- se esta proximidade leva os professores a prepararem a visita à exposição;
- que tipo de professores recorrem à exposição;
- que relações se estabelecem entre os docentes e o Museu de Geologia;
- que parcerias se podem desenvolver com as escolas;
-

Pela lista de tarefas ainda por cumprir pode ficar-se com uma ideia do interesse que a elaboração desta dissertação proporcionou. De facto, contém apenas o despertar das muitas actividades que se podem desenvolver em torno desta temática mediante a oportunidade e a disponibilidade.

À semelhança do que acontece com a Ciência nunca se acaba algo que não suscite milhares de perguntas e que proporcione novas oportunidades de aprendizagem e

crescimento, é esta busca incessante que faz dos temas científicos um motor constante do desenvolvimento humano que se quer cada vez mais completo e desafiante.

BIBLIOGRAFIA

- Aceñolaza, G. & Aceñolaza, F. (2002). *Ordovician Trace Fossils of Argentina*. Instituto Superior de Correlation Geológica, Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Aceñolaza, G. & Milana, J. P. (2005). *Remarkable Cruziana beds in the Lower Ordovician of Cordillera Oriental, NW Argentina*. Instituto Superior de Correlation Geológica, Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Barros, C. & Delgado, F. (2006). *Planeta Terra – Livro do Professor*. Carnaxide: Edições Santillana Constância.
- Bevilacqua G. D. & Coutinho-Silva, R. (2007). *O ensino de Ciências na 5ª série através da experimentação*. Ciências e Cognição. Ano 04, vol. 10, pp 84-92. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org>. Acedido em: 12 de Mar. de 2007.
- Bonito, J., Raposo, N., Macedo, R. & Trindade, V. (2006). *Desenhando um possível modelo para ensinar ciências*. Livro de actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia. Universidade de Aveiro.
- Cachão, M. (2004). *Paleontologia. Curso teórico. Ano lectivo de 2004/2005*. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa.
- Cachapuz, A. (1997). *Ensino das ciências e mudança conceptual: estratégias inovadoras de Formação de Professores. Ensino das Ciências*. 1ª Edição. Mem Martins: Instituto de Inovação Educacional. Ministério da Educação.
- Carvalho, C. N. (2004). *Os Testemunhos que as Rochas nos Legaram: Geodiversidade e Potencialidades do Património do Canhão Fluvial de Penha Garcia*. Associação portuguesa de Geólogos. Revista Geonovas, nº 18 pp. 35 a 65. Disponível em: http://www.apgeologos.pt/pubs/geonovas/n_18/carvalho.pdf. Acedido em: 18 Nov. 2006.
- Chaves, R. & Pinto, C. (2005). *Actividades de trabalho experimental no ensino das Ciências: um plano de intervenção com alunos do Ensino Básico*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Costa, A. F., Ávila, P. & Mateus, S. (2002). *Públicos de ciência em Portugal*. Lisboa: Gradiva.
- Costa, J. B. (1993). *Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico*. 8ª edição. Lisboa: Edições Fundação Calouste Gulbenkian.
- Coke, C. (1999). *Livro guia para uma excursão geológica à Serra do Marão*. Manuscrito não publicado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

- Coke, C. (2000). *Evolução Geodinâmica do ramo Sul da Serra do Marão – Um caso de deformação progressiva em orógenos transpressivos*. Tema de dissertação apresentado no âmbito da obtenção do grau de doutor. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. p. 330.
- Coke, C. (2000c). *Litoestratigrafia do Ordovícico Inferior do ramo sul da Serra do Marão, Norte de Portugal*. In: Coke, C. (2000). *Evolução Geodinâmica do ramo Sul da Serra do Marão – Um caso de deformação progressiva em orógenos transpressivos*. Tema de dissertação apresentado no âmbito da obtenção do grau de doutor. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. p. 330.
- Coke C. (2002). *A Serra do Marão. Fundos oceânicos de ontem, cristas montanhosas de hoje*. Manuscrito não publicado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Coke, C., Dias, R., Mateus, A. & Ribeiro, A. (2000a). *Extensão intra-orogénica no autóctone da zona Centro-Ibérica; colapso gravítico orogénico ou extensão localizada?* In: Coke, C. (2000). *Evolução Geodinâmica do ramo Sul da Serra do Marão – Um caso de deformação progressiva em orógenos transpressivos*. Tema de dissertação apresentado no âmbito da obtenção do grau de doutor. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. p. 330.
- Coke, C., Dias, R., & Ribeiro, A. (2000b). *Evolução geodinâmica da Bacia do Douro durante o Câmbrio e o Ordovícico Inferior: um exemplo de sedimentação controlada pela tectónica*. In: Coke, C. (2000). *Evolução Geodinâmica do ramo Sul da Serra do Marão – Um caso de deformação progressiva em orógenos transpressivos*. Tema de dissertação apresentado no âmbito da obtenção do grau de doutor. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. p. 330.
- Coke, C., Dias, R. & Ribeiro, A. (2000d). *Estrutura do Ramo sul da Serra do Marão (Norte de Portugal); implicações para a evolução do Varisco Ibérico*. In: Coke, C. (2000). *Evolução Geodinâmica do ramo Sul da Serra do Marão – Um caso de deformação progressiva em orógenos transpressivos*. Tema de dissertação apresentado no âmbito da obtenção do grau de doutor. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. p. 330.
- Coke, C. & Gutiérrez-Marco, J.C. (2000e). *Novos dados sobre a ocorrência de Obolídeos no Ordovícico Inferior da Serra do Marão (Autóctone da zona Centro-Ibérica), Norte de Portugal*. In: Coke, C. (2000). *Evolução Geodinâmica do ramo Sul da Serra do Marão – Um caso de deformação progressiva em orógenos transpressivos*. Tema de dissertação apresentado no âmbito da obtenção do grau de doutor. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. p. 330.
- Coke, C. & Gutiérrez-Marco, J.C. (2000f). *Descoberta de lumachelas com lingulídeos no Ordovícico da Serra do Marão (Norte de Portugal)*. In: Coke,

- C. (2000). *Evolução Geodinâmica do ramo Sul da Serra do Marão – Um caso de deformação progressiva em orógenos transpressivos*. Tema de dissertação apresentado no âmbito da obtenção do grau de doutor. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. p. 330.
- Coke, C., Dias, R. & Pereira, M.R. (2005). *Roteiro I*. In: Oliveira, A. S. *et al* (2005). *Património Geológico Transfronteiriço na Região do Douro – Roteiros*. Manuscrito não publicado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Dale-Hallet L. (2005). *Looking forward or looking back: Museums and the future*. Museums Australia Conference. Melbourne, Australia.
- Davis, M. (1996). *Scientific papers and presentations*. University of Arkansas, Fayetteville: Academic Press.
- Davis, G.H. (1984). *Structural Geology of rocks and Regions*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- DES. *Programa de Biologia e Geologia – 11º ano*. Ministério da Educação. Departamento do Ensino Secundário.
- Dias, R. (2006). *O Varisco no sector Norte de Portugal*. Em: Geologia de Portugal no contexto da Ibéria (Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, Editores). Universidade de Évora, Évora, 31-34.
- Diez Balda, M. A. (1986). *El Complejo Esquisto-Grauwáquico, las séries paleozóicas y la estructura hercínica al Sur de Salamanca*. Edc. Universidade de Salamanca, pp 1-162.
- Dourado, L. (2005). *Trabalho laboratorial no ensino das ciências: um estudo sobre as práticas de futuros professores de Biologia e Geologia*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Echevarría Ugarte, E., Cuesta Lourenço, M., Diaz Palacio, M.P. & Moretón Pascual, M. (2005). *Aportaciones de los museos e centros de ciencias a la educación científica: una investigación con estudiantes de la diplomatura de educación social*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Enriquez, C.I., Castelão, I., Canosa, S. H. & Ibáñez, O. M., (2006). *Evaluation del alumno a través de las salidas de campo*. Livro de actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia. Universidade de Aveiro.
- Esteves, A. F., Aguado, B. V. & Azevedo, M. R. (2006). *As rochas metamórficas da região de Cavernães: potencialidades didácticas*. Livro de actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia. Universidade de Aveiro.

- Esteves, E. B. (2004). *Centros de Ciência. Aplicação e Divulgação do Património Geológico de Trás-os-Montes*. Dissertação de Mestrado em Biologia/Geologia para o ensino. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Faria, M. L. (2000). *Projecto: Museus e educação*. Instituto de Inovação Educacional.
- Faria, M. L. (2000). *Etapas e limites da globalização da cultura institucional: o caso dos museus*. Coimbra: IV Congresso Português de Sociologia.
- Fontes, A. & Silva, I. (2004). *Uma nova forma de aprender ciências: a educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS)*. Porto: Edições Asa.
- Fontes, A. & Freixo, O. (2004). *Vygotsky e a aprendizagem cooperativa – uma forma de aprender melhor*. Biblioteca do Educador. Lisboa: Livros Horizonte.
- Gaspar, A. (1993). *Museus e Centros de Ciências – Conceituação e Proposta de um Referencial Teórico*. Tese de doutoramento. FEUSP. São Paulo.
- Gama, M. C. S. S. (1998). *A Teoria da Inteligências Múltiplas e as suas implicações para a Educação*. Disponível em: <http://www.homemdemello.com.br/psicologia/intelmult.html>. Acedido em: 12 de Mar. de 2007.
- Gaspar, A. (2002). *A educação formal e a educação informal em ciências*. In: Massarani, L., Moreira, I. de C., Brito, F. *Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. 1ª edição. Rio de Janeiro: Casa da Ciência - Centro Cultural de Ciência e Tecnologia/UFRJ.
- Gavidia, V., Rodes, M. J., Sanz, J., Tejerina, F., Guillén, E., Carratalá, A. & Talavera, M. (2005). *Una exposición sobre el mundo de los sentidos como contexto no formal de aprendizaje y alfabetización científica*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Hamblin, W. Kenneth (1992). *Earth's Dynamic Systems*. 6th Edition. New York: Macmillian Publishing Company.
- Jacobucci, D. F. C, Güth, A. Z. & Jacobucci, G. B.. *Centro de Ciência BIOESPAÇO: um núcleo de divulgação científica*. Disponível em: http://www.abcmc.org.br/publique1/media/centro_de_ciencias_bioespaco.pdf -. Acedido em: 12 de Mar. de 2007.
- Lane, N. G. (1978). *Life of the past*. Columbus: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Leite, L. (2001). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. In Cetano, H; Santos, G. *Cadernos*

- Didácticos de Ciências*. Ministério da Educação. Departamento do Ensino Secundário.
- Lira, S. (1999). *Colecções etnográficas e Museus etnográficos: objectos e memórias da Cultura Popular*. Maia: Congresso de Cultura Popular na secção de Etnografia e Património Etnográfico.
- Lira, S. (1999). *Exposições temporárias no Portugal do Estado Novo. Alguns exemplos de usos Políticos e Ideológicos*. Lisboa: Colóquio APOM/99 - Museologia Portuguesa. Balanço do Século.
- Lira, S. (2000). *Funções ideológicas dos museus portugueses: uma herança cultural*. Disponível em: <http://www2.ufp.pt/~slira/artigos/vicongressodeculturaeuropeiapamplona.htm>
Acedido em: 24 de Fev. 2007.
- Lozada, C. O. (s.d.). *A aprendizagem em Física na Nanoaventura e o Educar pela Pesquisa em museus de Ciência*. Disponível em: <http://www.efis.ucr.ac.cr/varios/ponencias/9a%20aprendizagem%20em%20Fisica.pdf>. Acedido em: 12 de Mar. de 2007.
- Marandino, M. (2005). *Educação em Museus de História Natural: possibilidades e desafios de um programa de pesquisa*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Martínez-Catalán, J. R. (1985). *Estratigrafia y estructura del domo de Lugo (Sector Oeste de la Zona Asturooccidental-Leonesa)*. *Corpos Geologicum Gallaeciae*. 2ª série. pp2.
- Monteiro, A. & Kullberg, J. C. (2006). *O trabalho de campo no ensino das Geociências: a praia da Foz da Fonte como recurso educativo para o ensino secundário*. Livro de actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia. Universidade de Aveiro.
- Moreira, J. (2006). *O trabalho prático no domínio da formação inicial em Geociências: das concepções às práticas de professores neófitos*. Livro de actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia. Universidade de Aveiro.
- Moutinho, M. C. (1993). *Sobre o conceito de Museologia Social*. *Cadernos de Museologia*, nº 1. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- Moutinho, M. C. (1996). *Museologia Informal*. Boletim APOM II. Série nº 3.
- Neto (2005). Rio de Janeiro: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0645-1.pdf>. Acedido em: 3 de Mar. De 2007.

- Neves, J. S. & Santos, J. A. (2006). *Os museus em Portugal no período de 2000-2005. Projecto Museus*. Lisboa: Observatorio de Actividades Culturais. Disponível em: <http://www.oac.pt>. Acedido em: 18 de Mar. De 2007.
- Noronha, F. (2005). *Carta Geotécnica do Porto – Geologia, sismicidade e geomorfologia*. Departamento da Faculdade de Ciências. Porto: Universidade do Porto.
- Ortega, O. F. (2005). *Aplicación de la metodología de las prácticas de campo de Geología en un museo de ciencia. El itinerário-taller “escrito en las rocas” em cosmocaixa de Barcelona*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Passos, E. F., Aguiar, O., Duarte, V. A., Pereira, E. C. & Martins, F. A. (2000). *A relação entre o Museu e a escola: uma discussão com professores do ensino básico*. Disponível em: <http://www.ufv.br/dpf/evandro/index.htm>. Acedido em: 12 de Mar. de 2007.
- Peña de Camus, S. (2005). *Museos y escolares: un encuentro paradójico*. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Enseñanza de las Ciencias, numero extra. VII Congreso.
- Plummer, C. Charles & McGeary, David. (1996). *Physical Geology*. 7th edition. Wm. C. Brow Publishers.
- Press, Frank & Siever, Raymond. (1985). *Earth*. 4th Edition. New York: W. H. Freeman and Company.
- Primo, J. (1999). *Pensar contemporaneamente a museologia*. Cadernos de Sociomuseologia n^o 16. Disponível em: http://cadernosociomuseologia.ulusofona.pt/pdf_26/susana_menezes_cap3.pdf. Acedido em: 18 de Abr. de 2007.
- Primo, J. (2000). *A importância dos museus locais em Portugal*. in Tese de Mestrado: *Museus locais e Ecomuseologia. Estudo de Projecto para o Ecomuseu da Murto*. Disponível em: <http://www.aldraba.org.pt/PDF/Museus%20locais.pdf>. Acedido em: 18 de Abr. de 2007.
- Quesada, C. (2003, Maio). *Extremadura en la Evolución Tectónica Global*. Artigo apresentado no IV Curso de Geologia, Cáceres.
- Ribeiro, A. (2006). *A evolução geodinâmica de Portugal*. Em: *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria* (Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. & Kullberg, Editores). Universidade de Évora, Évora, 1-27.

- Ribeiro, M.E.C. (2005). *Os museus e centros de ciência como ambientes de aprendizagem*. Tese de Mestrado em Educação. Instituto de Educação e Psicologia. Braga: Universidade do Minho.
- Robardet, M. & Gutiérrez-Marco, J. C. (2003). *The Ordovician, Silurian and Devonian sedimentary rocks of the Ossa-Morena Zone (SW Iberian Peninsula, Spain)*. *Journal of Iberian Geology* 30, 73-92.
- Rodrigues, A. & Martins, I. P. (2005). *Ambientes de ensino não formal de ciências: impacto nas práticas de professores do 1º ciclo do ensino básico*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Rubini G., et al (2005). *Divulgação científica: muitas barreiras ainda por vencer*. *Jornal da Ciência*, Edição 2752. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/>. Acedido em: 26 de Fevereiro de 2007.
- Russel, T. (1994). *The enquiring visitor: usable learning theory for museum context*. *Journal of Education in Museums*, nº 15.
- Rutherford, F.J. & Ahlgen, A. (1995). *Ciência para todos*. Lisboa: Edições Gradiva.
- Salazar C. A., et al (2005). *Un centro en México para divulgar y educar en ciencias*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Sant'Ana, D. M. G., Oliveira, L. P., Almeida, C. S. L., Toninato J. C. & Aguiar, T. F. *Ações desenvolvidas nos anos 2003/2004 no museu interdisciplinar de ciências da unipar*. Disponível em: http://www.redpop.org/8reunion/9rrp_ponencias/debo...ellogoncales.doc. Acedido em: 12 de Mar. de 2007.
- Santos, M (2002). *Trabalho Experimental no ensino das ciências*. Instituto de Inovação Educacional. Lisboa, 1ª edição.
- Santos, L. & Matela, V. (2005). *Centros de Ciência interactivos no ensino do 1º ciclo do ensino Básico - A Terra e o sistema solar*. Enseñanza de las Ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Scortegagna, A. (2001). *Trabalhos de campo nas disciplinas de geologia introdutória: cursos de Geografia no Estado do Panamá*. Instituto de Geociências. Universidade de Campinas (UNICAMP).
- Semper, R. (1990). *Physics today*. American Institute of Physics. Vol. 43, nº 11, pp. 50-56.
- Stuchi, A. M. & Ferreira, N. C. (2003). *Análise de uma exposição científica e proposta de intervenção*. *Revista Brasileira de ensino da física*, volume 25, nº 2.

- Silva, A. D. *et al* (2004). *Terra, universo de vida*. Porto: Porto Editora.
- Sousa, M. B. (1982). *Litoestratigrafia e estrutura do CXG – Grupo do Douro*. Tese de Doutoramento. Universidade de Coimbra, 222p.
- Tôzo, C. (2005). *O papel da divulgação científica na formação das crianças: a experiência da Estação Ciência*. Disponível em: <http://jornalismocientifico.com.br/revista2artigoCarlaTozo.htm>. Acedido em: 12 de Março de 2007.
- Trindade, V. & Bonito, J. (2006). *A construção do conhecimento em Geologia e as suas consequências na formação em didáctica dos futuros professores da disciplina ao nível do secundário*. Livro de actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia. Universidade de Aveiro.
- Valente (1986). *Para um ensino criativo das ciências na Escola Primária*. Direcção Geral do Ensino Básico. Direcção de Serviços do Ensino Primário. Lisboa: Ministério da Educação.
- Vários (2001). *Curriculo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Ministério da Educação. Departamento de Educação Básica.
- Vários (2001). *Orientações Curriculares do Ensino Básico*. Ministério da Educação. Departamento de Educação Básica.
- Vasconcelos, C., Praia, J. F. & Almeida, L. S. (2003). *Teorias da aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução á aprendizagem*. Psicologia Escolar e Educacional, vol. 7, nº1. ISSN 1413-8557.
- Vieira, V., Biancini, M. L. & Dias, M. (2005). *Espaços não-formais de ensino e o currículo de Ciências*. Cienc. Cult, vol.57, nº.4, p.21-23. ISSN 0009-6725. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br>. Acedido em: 24 de Fev. 2007.
- Zimmermann E. & Mamede M. (2005). *Novas direcções para o letramento científico: Pensando o Museu de Ciência e Tecnologia da Universidade de Brasília*. Rio de Janeiro: 9º Reunião da Rede de Popularização da e da Tecnologia na América Latina e Caribe (Red-Pop). Disponível em: www.redpop.org/8reunion/9rrp_carteles/erick...kazimmermann.doc. Acedido em: 12 de Mar. de 2007.

Outros sítios consultados:

<http://www.cienciaviva.pt/centroscv>

<http://www.portrasedasletras.com.br>

<http://www.nmsi.ac.uk/index.asp?flash=yes>

http://correo.leon.gob.mx/admon03_06/PC/images/BibTPP14.jpg