

Gina Maria Pereira Correia

PALEOMAGNETISMO E TECTÓNICA DE PLACAS

Desenvolvimento e Avaliação de Modelos para o Ensino

Dissertação de Doutoramento na área científica de Geologia, especialidade em História e Metodologia das Ciências Geológicas, orientada pela Doutora Celeste dos Santos Romualdo Gomes e co-orientada pelo Doutor Fernando Carlos Lopes e apresentada ao Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

2013



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Ficha Técnica:

Título	PALEOMAGNETISMO E TECTÓNICA DE PLACAS Desenvolvimento e Avaliação de Modelos para o Ensino
Autora	Gina Maria Pereira Correia
Orientadora	Professora Doutora Celeste dos Santos Romualdo Gomes
Co-Orientador	Professor Doutor Fernando Carlos Lopes
Área científica	Geologia
Especialidade	História e Metodologia das Ciências Geológicas
Data	2013



Imagem da capa:

Ilustração livre da autoria do Arq. Mauro Correia

ÍNDICE GERAL

	Pág.
AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
-----------------------	---

Parte I – Geomagnetismo e Tectónica de Placas

INTRODUÇÃO	6
CAPÍTULO 1. CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE	8
1.1. Um pouco de história... ..	8
1.2. O Campo Geomagnético	10
1.3. Variações do campo geomagnético	14
CAPÍTULO 2. MAGNETISMO DOS MATERIAIS	18
2.1. Propriedades magnéticas	18
2.1.1. Diamagnetismo	18
2.1.2. Paramagnetismo	20
2.1.3. Ferromagnetismo <i>s.l.</i>	21
2.1.4. Antiferromagnetismo	22
2.1.5. Ferrimagnetismo	24
2.2. Minerais magnéticos	25
2.2.1. Óxidos de ferro.....	25
2.2.2. Sulfuretos de ferro.....	33
2.2.3. Hidróxidos e oxihidróxidos de ferro.....	35
2.3. Parâmetros magnéticos.....	36
2.3.1. Suscetibilidade magnética (χ).....	36
2.3.2. Magnetização remanescente.....	37

2.3.3. Equipamentos laboratoriais	40
CAPÍTULO 3. PALEOMAGNETISMO.....	44
3.1. Sobre o paleomagnetismo	44
3.2. Aplicações de estudos paleomagnéticos	48
3.3. Estudos de paleomagnetismo em Portugal	49
CAPÍTULO 4. TECTÓNICA DE PLACAS	53
4.1. Síntese histórica	53
4.2. Noções básicas sobre as placas tectónicas	63
4.3. O ciclo dos supercontinentes	70
4.4. A Teoria da Tectónica de Placas na atualidade	73
4.5. A importância do paleomagnetismo para a construção da Teoria da Tectónica de Placas	75
CAPÍTULO 5. NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DAS GEOCIÊNCIAS	78
5.1. Integração da Teoria da Tectónica de Placas nos <i>currricula</i> nacional.....	78
5.2. O paleomagnetismo no ensino das Geociências	79
5.3. Os manuais escolares no processo de ensino e aprendizagem	82
5.3.1. Manuais escolares e as orientações curriculares	84
5.3.2. História da Ciência nos manuais de ensino das Geociências	85
5.3.3. Representações pictóricas nos manuais escolares.....	88

Parte II – O Paleomagnetismo e o ensino da Tectónica de Placas

INTRODUÇÃO	91
CAPÍTULO 1. METODOLOGIA	93
1.1. Fundamentação	93
1.2. Questões de investigação e objetivos	95
1.3. Manuais analisados	96
1.4. Instrumento	99
CAPÍTULO 2. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	102

2.1. Tipo e organização da informação histórica	102
2.2. Material usado para apresentar a informação histórica	115
2.3. Estatuto dos conteúdos sobre paleomagnetismo	120
2.4. Proposta de atividades práticas envolvendo o paleomagnetismo	124
2.5. Representações pictóricas e relação com a linguagem verbal	132
2.6. Aspetos relativos às representações pictóricas	141
CAPÍTULO 3. PLANIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE RECURSOS E ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS	146
3.1. Planificação	148
3.2. Recursos pedagógicos	150
3.2.1. Atividade sobre a História da Ciência – Os primeiros passos da Teoria da Tectónica de Placas: Génese e Evolução Histórica	150
3.2.2. Trabalho de Campo	158
3.2.3. Atividade laboratorial	179
3.2.4. Atividade de enriquecimento (Ficha de trabalho)	194
3.2.5. Fichas de avaliação	200
3.3. Avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados	217
3.3.1. Questões de investigação	217
3.3.2. Caracterização da amostra	218
3.3.3. Instrumentos	219
3.3.4. Validação dos instrumentos	227
3.3.5. Técnicas de tratamento dos dados	227
3.3.6. Apresentação, análise e discussão dos dados	230
CAPÍTULO 4. CONCLUSÕES	256
CONSIDERAÇÕES FINAIS	271
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	274
ANEXOS	288

AGRADECIMENTOS

Um trabalho como este não é possível fazer-se na solidão do individualismo. Sempre representa um esforço onde a parceria é indispensável. No presente caso essa parceria tem figura maior na pessoa da Professora Doutora Celeste Romualdo Gomes. A sua presença constante ao longo de todo este percurso foi a razão *sine qua non* para a concretização desta tarefa e sem a qual, sem a sua orientação não teria sido possível a sua boa conclusão. Todas as palavras que lhe possa dirigir e que queiram demonstrar a minha gratidão serão escassas porque muito lhe fico a dever. Desde logo, o conseguir despertar em mim a curiosidade para esta temática; depois, por todas as sugestões e correções essenciais ao aperfeiçoamento e finalização desta dissertação. Mas por sobre tudo isso, todo o cuidado humano, digo mesmo, toda a amizade, a paciência, o incentivo e dedicação pessoal que desde o primeiro momento dispensou a este projeto. Por fim, ainda que estas palavras sejam breves para agradecer tão grande bem que me outorgou, fica a minha grande admiração à sua figura de investigadora que para mim é insigne, e é um exemplo de competência, dedicação e no cuidado do saber fazer bem.

Agradeço ao Professor Doutor Fernando Carlos Lopes, na qualidade de Coorientador, pela disponibilidade na leitura e sugestões que permitiram enriquecer este trabalho.

Um agradecimento à Professora Doutora Isabel Abrantes, por toda a disponibilidade e pelas preciosas sugestões no aperfeiçoamento do texto final desta dissertação.

A todos os colegas, Professores de Biologia e Geologia, que participaram no processo de avaliação e validação e que manifestaram as suas opiniões através do questionário e da entrevista.

Um agradecimento à minha família, particularmente ao meu primo Mauro pela criação da ilustração da capa. Aos amigos que sempre me apoiaram e incentivaram à conclusão desta etapa, em especial à Manuela Pereira que, com a sua amizade, continua a acompanhar-me neste aperfeiçoamento pessoal e profissional e à Margarida Ferreira por toda a ajuda e amizade.

Ao Paulo, meu companheiro de vida, por todo o carinho, ajuda e presença constante.

OBRIGADA!

GINA PEREIRA CORREIA

RESUMO

O presente trabalho tem como ponto de partida a importância do Paleomagnetismo no ensino e aprendizagem da Tectónica de Placas no ensino secundário. Teve, como plataforma de base, um estudo qualitativo em manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade e de Geologia do 12.º ano, leia-se, o universo dos manuais disponíveis no mercado livreiro nacional, o qual revelou, como resultado imediato e considerando as orientações curriculares, a ausência de informação sobre a História da Ciência, a exiguidade de atividades práticas (de campo e laboratoriais) e de conteúdos de enriquecimento. Mediante os resultados obtidos e com o objetivo de colmatar as lacunas identificadas, foram desenvolvidos recursos pedagógicos de maneira a dar cumprimento ao programa curricular de Geologia do 12.º ano, no que diz respeito ao conteúdo “*Os primeiros passos de uma nova teoria. A Teoria da Tectónica de Placas*”, integrante do “*Tema I - Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas*”. Posteriormente, os recursos elaborados foram avaliados e validados por quinze docentes com experiência na lecionação do referido programa. Para o efeito, recorreu-se a uma metodologia de obtenção de dados diferenciados, para a qual se construíram e aplicaram um questionário individual e uma entrevista semiestruturada. Com base nos dados recolhidos na amostragem pudemos registar, como principais, as seguintes conclusões:

- Todos os recursos pedagógicos avaliados e validados se podem considerar relevantes, exequíveis e úteis, podendo-se constituir como um complemento aos manuais escolares disponíveis no mercado.

- O Paleomagnetismo é uma temática que todos os docentes inquiridos consideram ser pouco aprofundada nos currículos das disciplinas do ensino secundário em geral e, particularmente, em Geologia do 12.º ano.

- A avaliação que os professores participantes neste estudo fazem acerca dos manuais de Geologia do 12.º ano, nomeadamente acerca dos últimos com os quais trabalharam, está de acordo com os resultados por nós obtidos na análise qualitativa e põe em evidência lacunas relativamente à ausência de conteúdos sobre a História da Ciência, lacunas de atividades práticas e, ainda, lacunas de conteúdos de enriquecimento.

- Relativamente aos conteúdos sobre História da Ciência, essas omissões revelam uma falta de articulação com as orientações curriculares para a disciplina de Geologia do 12.º ano, que privilegiam este tipo de conteúdos.

- Todos os entrevistados reconhecem a importância da utilização de atividades práticas na leção de conteúdos no âmbito do ensino da Geologia, em geral, e do Paleomagnetismo, em particular, bem como a existência de uma relação entre a sua utilização e a aprendizagem efetiva dos conceitos.

A intenção última deste trabalho vincula a ideia do contributo para o estudo do Paleomagnetismo no âmbito da leção da Tectónica de Placas, no ensino secundário. Não é uma proposta fechada; entendê-lo dessa forma seria negar tudo o que a pedagogia e a didática acrescentarão no futuro a esta temática. Pretende, antes, constituir-se como uma oportunidade motivacional que cativa os alunos e possibilite aos professores meios que rentabilizem o seu tempo letivo.

ABSTRACT

This research has as its starting point the importance of Palaeomagnetism in the teaching and learning of Plate Tectonics in secondary education. It had, as a base platform, a qualitative study in 10th year Biology and Geology course books and 12th year Geology course books. This is the available universe of course books in national publishing market which has shown, as immediate result and considering national curriculum guidelines, the nonexistence of contents about History of Science, the lack of practical activities (field activities and laboratorial activities) and the lack of subject enhancement topics. With the results gathered and having as goal the fulfilment of the gaps identified, teaching resources were developed in order to meet the 12th year Geology curriculum in what concerns the topic “*The first steps of a new theory. The Plate Tectonics Theory*”, which is a part of “*Theme 1- From Continent Drift Theory to Plate Tectonics Theory*”. Later, the resources developed were evaluated and validated by fifteen teachers, experienced in the teaching of the mentioned curriculum. For the purpose, a methodology for gathering diverse data was used, which included the building of an individual questionnaire and a semi structured interview. Based on the obtained sample data we were able to register the following main conclusions:

- All the teaching resources validated and evaluated can be considered relevant, feasible and useful, and can be seen as a complement to course books available in the market;
- Palaeomagnetism is a theme all teachers inquired consider as being treated with little depth in the curricula of secondary subjects in general and, particularly, in 12th year Geology;
- The evaluation done by teachers participating in this study on 12th year Geology course books, namely the last ones with which they have worked with, is in accordance with the results we gathered in the qualitative analysis and stresses the deficiency regarding the absence of information about History of Science, the lack of practical activities and also the lack of subject enhancement topics;
- In what concerns the information about History of Science, those omissions show a lack of correspondence with the curricular guidelines for 12th year Geology, which favour this type of contents;
- All the people interviewed recognise the importance of the usage of practical activities in teaching Geology contents in general and Palaeomagnetism in particular. They also recognize the existence of a relation between its usage and the effective learning of concepts;

The ultimate aim of this study is to definitively bond the idea of the contribution given by the study of Palaeomagnetism in the field of teaching Plate Tectonics in secondary stages. It is not a closed proposal; to understand it in that way would be to deny all that pedagogy and didactic will add to this subject matter in the future. It is intended, on the other hand, to represent a motivational opportunity that captivates students and offers teachers means to make the best use of their teaching time.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1- Agulha de uma bússola <i>in</i> “Epístola de Magnete”-----	9
Figura 2 - Retrato de D. João de Castro -----	9
Figura 3 - Primeira página do livro “De Magnete”-----	10
Figura 4 - Ilustração comparativa da posição dos polos geomagnéticos com o norte geográfico e do equador geomagnético com o equador geográfico -----	11
Figura 5 - Modelo do dipolo geocêntrico inclinado -----	12
Figura 6 - Componentes do campo geomagnético-----	13
Figura 7 - Posição do polo norte magnético nos últimos 2000 anos -----	14
Figura 8 - Registo histórico das variações da direção do campo geomagnético -----	16
Figura 9 - Gráfico da variação da declinação e da inclinação do campo geomagnético registados no Observatório Magnético de Coimbra entre 1953 e 1996-----	17
Figura 10 - Gráfico da variação da declinação e da inclinação do campo geomagnético registados no Observatório Magnético de Coimbra entre 1997 e 2012-----	17
Figura 11 - Relação entre a magnetização e o campo magnético aplicado para diferentes estruturas magnéticas. Esta representação é válida para valores do campo magnético na ordem dos 80 Am^{-1} -----	19
Figura 12 - Relação entre a magnetização (J) e o campo magnético aplicado (H) para as substâncias diamagnéticas. A suscetibilidade magnética (χ) é negativa e constante -----	19
Figura 13 - Relação entre a magnetização (J) e o campo magnético aplicado (H) para as substâncias paramagnéticas. A suscetibilidade magnética (χ) é positiva e constante-----	20
Figura 14 - Representação esquemática da disposição dos momentos magnéticos em materiais ferromagnéticos -----	21
Figura 15 - Magnetização (J) em função do campo magnético (H) aplicado para uma substância ferromagnética -----	21
Figura 16 - Magnetização de saturação (J_s) normalizada <i>versus</i> temperatura (T) para a magnetite e a hematite-----	22
Figura 17 - Representação esquemática da disposição dos momentos magnéticos em materiais antiferromagnéticos e antiferromagnéticos imperfeitos-----	23
Figura 18 - Variação do inverso da suscetibilidade ($1/\chi$) com a temperatura.-----	24
Figura 19 - Representação esquemática da disposição dos momentos magnéticos em materiais ferrimagnéticos -----	24

	Pág.
Figura 20 - Diagrama ternário dos óxidos de ferro. -----	26
Figura 21 - Representação esquemática da estrutura atômica da magnetite -----	27
Figura 22 - Variação das propriedades intrínsecas na substituição por Ti nas titanomagnetites -----	29
Figura 23 - Estrutura cristalina da hematite -----	31
Figura 24 - Disposição dos momentos magnéticos dos cátions (Fe^{3+}) na hematite-----	31
Figura 25 - Magnetização de saturação (M_S) e temperatura de Curie (T_C) para a série das titanohematites -----	33
Figura 26 - Curvas termomagnéticas para a pirrotite-----	34
Figura 27 - Relação entre a temperatura e a suscetibilidade magnética para os diversos materiais -----	37
Figura 28 - Magnetómetro MOLSPIN Minispin-----	41
Figura 29 - Magnetizador-----	42
Figura 30 - Ponte de suscetibilidade Bartington e sensor MS2B-----	42
Figura 31 - Desmagnetizador por campos magnéticos alternos -----	43
Figura 32 - Hierarquização do processo de amostragem para estudos paleomagnéticos -----	46
Figura 33 - Sistema de orientação de uma amostra recolhida por uma broca de núcleo portátil -----	46
Figura 34 - Representação esquemática da técnica de desmagnetização por campos alternos (AF) -----	48
Figura 35 - Anomalias magnéticas no fundo oceânico -----	49
Figura 36 - Alfred Wegener, 1925 -----	54
Figura 37 - Reconstrução de Alfred Wegener da separação e do movimento de massas continentais do planeta -----	55
Figura 38 - Reconstrução da Pangeia de acordo com Wegener, com os indicadores paleoclimáticos, os paleopolos e o equador-----	57
Figura 39 - O supercontinente Pangeia constituído pelos supercontinentes Laurásia e Gondwana -----	58
Figura 40 - Arthur Holmes -----	59
Figura 41 - Modelo de convecção proposto por Holmes (1928) quando se acreditava que a crosta oceânica era uma continuação da “camada basáltica continental” -----	59
Figura 42 - Harry Hess-----	60
Figura 43 - O conceito de Expansão dos fundos oceânicos (depois de Hess, 1962) -----	61

	Pág.
Figura 44 - Drummond Matthews e Fred Vine -----	61
Figura 45 - Perfil magnético da dorsal médio-oceano Atlântico -----	62
Figura 46 - Distribuição das principais placas litosféricas da Terra -----	64
Figura 47 - Divisão da crosta continental em três partes e respectivas litologias -----	65
Figura 48 - Corte de uma sequência ofiolítica clássica -----	66
Figura 49 - Regime de compressão (margem do tipo oeste-americano) -----	69
Figura 50 - Distribuição dos supercontinentes -----	71
Figura 51 - Reconstituição do supercontinente Rodínia de idade Proterozoica superior (depois de Hoffman, 1991)-----	72
Figura 52 - Excerto da página 153 do manual 10A-----	106
Figura 53 - Excerto da página 35 do manual 12A -----	112
Figura 54 - Página 64 do manual 10B -----	113
Figura 55 - Excerto da página 76 do manual 12C -----	114
Figura 56 - Excerto da página 119 do manual 10E-----	116
Figura 57 - Excerto da página 26 do manual 12C -----	117
Figura 58 - Excerto da página 76 do manual 12C -----	117
Figura 59 - Excerto da página 24 do manual 12B -----	119
Figura 60 - Excerto da página 33 do manual 12A -----	122
Figura 61 - Excerto da página 26 do manual 12C -----	123
Figura 62 - Excerto da página 30 do manual 12B -----	123
Figura 63 - Excerto da página 119 do manual 10E-----	127
Figura 64 - Excerto da página 66 do manual 12B -----	131
Figura 65 - Excerto da página 18 do caderno de atividades que acompanha o manual 12A-----	132
Figura 66 - Excerto da página 166 do manual 10D-----	135
Figura 67 - Excerto da página 117 do manual 10B-----	136
Figura 68 - Excerto das páginas, 27 do manual 12C (A) e 168 do manual 10D (B) -----	140
Figura 69 – Documento em PowerPoint sobre a História da Ciência -----	153
Figura 70 - Ficha informativa sobre História da Ciência -----	156
Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena -----	164
Figura 72 - Grelha de observação da aula de campo. -----	175
Figura 73 - Normas para a elaboração do relatório da aula de campo-----	177
Figura 74 – Documento em PowerPoint de preparação para a aula laboratorial-----	183
Figura 75 - Protocolo laboratorial-----	187

	Pág.
Figura 76 - Grelha de observação da aula laboratorial-----	190
Figura 77 - Fotografias do desenvolvimento da atividade laboratorial-----	191
Figura 78 - Normas para a elaboração do relatório científico-----	192
Figura 79 - Ficha de trabalho -----	196
Figura 80 - Ficha de avaliação diagnóstica -----	203
Figura 81 - Ficha de avaliação formativa -----	207
Figura 82 - Ficha de avaliação de conhecimentos -----	212
Figura 83 - Questionário de avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados -----	222
Figura 84 - Roteiro da entrevista semiestruturada para a avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados e sua articulação com as questões de investigação -----	226
Figura 85 - Distribuição da população em relação às habilitações académicas e à formação base-----	231
Figura 86 - Distribuição da população em relação ao tempo de serviço até 31 agosto de 2011 -----	231
Figura 87 - Distribuição da população em relação à lecionação de Geologia do 12.º ano no ano letivo 2011/2012 -----	232
Figura 88 - Frequência na lecionação de Geologia do 12.º ano de escolaridade nos últimos 5 anos letivos-----	232
Figura 89 - Alteração à página 2 do Livro guia da aula de campo-----	238
Figura 90 - Alteração à página 5 do Livro guia da aula de campo-----	238
Figura 91 - Alteração às páginas 9 e 10 do Livro guia da saída de campo referentes à paragem n.º 5 -----	239

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Variações do campo geomagnético -----	15
Tabela 2 - Propriedades magnéticas de alguns minerais-----	26
Tabela 3 - O Paleomagnetismo nos programas curriculares -----	80
Tabela 4 - Lista de manuais escolares, por editora, de Ciências Naturais do 7.º ano homologados pelo MEC para o ano letivo 2011/2012 -----	81
Tabela 5 - Lista de manuais escolares de BG do 10.º ano e de Geologia de 12.º ano existente no mercado nacional no ano letivo 2011/2012 -----	96
Tabela 6 - Páginas analisadas dos manuais escolares de BG do 10.º ano e Geologia do 12.º ano -----	98
Tabela 7 - Grelha de análise-----	100
Tabela 8 - Resultados da análise da categoria “ <i>Tipo e organização da informação histórica</i> ” em manuais de BG do 10.º ano -----	104
Tabela 9 - Resultados da análise da categoria “ <i>Tipo e organização da informação histórica</i> ” em manuais de Geologia do 12.º ano -----	107
Tabela 10 - Resultados da análise da categoria “ <i>Material usado para apresentar a informação histórica</i> ” em manuais de BG do 10.º ano -----	115
Tabela 11 – “Resultados da análise da categoria <i>Material usado para apresentar a informação histórica</i> ” em manuais de Geologia do 12.º ano -----	117
Tabela 12 - Resultados da análise da categoria “ <i>Estatuto dos conteúdos sobre paleomagnetismo</i> ” em manuais de BG do 10.º ano. -----	121
Tabela 13 - Resultados da análise da categoria “ <i>Estatuto dos conteúdos sobre paleomagnetismo</i> ” em manuais de Geologia do 12.º ano -----	122
Tabela 14 - Resultados da análise da categoria “ <i>Proposta de atividades envolvendo o Paleomagnetismo</i> ” em manuais de BG do 10.º ano -----	126
Tabela 15 - Resultados da análise da categoria “ <i>Proposta de atividades envolvendo o Paleomagnetismo</i> ” em manuais de Geologia do 12.º ano -----	129
Tabela 16 - Resultados da análise da categoria <i>Representação pictórica e relação com a linguagem verbal</i> em manuais de BG do 10.º ano -----	134
Tabela 17 - Tipologia das representações pictóricas nos manuais de BG do 10.º ano -----	136
Tabela 18 - Resultados da análise da categoria <i>Representação pictórica e relação com a linguagem verbal</i> em manuais de Geologia do 12.º ano -----	138

	Pág.
Tabela 19 - Tipologia das representações pictóricas nos manuais de Geologia do 12.º ano -----	139
Tabela 20 - Resultados da análise da categoria <i>Aspetos relativos às representações pictóricas</i> em manuais de BG do 10.º ano -----	142
Tabela 21 - Resultados da análise da categoria <i>Aspetos relativos às representações pictóricas</i> em manuais de Geologia do 12.º ano -----	144
Tabela 22 - Proposta de planificação para o conteúdo conceptual: <i>Os primeiros passos de uma nova teoria – A Teoria da Tectónica de Placas</i> -----	148
Tabela 23 - Sinopse das atividades práticas e recursos/instrumentos e sequência temporal da sua aplicação. -----	149
Tabela 24 - Questões orientadoras para a lecionação da atividade sobre a História da Ciência -----	152
Tabela 25 - Questões orientadoras a colocar e tarefas (T) a cumprir em cada paragem -----	162
Tabela 26 - Proposta de resolução das questões apresentadas no Livro guia da aula de campo -----	176
Tabela 27 - Questões de investigação que poderão servir de orientação à realização da atividade laboratorial -----	182
Tabela 28 - Proposta de resolução da Ficha de trabalho -----	199
Tabela 29 - Proposta de resolução da Ficha de avaliação diagnóstica -----	205
Figura 30 - Proposta de resolução da Ficha de avaliação formativa -----	210
Tabela 31 - Proposta de resolução da Ficha de avaliação de conhecimentos -----	215
Tabela 32 - Objetivos, questões de investigação e respetivos instrumentos -----	221
Tabela 33 - Resultados referentes à avaliação da ficha informativa, obtidos através do questionário -----	233
Tabela 34 - Registo da perceção dos professores entrevistados, sobre o aprofundamento e importância atribuída à lecionação de conteúdos no âmbito do domínio <i>História da Ciência</i> -----	235
Tabela 35 - Resultados referentes à avaliação do livro guia da aula de campo, obtidos através do questionário -----	237
Tabela 36 - Resultados referentes à avaliação do protocolo laboratorial, obtidos através do questionário -----	241
Tabela 37 - Registo da perceção dos professores entrevistados, sobre a importância atribuída à lecionação de <i>Atividades práticas</i> -----	243
Tabela 38 - Resultados referentes à avaliação da ficha de trabalho, obtidos através do questionário -----	244

	Pág.
Tabela 39 - Resultados referentes à avaliação da ficha de avaliação diagnóstica, obtidos através do questionário-----	245
Tabela 40 - Resultados referentes à avaliação da ficha de avaliação formativa, obtidos através do questionário-----	247
Tabela 41 - Resultados referentes à avaliação da ficha de avaliação de conhecimentos, obtidos através do questionário -----	248
Tabela 42 - Registo da percepção dos professores entrevistados, sobre a avaliação dos recursos pedagógicos elaborados (f). -----	249
Tabela 43 - Resultados referentes à análise das entrevistas em relação à necessidade dos estudos paleomagnéticos serem mais aprofundados do currículo -----	251
Tabela 44 - Registo da percepção dos professores, sobre o aprofundamento e importância atribuída à leção do Paleomagnetismo no âmbito do domínio <i>Curricular</i> -----	252

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo I - Tabela de unidades e fatores de conversão-----	i
Anexo II - Escala cronostratigráfica atualizada da autoria da Geological TimeScale Foundation -----	ii
Anexo III - Lista de verificação para a análise do conteúdo histórico de livros de ciência usada por Leite (2002a)-----	iii
Anexo IV- Categorização para avaliar a relação entre a linguagem verbal e visual no caso das representações pictóricas e os aspetos relativos às representações pictóricas utilizadas nos manuais usada por Parreiral e Gomes (2009) -----	iv
Anexo V - Análise qualitativa segundo as categorias pré-definidas para BG - 10.º ano -----	v
Anexo VI - Análise qualitativa segundo as categorias pré-definidas para Geologia – 12.º ano -----	xvii
Anexo VII - Transcrição das respostas à entrevista semiestruturada -----	xxvi
Anexo VIII - Lista de verificação para a análise do conteúdo das entrevistas -----	xxxii
Anexo IX – Grelha de análise de conteúdo das entrevistas -----	xxxiv
Anexo X - Questionário 1 -----	xxxix
Anexo XI - Questionário 2 -----	xliii
Anexo XII - Questionário 3 -----	xlvii
Anexo XIII - Questionário 4 -----	li
Anexo XIV - Questionário 5 -----	lv
Anexo XV - Questionário 6 -----	lix
Anexo XVI - Questionário 7 -----	lxiii
Anexo XVII - Questionário 8 -----	lxvii
Anexo XVIII - Questionário 9 -----	lxxi
Anexo XIX - Questionário 10 -----	lxxv
Anexo XX - Questionário 11 -----	lxxix
Anexo XXI - Questionário 12 -----	lxxxiii
Anexo XXII - Questionário 13 -----	lxxxvii
Anexo XXIII - Questionário 14 -----	xci
Anexo XXIV - Questionário 15 -----	xcv

INTRODUÇÃO GERAL

A Geologia, enquanto ciência nasceu, defendem alguns, pela mão de James Hutton (1726-1797), com a publicação, em 1795, da primeira edição da *Theory of the Earth*. Outros defendem que terá sido com a obra *Principles of Geology*, publicada em 1830-33 por Charles Lyell (1797-1875). Porém, segundo Pedrinaci (2003), a sua origem é anterior e surgiu com a publicação, em 1669, de *Prodromus* de Nicolás Steno (1638-1686). No entanto, independentemente de designada e/ou reconhecida como ciência, a curiosidade e observação sobre a Terra precederam estes autores e foram testemunhadas por civilizações ancestrais. A título de exemplo, refere-se a preocupação em atribuir uma idade à Terra: ≈ 5600 anos, de acordo com James Usser (1581-1656) no séc. XVII; 24 Ma, segundo William Thomson (1824-1907) no final do séc. XIX; ou, ainda, as diferentes explicações para a formação de montanhas apresentadas, por exemplo, pelos contraccionistas como Georges Cuvier (1769-1832).

O reconhecimento da Geologia enquanto ciência trouxe a vantagem de facilitar e promover o seu desenvolvimento. Mesmo assim, embora o séc. XIX tenha permitido uma grande evolução, no início do séc. XX, a Geologia ainda não tinha tido um progresso semelhante à de outras ciências, como a Biologia, a Física ou a Química. Esta situação deveu-se a diversos fatores, em especial, a um considerado essencial: o facto de estar enraizada a interpretação de que as questões em torno do ambiente natural tinham uma explicação bíblica. Portanto, tudo o que havia para saber sobre a origem da Terra poderia ser encontrado nas escrituras (Cruz, 2003).

Ainda assim, no seio de uma sociedade pouco eclética, também existia quem divergisse desta linha de pensamento. Entre outros, lembre-se o meteorologista alemão, Alfred Wegener (1880-1930), que propôs a Deriva dos Continentes - teoria mobilista que pretendia explicar a morfologia e a dinâmica terrestre em contraposição às teorias imobilistas, como o Catastrofismo, o Contracionismo e o Permanentismo.

Apesar da sua teoria, não se pode considerar Wegener como um pioneiro. A mobilidade das grandes massas terrestres já despertava a curiosidade de estudiosos da ciência desde a época de quinhentos. Contudo, apenas no século passado esta ideia começou a apresentar-se como verdadeiramente possível perante a comunidade científica, e seria necessário, ainda, validar o motivo dessa mobilidade. Para o efeito, a descoberta e a evolução dos estudos no âmbito do paleomagnetismo foram determinantes. Sendo uma área de estudo, no campo de ação da Geologia, o seu desenvolvimento a partir da segunda metade do séc. XX, foi decisivo para a construção da teoria que melhor justifica a mobilidade da litosfera - A Teoria da Tectónica de Placas.

No âmbito do currículo escolar, o paleomagnetismo é um conteúdo que integra apenas o plano de estudos formal de Geologia, disciplina opcional do 12.º ano do ensino secundário regular obrigatório. Ainda, no ensino secundário regular, e embora não esteja contemplado no programa curricular, poderá ser lecionado em Biologia e Geologia do 10.º ano. Nas duas disciplinas referidas, surge associado a temáticas como, por exemplo, os métodos para o estudo do interior do globo terrestre (10.º ano), a magnetoestratigrafia (12.º ano), os paleoclimas ou a dinâmica da litosfera. No ensino básico, em Ciências Naturais, do 7.º ano, as recentes alterações às metas curriculares (Bonito *et al.*, 2013) já preveem a referência a este conteúdo durante da leção da Tectónica de Placas. Contudo, até ao presente ano letivo (2012-2013) a sua leção estava apenas dependente da iniciativa do professor, uma vez que não fazia parte das orientações curriculares.

Desta maneira, a reduzida integração do paleomagnetismo no currículo formal dos ensinos básico e secundário tem proporcionado a sua quase não-leção e, como tal, não faz parte da cultura científica dos nossos alunos no final do percurso escolar obrigatório, nem de muitos professores que estão no sistema de ensino.

No âmbito das Ciências da Terra e da Vida, é notório o desinteresse que muitos docentes do grupo 520 – Biologia e Geologia, mostram pelo ensino da Geologia. Tal desinteresse reflete-se na forma como dinamizam as aulas e lecionam os conteúdos, transferindo para os discentes a ideia de que a Geologia possui um papel secundário, relativamente à Biologia, na sociedade atual. Neste contexto, os discentes mostram-se frequentemente pouco motivados para as aulas de Geologia, considerando estes conteúdos

complexos e desfasados dos seus interesses e necessidades académicas. Uma evidência deste facto é o número reduzido de alunos que optam pela disciplina de Geologia, comparativamente aos que escolhem Biologia no 12.º ano, quando ambas têm um carácter opcional.

Há que contrariar esta realidade. Assim, é necessário criar materiais que fomentem o interesse e entusiasmo dos alunos pela Geologia e lhes permitam, conscientemente, compreender o papel importante e fundamental do ponto de vista económico que esta ciência desempenha na sociedade. De facto, para além do carácter científico,

a Geologia desempenha um papel importante nas relações que se estabelecem entre Ciência e Sociedade, contribuindo para o estabelecimento de um desejável equilíbrio entre qualidade de vida e desenvolvimento. (Silva et al., 2001: 6).

Importa também mostrar o seu carácter interdisciplinar e a impossibilidade de dissociá-la da Biologia e de outras áreas disciplinares como, por exemplo, a Física, a Química ou a Matemática.

As sugestões metodológicas do Ministério da Educação e Ciência, para o ensino de Geologia do 12.º ano, apontam para o recurso a estratégias de ensino baseadas em exemplos da História da Ciência, atividades de indagação e pequenas investigações, atividades experimentais, laboratoriais e de campo, à utilização de modelos físicos analógicos e das TIC (Amador e Silva, 2004).

Assim, a construção de recursos variados, que devem ir ao encontro das orientações metodológicas, poderá ser uma forte aposta no sucesso do desenvolvimento de competências (conhecimentos, capacidades e atitudes) dos alunos que frequentam a disciplina de Geologia do 12.º ano.

Sabe-se que os conhecimentos prévios dos alunos condicionam as suas aprendizagens e que as atividades práticas, por exemplo, de campo ou de laboratório, desempenham um papel particularmente importante na aprendizagem das ciências. Por esse motivo, cabe ao professor organizar e dirigir as atividades práticas dos alunos, ajudando-os a formular problemas que, de início, possam suscitar o seu interesse, facilitando as conexões com os seus conhecimentos prévios e estruturando novos saberes.

Do mesmo modo, a avaliação, parte intrínseca dos processos de ensino e de aprendizagem, deverá ser entendida como uma oportunidade para introduzir correções

naquele processo, devendo privilegiar-se uma diversificação nos tipos de avaliação utilizados, nos instrumentos produzidos e nos momentos da sua aplicação. A uma avaliação dos aspetos conceptuais é necessariamente importante associar uma avaliação de aspetos procedimentais e atitudinais (Amador e Silva, 2004). Neste sentido, este trabalho pretende constituir um estudo de avaliação na área do ensino e dos recursos pedagógicos. Para o efeito, propõe-se a realização de um estudo qualitativo em manuais escolares que servirá de ponto de partida para a construção, avaliação e validação de materiais pedagógicos que potenciem a aprendizagem da Geologia, através de um processo ativo em que o aluno desempenhe o papel principal de construtor do seu próprio conhecimento.

Esta dissertação é constituída em duas partes. Na primeira (Parte I - Geomagnetismo e Tectónica de Placas), é apresentado o enquadramento teórico, resultado de um trabalho de investigação sobre os vários aspetos que relacionam o Paleomagnetismo, a Tectónica de Placas e o seu enquadramento no currículo das disciplinas de Geociências do 3.º ciclo e ensino secundário. Cada um dos seus cinco capítulos versa um dos temas, cujo conjunto compõe o *corpus* teórico que sustenta a investigação. Ao longo destes são definidos conceitos essenciais, bem como é desenvolvida uma componente da História da Ciência, conhecimento que julgamos pertinente e fundamental no ensino das Geociências. Na segunda (Parte II - O Paleomagnetismo e o ensino da Tectónica de Placas) é apresentado o estudo empírico, assim como as conclusões e limitações deste. A Parte II é subdividida em quatro capítulos: no primeiro, é apresentada a metodologia utilizada; o segundo compõe-se da apresentação e estudo dos dados obtidos na análise qualitativa dos manuais escolares estudados; no terceiro, é apresentada a intervenção realizada com a planificação, avaliação e validação dos recursos pedagógicos desenvolvidos; e, por último, no capítulo quatro, expõem-se as conclusões.

Deste modo, a consecução do presente trabalho pressupõe o cumprimento dos seguintes objetivos:

- Efetuar um enquadramento teórico sobre o Paleomagnetismo e a sua importância na construção e desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas.
- Avaliar qualitativamente os manuais escolares do 10.º ano de Biologia e Geologia e do 12.º ano de Geologia para a temática escolhida.

- Identificar objetos/estruturas/situações geológicas com potencialidades pedagógico-didáticas, com vista à elaboração de materiais pedagógicos para o ensino da Geologia do 12.º ano de escolaridade, no âmbito dos temas versados na dissertação.
- Criar estratégias e recursos pedagógicos, a partir de uma realidade próxima dos alunos, de forma a ampliar conhecimentos, capacidades, atitudes e valores que conduzam a uma maior compreensão da Geologia no 12.º ano de escolaridade.
- Avaliar e validar as estratégias e os recursos produzidos no âmbito da presente investigação.
- Refletir sobre o contributo dos recursos desenvolvidos para a compreensão do conteúdo programático “*Os primeiros passos de uma nova teoria. A Teoria da Tectónica de Placas*”, integrante do “Tema I - Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas” do programa de Geologia do 12.º de escolaridade.

PARTE I – GEOMAGNETISMO E TECTÓNICA DE PLACAS

INTRODUÇÃO

O nosso planeta possui um campo geomagnético que exerce influência nos diversos elementos do sistema Terra. Todo o tipo de matéria reage à sua presença e, de acordo com a composição química e arranjo estrutural, apresenta diferentes propriedades magnéticas.

De entre os subsistemas que compõem a Terra, devemos destacar a geosfera porque os seus constituintes, em função da sua mineralogia, são os que melhor registam e preservam o comportamento do campo geomagnético. Neste contexto, a composição litológica, presente num determinado local, é fator determinante, com maior ou menor capacidade de acordo com as suas características, para nos fornecer informação sobre esse mesmo comportamento.

O estudo do paleomagnetismo – estudo do campo geomagnético passado - permite-nos obter informações sobre o seu comportamento, bem como inferir sobre a influência exercida em alguns acontecimentos da história da Terra. Tome-se como exemplo, a extinção dos dinossáurios no final da Era Mesozoica. Uma das hipóteses que a justifica menciona a existência de uma variação na posição dos polos magnéticos – inversão de polaridade. Para além disso e ainda mais importante, foi o contributo que a leitura dos dados obtidos a partir de determinações nas rochas dos fundos oceânicos deu para confirmar a mobilidade da litosfera, o que, obviamente, coloca os estudos paleomagnéticos como um importante marco na História da Ciência. A partir desta ideia, surgiu a formulação da Teoria da Tectónica de Placas, teoria que marca indelevelmente as ciências geológicas, na segunda metade do séc. XX.

O ensino formal em Portugal rege-se por padrões definidos em normativos ministeriais, entre os quais sobressaem as orientações curriculares, elaboradas para as diversas disciplinas e anos escolares. De entre os recursos pedagógicos disponíveis para a aplicação dessas orientações figura, com especial destaque, o manual escolar. Este recurso tem uma utilização tão generalizada que o transforma num dos elementos mais utilizados no processo de ensino e aprendizagem. Professores e alunos reconhecem o seu valor e raramente dispensam a sua utilização.

Ao longo dos capítulos que se seguem é apresentado um quadro teórico, resultado de consulta de bibliografia que alicerça o presente estudo. Teremos em grande consideração o desenvolvimento da componente histórica da ciência por entendermos que a evolução do conhecimento é uma evidência no presente, que tudo deve a factos ocorridos no passado.

CAPÍTULO 1. CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

1.1. Um pouco de história

O conhecimento do geomagnetismo sofreu a evolução comum a todo o conhecimento científico. Uma evolução adaptada à sociedade, em cada época, e cujas primeiras narrações são contemporâneas de culturas ancestrais. As propriedades magnéticas da magnetite, por exemplo, são conhecidas desde o tempo das antigas civilizações grega e chinesa. Thales de Mileto (624-546 a.C.)¹, filósofo grego pré-socrático do séc. VI a.C., terá sido o primeiro a observar e a fazer uma descrição de um ímã ou ímã. Encontram-se igualmente referências, embora de teor mais simplista, ao poder atrativo dos ímãs na literatura chinesa dos séc. III a VI a.C. (Merrill *et al.*, 1998).

Mais tarde, em 1269, Petrus Peregrinus de Maricourt (1220-1270) escreveu um texto intitulado “*Epístola de Magnete*”, onde fazia referência às leis de atração e repulsão de um ímã e descrevia como identificar os polos de uma bússola (Fig. 1).

No início do séc. XVI, Georg Hartman (1489-1564) efetuou as primeiras determinações de declinação magnética na Europa. Contudo, as primeiras determinações terão sido efetuadas pelo astrónomo budista Yi-Xing (683-727) na China, no ano de 720 d.C.. Hartman, em 1544, descobre, ainda, a inclinação magnética mas, como a sua descoberta só foi divulgada em 1831, foi Robert Norman que, em 1576, deu a conhecer a sua existência (Merrill *et al.*, 1998).

¹ De acordo com http://historiadafisicauc.blogspot.pt/2011/06/tales-de-mileto_17.html, uma vez que as datas de nascimento e de óbito diferem em diferentes fontes bibliográficas.

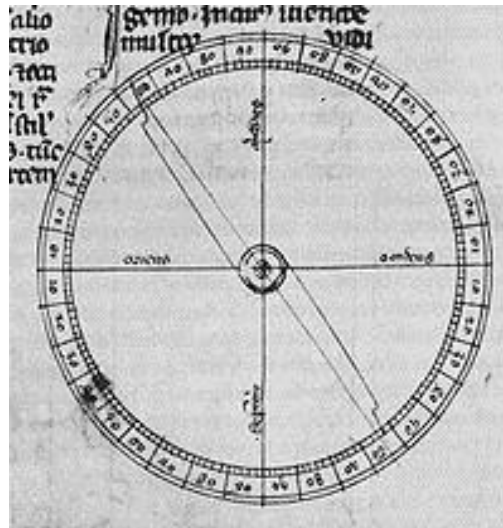


Figura 1 – Agulha de uma bússola in “Epístola de Magnete”.

(<http://pt.wikipedia.org/>).

Em Portugal, nos séc. XV e XVI, também foram efetuadas determinações magnéticas. Bartolomeu Dias (1450-1500), na viagem em que dobrou o Cabo das Tormentas (1488), efetuou medições da declinação magnética e “encontrou um local que batizou “Cabo das Agulhas” pois o valor era nulo” (Fiolhais e Martins, 2010: 10). Outro exemplo é o de D. João de Castro (1500-1548), discípulo de Pedro Nunes e o quarto vice-Rei do Estado Português da Índia. Este nobre e cartógrafo dedicou-se a estudar e a resolver problemas de náutica, entre os quais se salienta o conhecimento do magnetismo terrestre (Fiolhais e Martins, 2010). O contributo de D. João de Castro (Fig. 2) foi relevante, sendo os seus estudos em magnetismo terrestre e na utilização da bússola, referidos como exemplos da História da Ciência (e.g. Tarling, 1983; Gomes *et al.*, 2008).

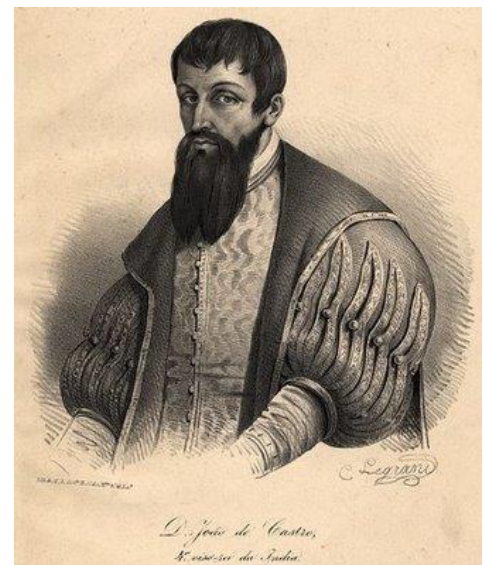


Figura 2 – Retrato de D. João de Castro da autoria de Charles Legrand, BN.

(<http://soscapuchos.blogspot.pt/>)

A entrada no séc. XVII é marcada pela publicação, em 1600, de “*De Magnete*” pelo físico e médico inglês, William Gilbert (1544-1603) (Fig. 3). Na sua obra conclui que a Terra é ela própria um grande íman - “*Magnus magnes ipse est globus*”.

Gilbert foi o primeiro a usar termos como “força elétrica”, “atração elétrica” e “polo magnético” (Pumfrey *et al.*, 2003).

Figura 3 – Primeira página do livro “*De Magnete*”.
(<http://pt.wikipedia.org/>).



Cerca de três décadas mais tarde, Herry Gellibrand (1597-1637), em 1634, descobre que a declinação magnética não é constante e sofre alterações ao longo do tempo (Merrill *et al.*, 1998).

Nas décadas que se seguiram, as anomalias magnéticas começaram a ser utilizados na prospeção de minérios de ferro, julga-se que pela primeira vez em 1640 (Parasnis, 1972). Gradualmente, o conhecimento das propriedades magnéticas dos minerais veio a ser usado, de um modo sistemático, pela indústria mineira.

No séc. XIX, em 1839, Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855), um matemático, astrónomo e físico alemão, definiu pela primeira vez, o campo geomagnético em termos matemáticos, como sendo a soma de uma série de componentes diversas.

Embora o conhecimento do geomagnetismo se tenha vindo a desenvolver ao longo de séculos, foi na segunda metade do séc. XX que ocorreu a fase de maior avanço. O crescente interesse pela temática levou ao aparecimento, em 1987, da SEDI (Study of the Earth's Deep Interior - <http://www.sedigroup.org/>), uma organização científica internacional que se dedica ao estudo do interior do globo terrestre.

No presente, a monitorização permanente do campo magnético é uma realidade, p. ex. em observatórios magnéticos, uma vez que o seu valor apresenta uma importante variação temporal com efeitos a nível planetário. A este registo atual, acresce o estudo do seu comportamento no passado, na medida em que, segundo Merrill *et al.* (1998), os estudos do campo magnético passado têm sido cruciais para a compreensão do campo geomagnético.

1.2. O Campo Geomagnético

Muitos dos processos associados ao campo geomagnético são ainda de difícil explicação. A sua origem pode ser explicada pelo facto de a Terra possuir um núcleo externo em estado líquido com materiais ricos em ferro e níquel. Nesta zona do núcleo e por um processo de dínamo autossustentável, as correntes elétricas no ferro fundido, em movimento lento, geram um campo magnético similar ao gerado por um ímã localizado no centro da Terra e cujo eixo está inclinado cerca de 11° em relação ao eixo de rotação, de modo que os polos geomagnéticos não coincidem com os geográficos (Fig. 4).

Vejam algumas das suas características mais importantes. O campo geomagnético, tal como o gravítico, não pode ser visto ou tocado, apenas sentido e medido. É considerado uma das componentes mais complexas do sistema Terra, uma vez que interage com a atmosfera, a biosfera, o manto profundo e o núcleo interno (Tauxe, 2005).

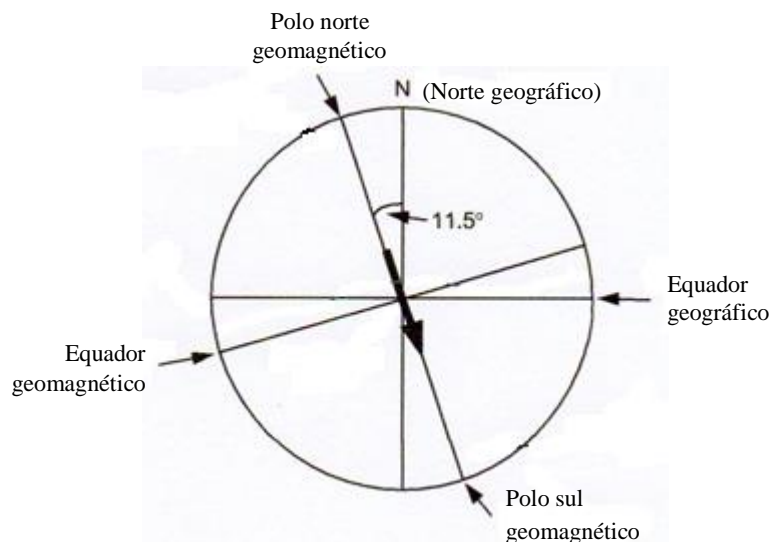


Figura 4 - Ilustração comparativa da posição dos polos geomagnéticos com o norte geográfico e do equador geomagnético com o equador geográfico (Adaptado de Butler, 1992).

O campo geomagnético é uma propriedade física da Terra, cujo modelo que melhor o descreve se aproxima de um dipolo geocêntrico inclinado (Fig. 5).

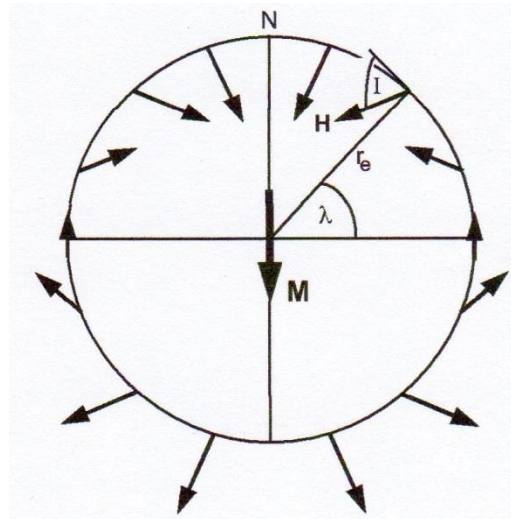


Figura 5 – Modelo do dipolo geocêntrico inclinado (Adaptado de Butler, 1992)

M – Dipolo magnético colocado no centro da Terra e alinhado com a rotação eixo

λ – Latitude geográfica

r_e – Raio médio da Terra

H – Campo magnético

I – Inclinação

N – polo norte geográfico

O campo geomagnético, em qualquer ponto na superfície terrestre, é descrito por três parâmetros: a intensidade da força do campo; a declinação magnética; e a inclinação magnética (Fig. 6). Este campo varia em direção e magnitude, sendo as variações de difícil explicação, muito embora a sua direção e intensidade possam ser facilmente determinados apenas com recurso a uma agulha magnética. De facto, a força que esta agulha exerce para voltar à posição inicial de alinhamento paralelo às linhas de força de campo, após ter sido movimentada cerca de 90° , dá-nos a indicação da intensidade do campo geomagnético (Thompson e Oldfield, 1986).

Como se pode verificar pela figura 6, o norte magnético e geográfico não são coincidentes, sendo o norte magnético correspondente à direção na qual a agulha de uma bússola aponta. Esta orientação varia em função do local à superfície terrestre e do tempo. O ângulo formado entre a norte magnético e o norte geográfico é designado declinação magnética.

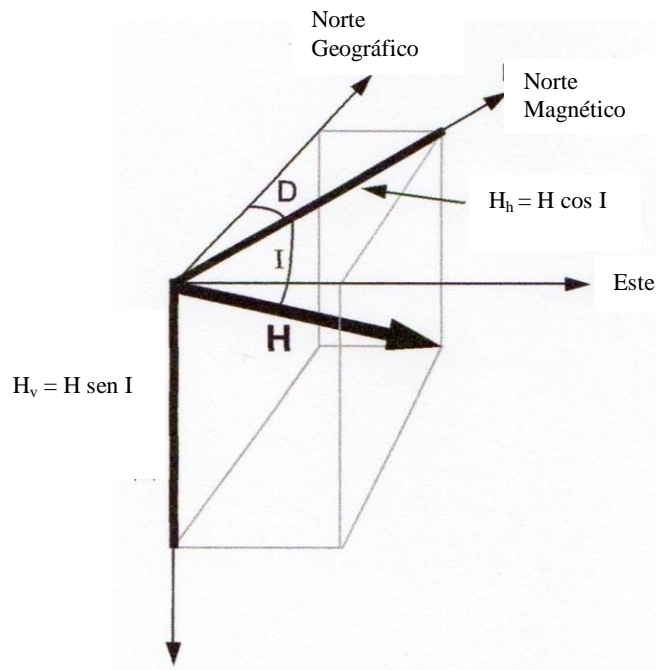


Figura 6 – Componentes do campo geomagnético (Adaptado de Butler, 1992).

- H** – Campo magnético
- D** – Declinação
- I** – Inclinação (varia entre +90 e -90)
- H_h** – Componente horizontal
- H_v** – Componente vertical

A inclinação magnética corresponde ao ângulo entre o vetor total do campo (isto é o ângulo da agulha da bússola com a horizontal). Esta grandeza é expressa em graus N ou S, conforme a ponta N ou S da agulha fica abaixo do horizonte e conta-se positivamente quando a ponta N fica abaixo do horizonte. No equador magnético a inclinação é zero graus e nos polos magnéticos é 90° e -90°.

Verifica-se a ocorrência de variações seculares em todas as componentes do campo geomagnético. Por exemplo, a intensidade média, que atualmente corresponde a 0,5 gauss (G), parece diminuir 5% a cada século. Outra variação importante a registrar é a inversão de polaridade cujo mecanismo ainda intriga os investigadores.

1.3. Variações do campo geomagnético

Sabe-se que o campo geomagnético sofre variações ao longo do tempo e que os polos magnéticos têm vindo a ocupar posições diferentes (Fig. 7).

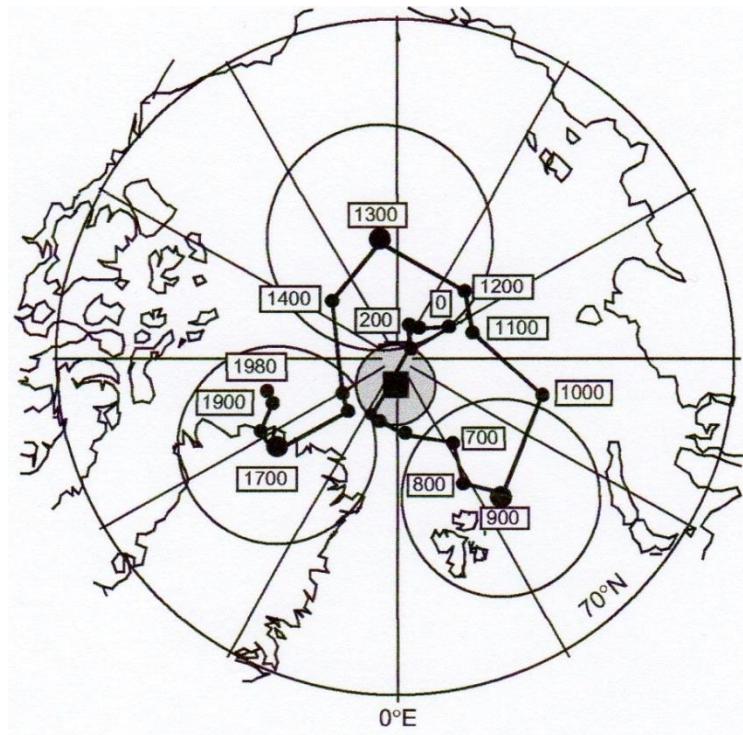


Figura 7 – Posição do polo norte magnético nos últimos 2000 anos (Butler, 1992)

Essas variações, designadas por inversões de polaridade, podem ocorrer em períodos muito curtos (em segundos), em períodos superiores a 10 000 anos ou em períodos de 100 Ma (Thompson, 1982; Tarling, 1983). Butler (1992) refere que, grosseiramente, existem duas contribuições, com periodicidades que se sobrepõem, para a ocorrência destas variações seculares. A primeira corresponde a alterações do campo dipolar, com períodos mais longos, e a outra, que diz respeito a mudanças na componente não dipolar, com períodos mais curtos. Porém, outras razões são apontadas para a sua origem, bem como para a sua natureza. Constata-se que as variações de origem externa ao planeta Terra, independentemente da sua natureza, ocorrem em períodos bastante mais curtos do que aquelas que têm origem no núcleo externo (Tabela 1).

Tabela 1 – Variações do campo geomagnético (Adaptado de Hailwood, 1989 e Gomes, 1996).

Origem/fonte	Natureza	Escala de tempo	Forma de registo
Externa (atividade solar)	Micropulsações		
	Tempestades magnéticas	<5 anos	Observatórios magnéticos
	Variações magnéticas diurnas		
Interna (núcleo externo)	Variações seculares	10 ² -10 ⁴ anos	Observatórios magnéticos e artefactos históricos
	Excursões de campo magnético		
	Inversões de polaridade	10 ⁴ -10 ⁷ anos	Rochas

O modelo que melhor explica a polaridade do campo geomagnético admite duas configurações, normal e inversa. A primeira corresponde à configuração do campo idêntica à atual, ou seja, quando a declinação é zero (o polo norte magnético aproxima-se do polo norte geográfico). A polaridade inversa, como o próprio nome indica, refere-se à posição oposta do campo magnético, em 180°, ou seja, aproxima o polo norte magnético com o polo sul geográfico.

Diversos autores consideram que as causas responsáveis pelas inversões de polaridade podem ser as mesmas que são responsáveis por processos tectónicos e vulcânicos, ocorridos ao longo da história da Terra (Gomes, 1996).

O conhecimento do campo geomagnético é tanto mais vago quanto mais ancestral é o seu registo (Thompson, 1982). As primeiras observações sistemáticas da declinação e inclinação começaram em Londres no século XVI, seguindo-se Paris no século XVII.

Da leitura dos registos salienta-se, inicialmente, o sentido anti-horário do movimento da declinação, ao qual se segue um movimento no sentido horário, variando entre valores que se aproximam dos 25° E até os 25° W (Fig. 8). No mesmo registo pode, igualmente, observar-se que a inclinação tem sofrido variações, com aumentos seguidos de diminuição no intervalo de valores entre ≈ 75° e 55°.

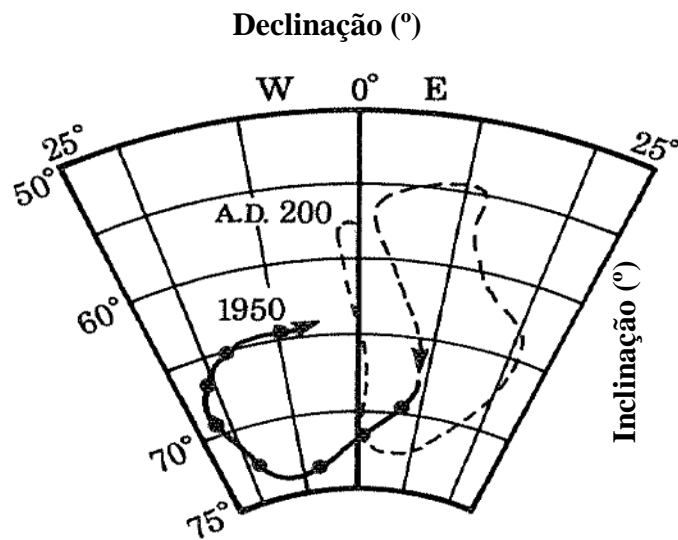


Figura 8 – Registo histórico das variações da direção do campo geomagnético (Adaptado de Thompson, 1982).
 Linha a cheio – Dados em Londres baseados em observações históricas de declinação e inclinação (Malin e Bullard, 1982). Linha a tracejado – Dados em Paris, derivados de dados arqueomagnéticos (Thellier, 1981).

Em Portugal, as primeiras observações sistemáticas do campo magnético tiveram início em 1860 nos observatórios da Escola Politécnica (Miranda, 2005) e, ainda, em Coimbra, em 1864 (*e.g.* Carvalho, 1920; Gomes, 1996; Custódio *et al.*, 2010). Se analisarmos o gráfico referente à variação da declinação e da inclinação do campo registados no Observatório Magnético de Coimbra, durante grande parte da segunda metade do séc. XX (Fig. 9), verificamos que se deu a aproximação ao Norte geográfico e um aumento da força do campo magnético (Gomes, 1996). Comportamento que continua a evidenciar-se (Fig. 10) e que resulta de uma diminuição constante do valor da inclinação e uma diminuição em valor absoluto da declinação.

O conhecimento do geomagnetismo e o estudo do seu registo, ao longo do tempo, à escala geológica, foram fatores determinantes que constituíram prova para a construção e desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas surgida na segunda metade do séc. XX, permitindo uma mudança de paradigma.

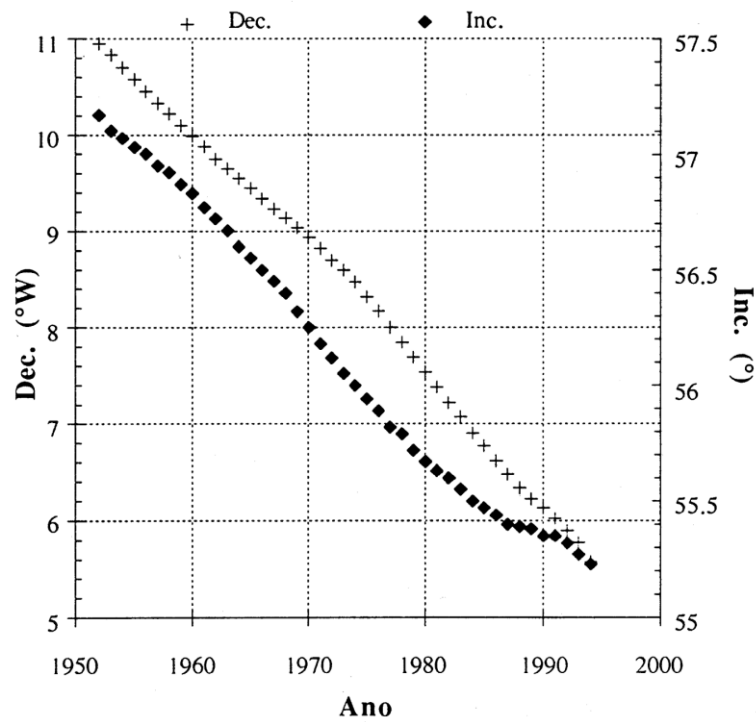


Figura 9 – Gráfico da variação da declinação e da inclinação do campo geomagnético registados no Observatório Magnético de Coimbra entre 1953 e 1996 (Gomes, 1996). Dec. – Declinação, Inc. – Inclinação.

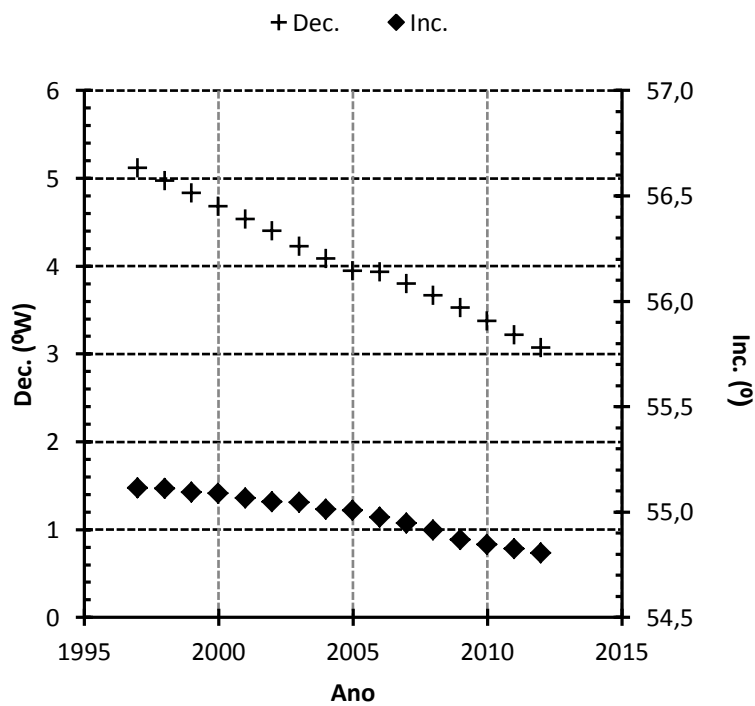


Figura 10 – Gráfico da variação da declinação e da inclinação do campo geomagnético registados no Observatório Magnético de Coimbra entre 1997 e 2012. Dec. – Declinação, Inc. – Inclinação.

CAPÍTULO 2. MAGNETISMO DOS MATERIAIS

De uma forma geral, todos os materiais apresentam propriedades magnéticas. Quando submetidos à aplicação de um campo magnético, os materiais apresentam propriedades distintas em função de parâmetros como a composição química e arranjo estrutural. A esta capacidade de magnetização chamamos suscetibilidade magnética e seu efeito pode ser positivo, negativo, pouco ou muito significativo, mas existe sempre e é facilmente determinado. Esta particularidade é tão considerável que podemos classificar os materiais tendo atenção o seu tamanho, cor ou composição química, mas também de acordo com as suas propriedades magnéticas (Dearing, 1999).

Assim, diz-se que um material possui propriedades magnéticas quando adquire uma magnetização sempre que colocado na presença de um campo magnético. Esta magnetização é designada por magnetização induzida. A presença do campo magnético provoca uma reação a nível dos eletrões, o que implica, obrigatoriamente, uma resposta por parte de todas as substâncias. De acordo com a resposta obtida distinguem-se cinco diferentes tipos de magnetismo (Fig. 11): a) diamagnetismo; b) paramagnetismo; c) ferromagnetismo; d) antiferromagnetismo; e) ferrimagnetismo (Dearing, 1999).

2.1. Propriedades magnéticas

2.2.1. Diamagnetismo

O Diamagnetismo é uma propriedade comum a substâncias como a maioria dos minerais que não contêm ferro e/ou manganésio (p. ex. o quartzo, a calcite ou os feldspatos), a água e a matéria orgânica. Este tipo de materiais adquire uma magnetização induzida com valores baixos e de sinal contrário ao do campo aplicado, resultante da interação deste campo magnético com as orbitais dos eletrões constituintes (Dearing, 1999) (Fig. 12). Nestes casos, a

magnetização (J ou M)² é diretamente proporcional ao valor do campo aplicado (H) e é reduzida a zero sempre que este é removido. A suscetibilidade diamagnética, por unidade de massa, é para além de negativa e fraca ($\leq 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$), independente da temperatura (Román, 1999).

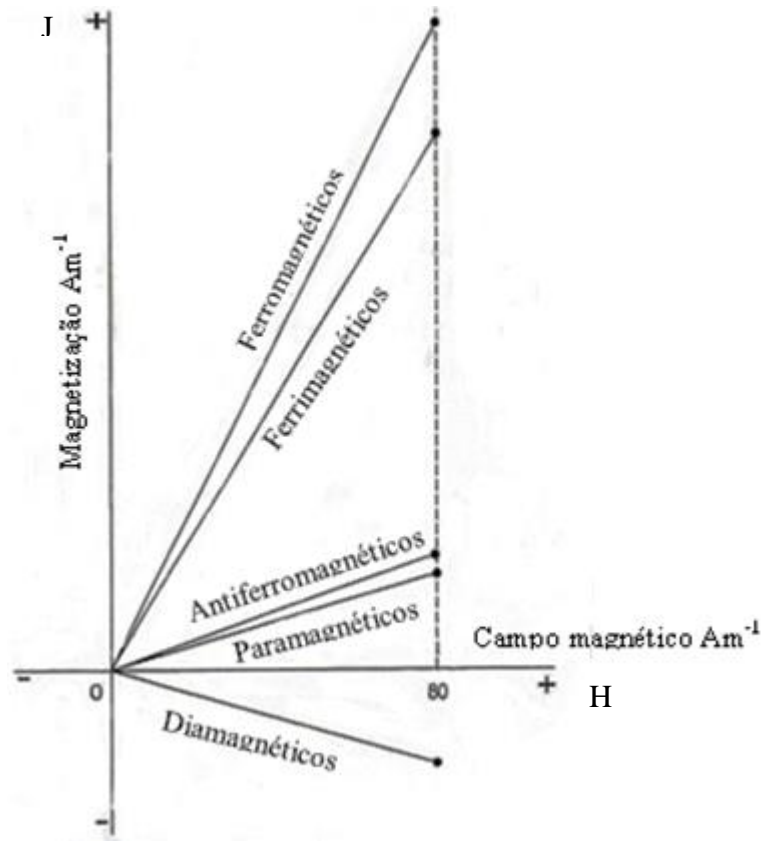


Figura 11 – Relação entre a magnetização e o campo magnético aplicado para os diferentes comportamentos magnéticos. Esta representação é válida para valores do campo magnético na ordem dos 80 Am⁻¹ (Adaptado de Dearing, 1999).

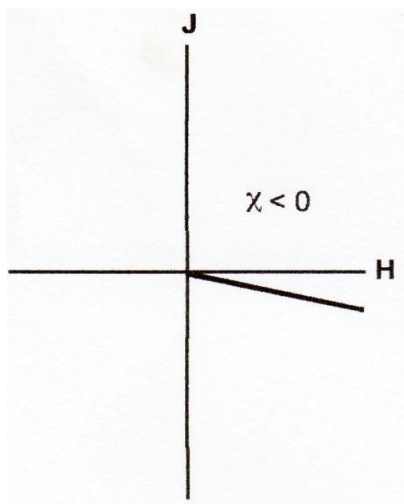


Figura 12 – Relação entre a magnetização (J) e o campo magnético aplicado (H) para as substâncias com comportamento diamagnético. A suscetibilidade magnética (χ) é negativa e constante (Butler, 1992).

² No anexo I apresenta-se uma Tabela de unidades e fatores de conversão utilizados em Magnetismo.

2.1.2. Paramagnetismo

No grupo de materiais paramagnéticos, incluem-se os minerais ricos em ferro e manganésio como a biotite, a olivina, a pirite, a piroxena e os carbonatos de ferro e manganês. O comportamento paramagnético verifica-se sempre que átomos, iões ou moléculas, de determinadas substâncias, adquirem um momento magnético elementar, independente dos momentos magnéticos adjacentes e que se dispõem paralelamente ao campo magnético aplicado (H) (Butler, 1992) (Fig. 13).

À semelhança dos diamagnéticos, também os materiais paramagnéticos possuem uma magnetização fraca, a qual existe apenas quando lhes é aplicado um campo externo. A diferença reside no facto destes últimos adquirirem uma magnetização positiva. No entanto, também esta desaparece sempre que é removida a ação do campo. Nestas condições, a magnetização de um material paramagnético é sempre nula na ausência de um qualquer campo magnético. Os minerais paramagnéticos possuem suscetibilidades da ordem das 10 a 100 vezes superiores aos minerais diamagnéticos (Román, 1999).

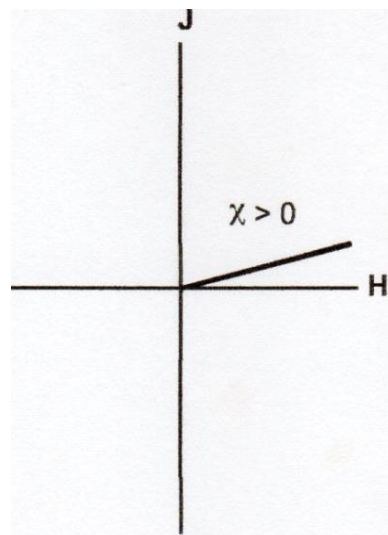


Figura 13 – Relação entre a magnetização (J) e o campo magnético aplicado (H) para as substâncias com comportamento paramagnético. A suscetibilidade magnética (χ) é positiva e constante (Butler, 1992).

2.2.3. Ferromagnetismo s.l.

Contrariamente aos materiais diamagnéticos e paramagnéticos, os ferromagnéticos (*sensu lato*) possuem, geralmente, uma suscetibilidade elevada dependente do campo magnético aplicado e registam uma magnetização remanescente quando se suprime a aplicação do campo. Esta particularidade deve-se ao facto de existir interação entre momentos magnéticos adjacentes, ordenados e com uma magnitude uniforme (Fig. 14). Os valores da magnetização podem apresentar uma ordem de grandeza várias vezes superior à dos materiais paramagnéticos e diamagnéticos (Butler, 1992).

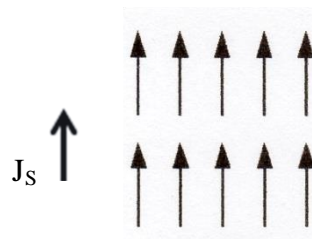


Figura 14 – Representação esquemática da disposição dos momentos magnéticos em materiais ferromagnéticos (Butler 1992).

Para os materiais ferromagnéticos, existe uma magnetização de saturação (J_s) que corresponde ao valor de magnetização máxima resultante da aplicação de um campo magnético. Este valor é característico de cada material e a um aumento do valor do campo magnético (H) aplicado, superior ao valor necessário para atingir a J_s , não corresponde um aumento do valor de magnetização nesse material (Fig. 15).

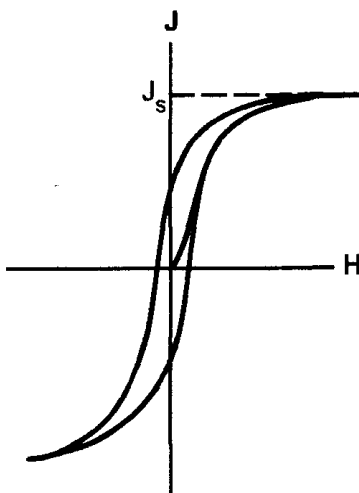


Figura 15 – Magnetização (J) em função do campo magnético (H) aplicado para uma substância ferromagnética (Butler, 1992).

O valor de J_S é diretamente influenciado pelo valor da temperatura. A um aumento desta, corresponde uma diminuição da magnetização de saturação até um valor igual a zero para a designada temperatura de Curie (T_C). Pode afirmar-se que a T_C é o valor que separa a fase ordenada ferromagnética (quando $T < T_C$) da fase desordenada paramagnética (quando $T > T_C$), pois, acima do valor de T_C , os materiais adquirem um comportamento paramagnético (Román, 1999). Cada material ferromagnético (*sensu lato*) possui um valor de T_C específico. A título de exemplo, a T_C específica da magnetite é de 580°C, enquanto a da hematite é de 680°C (Butler, 1992) (Fig. 16).

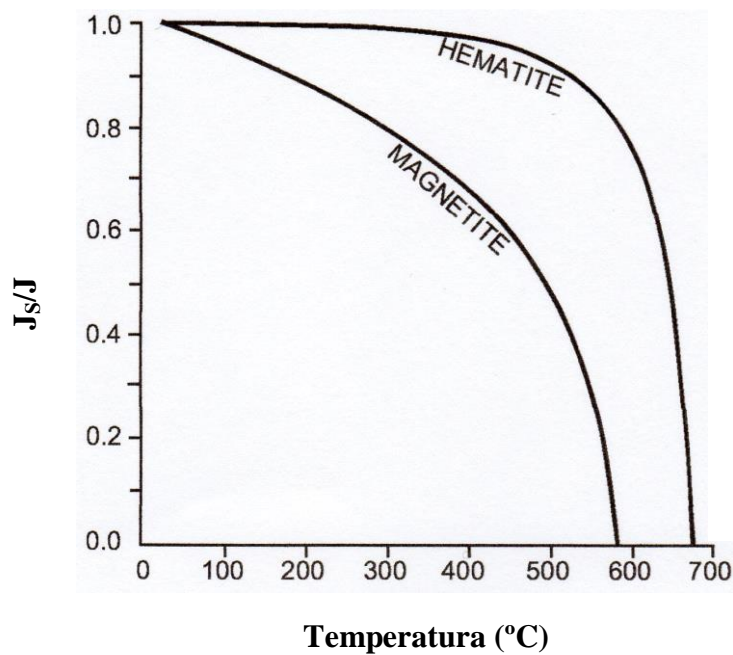


Figura 16 – Magnetização de saturação (J_S) normalizada *versus* temperatura (T) para a magnetite e a hematite (Adaptado de Butler, 1992).

2.1.4. Antiferromagnetismo

O antiferromagnetismo caracteriza-se pela existência de momentos magnéticos adjacentes e antiparalelos, com uma magnitude equivalente, dos quais resulta um momento magnético final nulo (Fig. 17-a). Contudo, os spins magnéticos também poderão formar ângulos entre si, resultando um momento magnético fraco. Neste caso, estamos perante um comportamento antiferromagnético imperfeito (Fig. 17-b).

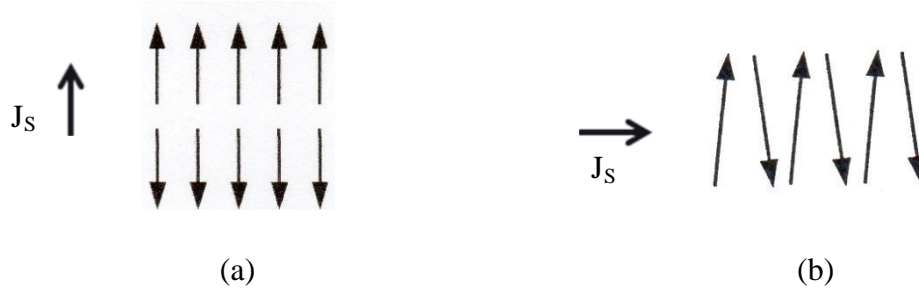


Figura 17 – Representação esquemática da disposição dos momentos magnéticos em materiais antiferromagnéticos (a) (Butler, 1992) e antiferromagnéticos imperfeitos (b) (Román, 1999).

Como no ferromagnetismo, também estes materiais são diretamente influenciados pelas variações de temperatura. Deste modo, a um aumento da temperatura corresponde um aumento da agitação térmica, impedindo o ordenamento dos spins dos elétrons e, conseqüentemente, as substâncias antiferromagnéticas adquirem um comportamento paramagnético. Neste caso, o valor limite de temperatura até ao qual os spins se encontram ordenados, designa-se por temperatura de Néel (T_N)³. De acordo com Román (1999), num material antiferromagnético a temperatura de Curie paramagnética (Θ) apresenta um valor negativo elevado, o que significa que existe de uma alta concentração de átomos e iões magnéticos que interagem fortemente (Fig. 18).

Dos materiais naturais representativos deste grupo, salientamos a ilmenite como exemplo de um mineral com propriedades antiferromagnéticas e a hematite e a goetite, no grupo dos antiferromagnéticos imperfeitos.

³ O mesmo que T_c para Butler (1992).

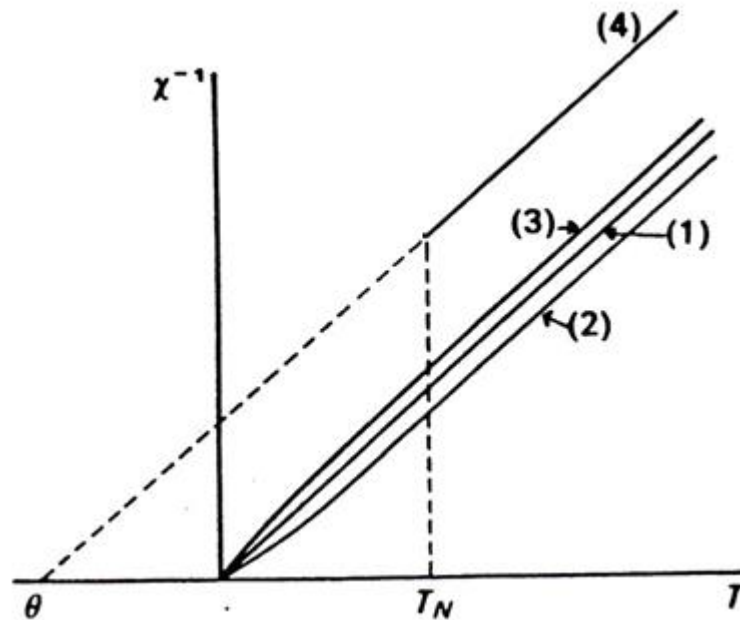


Figura 18 – Variação do inverso da suscetibilidade ($1/\chi$) com a temperatura (T). (1) – material paramagnético quase ideal; (2) e (3) – material paramagnético com interação de troca positiva e negativa respectivamente, mas com T_C diferente de zero; (4) – material antiferromagnético com valor de Θ (Temperatura de Curie paramagnética) negativo e elevado e na qual o valor de χ abaixo da T_N , depende da orientação do eixo de rotação (Román, 1999).

2.1.5. Ferrimagnetismo

O ferrimagnetismo pode considerar-se como o mais importante tipo de comportamento magnético das substâncias naturais (Dearing, 1999). Estas substâncias, também designados por ferrites, possuem, tal como no comportamento antiferromagnético, momentos magnéticos adjacentes e antiparalelos. Distinguem-se porque, no caso do ferrimagnetismo, os momentos magnéticos, embora fortemente alinhados, apresentam valores de magnitude distintos (Fig. 19).

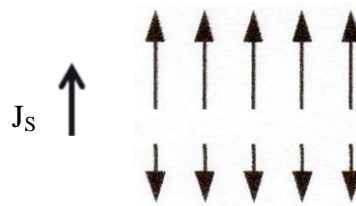


Figura 19 – Representação esquemática da disposição dos momentos magnéticos em materiais ferrimagnéticos (Butler, 1992).

Nas substâncias com este tipo de comportamento magnético, a suscetibilidade é positiva e de valor elevado. À semelhança dos materiais ferromagnéticos, possuem uma magnetização remanescente abaixo da designada Temperatura de Curie ferrimagnética (T_C), adquirindo, igualmente, um comportamento paramagnético para valores superiores a este valor limite.

Como minerais representativos salientam-se a magnetite, encontrada em rochas ígneas e sedimentares e em solos, bem como a maghemite, a pirrotite monoclinica e a greigite.

2.2. Minerais magnéticos

A presença de ferro (Fe) na constituição dos minerais é responsável pela magnetização remanescente dos solos e das rochas. Assim, e de acordo com a composição química, destacam-se os seguintes grupos de minerais ricos em ferro: **óxidos de ferro, sulfuretos de ferro, oxihidróxidos de ferro**. Alguns dos minerais magnéticos principais, representativos destes grupos, encontram-se brevemente caracterizados, na tabela 2. Existe, ainda, um outro grupo, o dos minerais de Fe-Ni que não serão aqui caracterizados, uma vez que se destacam para os estudos paleomagnéticos de materiais extraterrestres, domínio sem relevância neste trabalho.

2.2.1. Óxidos de ferro

Os óxidos de ferro integram os minerais mais importantes e representativos dos minerais ricos em ferro com propriedades ferromagnéticas *s.l.*. O diagrama da figura 20 representa as séries das soluções sólidas do sistema ternário FeO-TiO₂-Fe₂O₃.

As séries sólidas, ulvospinela-magnetite (Titanomagnetites) e ilmenite-hematite (Hemoilmenites), encontram-se assinaladas na figura 20, uma vez que possuem interesse em estudos de Paleomagnetismo (Tauxe, 2005).

Tabela 2 – Propriedades magnéticas de alguns minerais.

MINERAL	COMPOSIÇÃO	M_s (kA/m)	T_C (°C)
Ferro	α-Fe	1715	765
<u>Óxidos de ferro</u>			
Magnetite	Fe_3O_4	480	580
Titanomagnetite	$Fe_{3-x}Ti_xO_4$	125	150
Maghemite	γ - Fe_2O_3	380	590-675
Hematite	α - Fe_2O_3	≈ 2.5	$T_N \approx 680$
<u>Sulfuretos de ferro</u>			
Pirrotite	Fe_7S_8 a $Fe_{11}S_{12}$	≈ 80	320
Greigite	Fe_3S_4	≈ 125	≈ 330
<u>Oxihidróxidos de ferro</u>			
Goetite	α - $FeOOH$	≈ 2	$T_N \approx 120$
Lepidocrocite	γ - $FeOOH$		$T_N \approx -196$

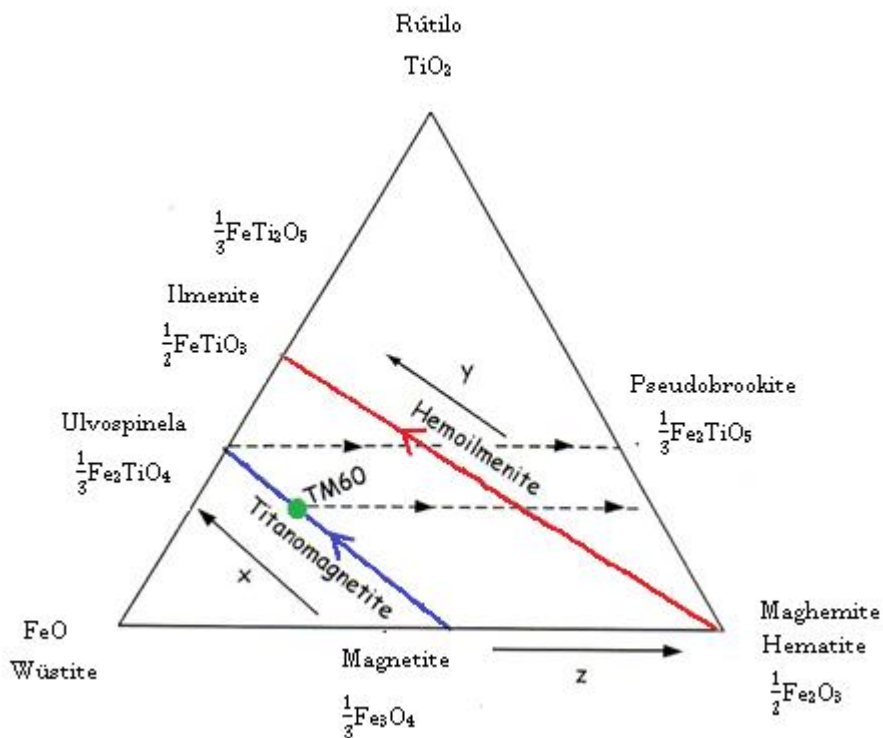


Figura 20 – Diagrama ternário dos óxidos de ferro. O sentido das setas a tracejado indica a direção do aumento da oxidação (Tauxe, 2005).

Magnetite

A magnetite (Fe_3O_4) é o mineral ferromagnético *s.l.* mais importante e abundante no sistema terrestre e, por isso, também o mais estudado, podendo ocorrer como mineral primário ou secundário. Neste último caso, sendo um componente detrítico, também pode ser produzida por bactérias (Tauxe, 2005).

Estruturalmente é um óxido de ferro que cristaliza no sistema cúbico com a estrutura de espinela inversa. Possui uma organização básica com oito posições tetraédricas preenchidas pelos iões Fe^{3+} e 16 posições octaédricas ocupadas, respetivamente, por 8 iões de Fe^{3+} e 8 iões Fe^{2+} (Fig. 21). As propriedades ferrimagnéticas deste mineral devem-se ao momento magnético dos iões Fe^{2+} , uma vez que os momentos magnéticos dos iões Fe^{3+} , das posições octaédrica e tetraédrica, ocupam uma disposição antiparalela.

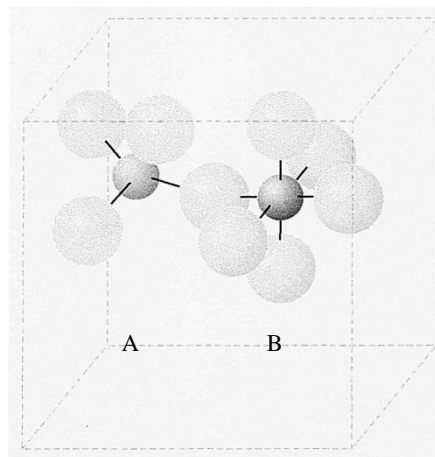


Figura 21 – Representação esquemática da estrutura atômica da magnetite. Ânions O^{2-} (esferas mais claras); Catiões Fe (esferas mais escuras). A – Posição tetraédrica com 4 ânions O^{2-} ; B – Posição octaédrica com 6 ânions O^{2-} (Butler, 1992).

De entre as características que este mineral detém, destacam-se: o valor da magnetização de saturação (M_S) de 480 kA/m à temperatura ambiente e uma temperatura de Curie (T_C) de 580°C (Tabela 2). Possui, ainda, uma particularidade muito própria, uma vez que, quando exposto a temperaturas inferiores a 120 K (-153°C), sofre uma alteração da disposição dos iões na rede octaédrica, deixando de cristalizar no sistema cúbico e passando a cristalizar no sistema monoclinico. Este limite corresponde à transição de Verwey (T_V) e é o ponto a partir do qual as suas propriedades magnéticas e a condutibilidade elétrica são alteradas. Esta propriedade é importante, por exemplo, na medida em que permite a deteção

deste mineral. Como esta transição é influenciada pela oxidação da magnetite, é possível, ainda, avaliar o grau de maghemitização dos solos, sedimentos ou rochas, nomeadamente, em amostras nas quais o tamanho das partículas é muito pequeno (Román, 1999).

Titanomagnetites

As titanomagnetites podem ocorrer como minerais primários nas rochas ígneas. A sua fórmula geral é $\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$, em que X corresponde ao valor de Ti e varia entre 0,0, no caso da magnetite, e 1,0 para a ulvospinela Assim, nestas, os iões Fe^{2+} são parcialmente substituídos por iões Ti^{4+} , processo do qual resultam alterações profundas nas propriedades intrínsecas, entre as quais: a variação da magnetização por célula unitária, a variação da dimensão da célula unitária e a variação da temperatura de Curie (Tauxe, 2005) (Fig. 22).

A título de exemplo, considere-se a ulvospinela (Fe_2TiO_4) que tem uma estrutura idêntica à da magnetite, no entanto possui uma composição diferente. Assim, na metade das posições octaédricas que na magnetite são preenchidas pelos iões Fe^{2+} , na ulvoespinaela vão ser substituídas por iões Ti^{4+} . Desta alteração resulta um momento magnético nulo conferindo a este mineral propriedades antiferromagnéticas abaixo da temperatura de Néel (-153°C), enquanto à temperatura ambiente, ou acima, o seu comportamento é paramagnético (Butler, 1992).

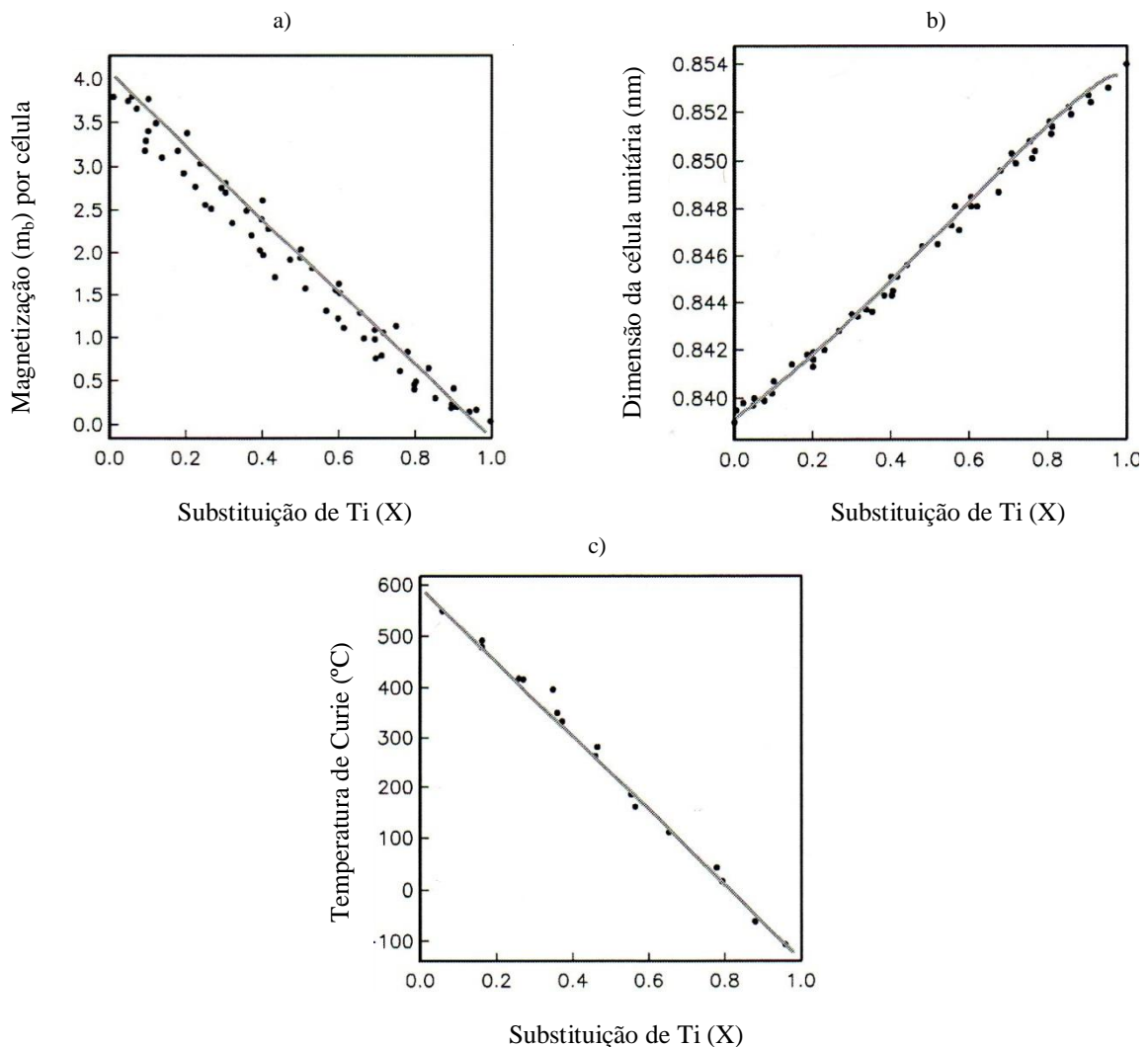


Figura 22 – Variação das propriedades intrínsecas na substituição por Ti nas titanomagnetites. X corresponde ao grau de substituição desde 0 (sem Ti) até 1 (100% de substituição). a) Variação da magnetização por célula, expressa em bohr por célula; b) Variação da dimensão da célula unitária em nanômetros; c) Variação da T_C em °C (Adaptado de Tauxe, 2005).

Maghemite

A maghemite, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, é um mineral fortemente magnético e equivale à magnetite completamente oxidada. Possui a composição química da hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), ainda que apresente uma estrutura cristalina em espinal inversa idêntica à da magnetite. Deste modo, as suas propriedades magnéticas são semelhantes às da magnetite, o que conduz, por vezes, a uma identificação errada. A estrutura deste mineral é geralmente metastável e a transformação

irreversível na estrutura hexagonal do cristal α -Fe₂O₃ ocorre em situação de sobreaquecimento a 300 °C- 500 °C (Butler, 1992).

À temperatura ambiente, a M_S é de 380 kA/m e possui propriedades ferrimagnéticas. A T_C é difícil de ser obtida, uma vez que se transforma em hematite a cerca dos 439 °C (Cornell e Schwertmann, 2003). Özdemir e Banerjee (1984) apresentem um valor $T_C \approx 645$ °C para uma maghemite com uma pequena quantidade de impurezas, contudo preveem que possa variar entre os 590-675 °C (Tabela 2), sendo o seu valor sempre superior ao apresentado pela magnetite. Dunlop e Özdemir (1997) consideram este mesmo intervalo, mas para Murad (1988) é mais abrangente e situa-se entre 546 °C-712 °C.

A formação de maghemite é a principal responsável pelo incremento de elementos ferromagnéticos no solo (Butler, 1992). Este mineral resulta, essencialmente, da oxidação a baixas temperaturas da magnetite – maghemitização – e encontra-se, predominantemente, em ambientes subaéreos e marinhos. Esta característica faz deste mineral um guia importante em estudos de solos, estudos de paleomagnetismo e reconstituições paleoclimáticas (Boer e Dekkers, 1996). A sua origem pode ainda dever-se a processos resultantes do sobreaquecimento do solo que levam à desidratação da lepidocrocite ou a conversão de minerais antiferromagnéticos, como a hematite e a goethite.

Titanomaghemitos

As titanomaghemitos (Fe_{3-x}Ti_xO₄) são dos óxidos de ferro mais abundantes na crosta terrestre, situação que se deve ao facto de, em condições de oxidação a baixas temperaturas, as titanomagnetites possuírem uma deficiência em catiões, favorecendo a sua alteração para titanomaghemitos (Butler, 1992). Ou seja, a oxidação a baixa temperatura tende a transformar a fase espinela (titanomagnetites), numa nova fase em espinela (titanomaghemitos). Isto por difusão dos iões de Fe²⁺ da estrutura de rede da titanomagnetites para a superfície, onde o ião é convertido em Fe³⁺. Assim, podem considerar-se as titanomaghemitos como um "catião deficiente" de espinela inversa (Tauxe, 2005). As titanomaghemitos podem formar-se a temperaturas acima dos 1000 °C, quando em solução sólida e abaixo dos 600 °C por oxidação metastável.

Hematite

A hematite, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, é o mineral de ferro mais importante nas rochas ígneas oxidadas e nos sedimentos formados em condições oxidantes. Dado que é um mineral muito estável, tem um especial relevo em estudos de paleomagnetismo. Estruturalmente, a hematite consiste em camadas de cátions Fe^{3+} , paralelas ao plano basal (0001), alternando com camadas de aniões O^{2-} e cristaliza com a estrutura do corindo (Fig. 23). A sua organização romboédrica com pseudoclivagem tende a quebrar em flocos (Tauxe, 2005).

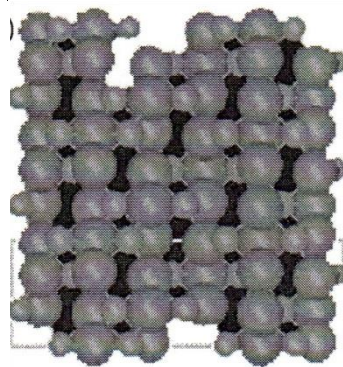


Figura 23 – Estrutura cristalina da hematite (Tauxe, 2005).

Os momentos magnéticos encontram-se acoplados paralelamente aos planos (0001), ou seja, no interior de cada camada estão dispostos paralelamente. No entanto, entre as camadas adjacentes dispõem-se de um modo aproximadamente antiparalelo (Fig. 24). Daqui resulta que a hematite apresenta um momento magnético fraco, estando classificada como um mineral antiferromagnético imperfeito (Butler, 1992).

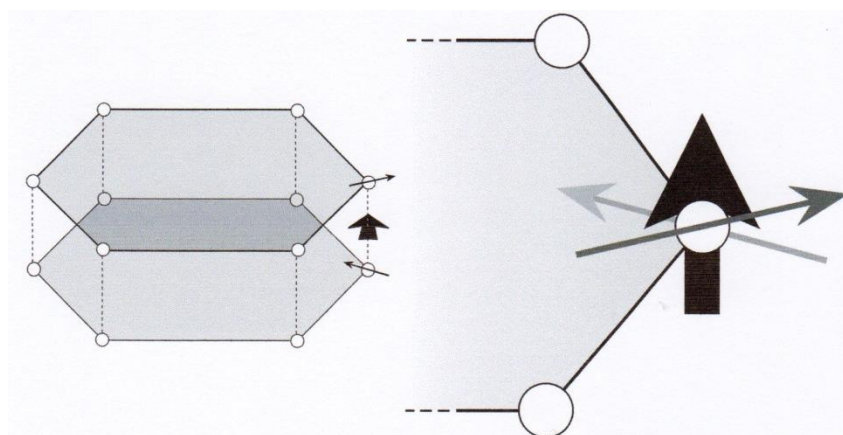


Figura 24 – Disposição dos momentos magnéticos dos cátions (Fe^{3+}) na hematite. No pormenor da imagem (lado direito) está representado, pela seta a preto, o vetor soma dos momentos magnéticos do plano superior (seta cinzenta escura) e do plano inferior (seta cinzenta clara) (Butler, 1992).

A sua magnetização de saturação (M_s) apresenta um valor aproximado de 2,5 kA/m, cerca de 0,5 % do valor de M_s da magnetite e a temperatura de Néel ronda os 680 °C. Aquando da análise de uma rocha, a hematite é facilmente distinguível da magnetite através do valor da desmagnetização térmica, uma vez que os seus espectros da temperatura de bloqueio não se sobrepõem (Román, 1999).

Na geosfera, a hematite ocorre comumente em sedimentos oxidados e domina as propriedades magnéticas das ‘*red beds*’ (Tauxe, 2005). A sua génese deve-se a processos vários (Román, 1999): a) como mineral primário, pela oxidação a altas temperaturas da titanomagnetite durante o arrefecimento consequente da fusão; b) como mineral secundário, resultante da inversão da titanomaghemite durante o reaquecimento de uma rocha; c) pela oxidação prolongada da magnetite à temperatura ambiente; d) pela inversão da maghemite; e) pela desidratação de produtos de alteração como a goethite; f) pela precipitação de grãos ultrafinos de hematite ricos em ferro.

Titanohematites

Usualmente, as titanohematites são minerais opacos com uma estrutura magnética descrita pelo sistema hexagonal, com camadas paralelas ao plano basal (0001) e possuem uma composição geral $Fe_{2-x}Ti_xO_3$, em que o X varia entre 0,0 para a hematite (α - Fe_2O_3) e 1,0 para a ilmenite ($FeTiO_3$). Na maioria das rochas ígneas, as titanohematites, bem como os seus produtos de oxidação, constituem uma parcela menor de minerais ferromagnéticos relativamente às titanomagnetites (Butler, 1992).

Estruturalmente, a substituição de iões titânio por ferro provoca na hematite uma influência ainda mais significativa nas suas propriedades magnéticas do que no caso da magnetite (Tauxe, 2005). Assim, para valores de X entre 0,0 e 0,45 as titanohematites possuem um comportamento antiferromagnético imperfeito (Fig. 25). Para valores superiores, até ao limite de X=1, adquirem propriedades ferrimagnéticas. Em X=1 apresentam o comportamento antiferromagnético da ilmenite. Também o valor de T_C evidencia uma dependência direta com a composição, diminuindo com o incremento de iões Ti^{4+} . No que se refere à M_s observa-se um comportamento mais complexo e cuja explicação reside na distribuição dos catiões nas titanohematites de composição intermédia (Butler, 1992).

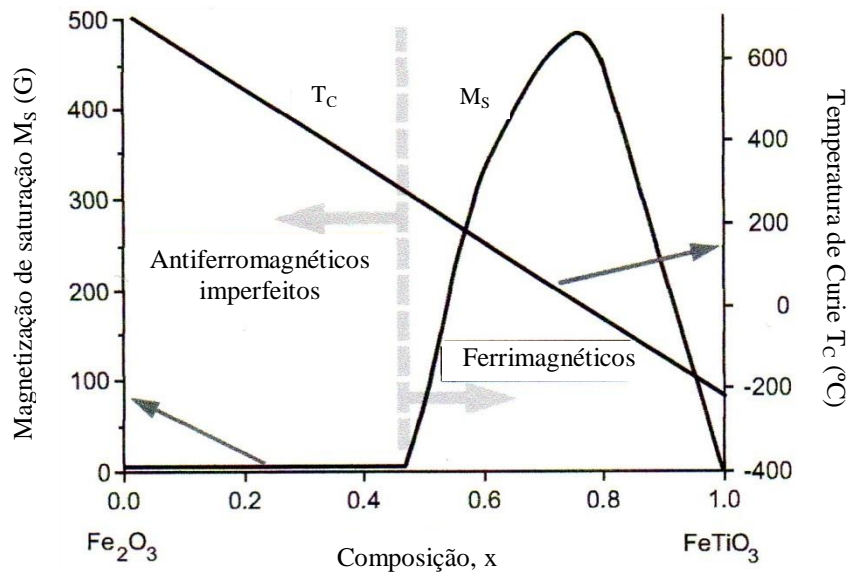


Figura 25 – Magnetização de saturação (M_s) e temperatura de Curie (T_C) para a série das titanohematites. X corresponde à composição (Adaptado de Butler, 1992).

Em situações de arrefecimento abaixo da T_C , estas composições podem adquirir uma magnetização remanescente térmica antiparalela ao campo magnético vigente, fenómeno designado de “auto-inversão”. Embora esta característica tenha sido causadora de alguma confusão no estabelecimento da escala temporal da polaridade geomagnética, atualmente é reconhecida como uma propriedade incomum, já que estas titanohematites de composição intermédia raramente são o mineral ferromagnético dominante de uma rocha (Butler, 1992).

2.2.2 Sulfuretos de ferro

Este é o grupo de minerais magnéticos mais importante a seguir aos óxidos de ferro e a sua formação é uma preocupação crucial no que diz respeito aos registos paleomagnéticos em sedimentos marinhos (Butler, 1992). Os sulfuretos de ferro podem surgir na natureza com uma composição que varia entre a forma da pirite (FeS_2) e a da troilite (FeS). Este último, considerado um mineral raro na Terra, faz parte da constituição básica dos meteoritos. A fórmula química geral dos sulfuretos de ferro é representada por FeS_{1+x} , em que $0 \leq x \leq 1$.

Pirrotite

A pirrotite é o sulfureto de ferro com propriedades magnéticas mais importante, podendo ser encontrada em rochas sedimentares, ígneas básicas ou metamórficas

(metamorfismo de grau baixo a médio). Geralmente, este mineral forma-se durante a diagênese de sedimentos marinhos em ambientes sedimentares ricos em matéria orgânica, ou ainda em auréolas de metamorfismo que rodeiam intrusões ígneas (Butler, 1992). Embora não possa ser considerada de importância excepcional para estudos paleomagnéticos, a sua elevada suscetibilidade magnética é de tal modo relevante que constitui um método de prospeção deste mineral (Thompson e Oldfield, 1986).

A pirrotite é um mineral com estrutura cristalina monoclinica e propriedades ferrimagnéticas. A sua composição química varia entre Fe_9S_{10} e $\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$ ($0,11 \leq x \leq 0,14$). A sua T_C é de 320°C e a M_S pode chegar aos 130 kA/m (Butler, 1992).

A pirrotite monoclinica sofre uma transição à temperatura $\approx 35 \text{ K}$ (-238°C), enquanto a pirrotite hexagonal sofre uma transição estrutural de antiferromagnética imperfeita, a ferromagnética com uma M_S muito mais elevada, aproximadamente de 200°C . Durante uma experiência termomagnética, a expansão dos cristais resulta num grande pico na magnetização, logo abaixo da T_C (Tauxe, 2005). A partir de uma experiência termomagnética, o esboço de comportamento da pirrotite monoclinica, hexagonal e em mistura está exemplificado na figura 26.

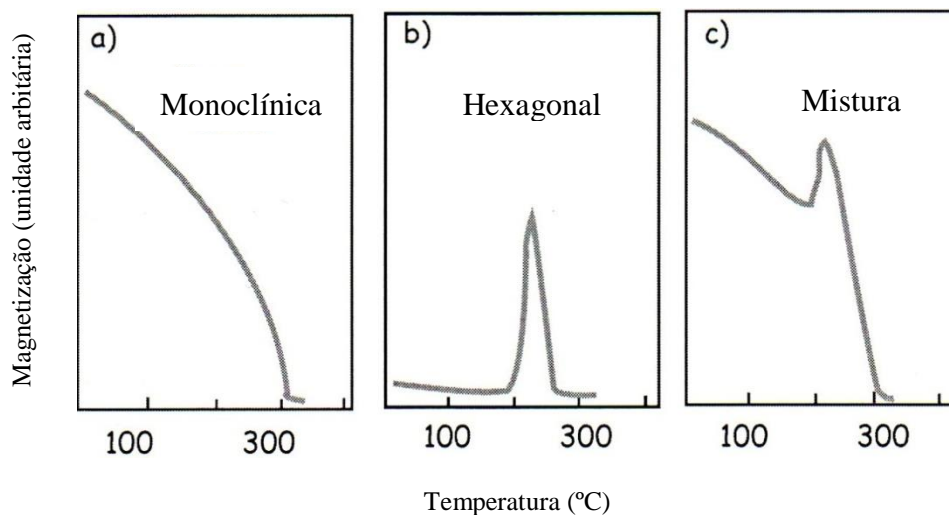


Figura 26 – Curvas termomagnéticas para a pirrotite: a) monoclinica; b) hexagonal; c) em mistura (Adaptado de Tauxe, 2005).

Greigite

A greigite (Fe_3S_4) é um sulfureto de ferro com importância paleomagnética (Tauxe, 2005). Possui propriedades ferrimagnéticas e forma-se normalmente em sedimentos na ausência de oxigênio, podendo ser encontrado como mineral autigênico em sedimentos carbonatados. Tem a mesma estrutura de espinela inversa, característica da magnetite, contudo apresenta uma magnetização de saturação inferior, $M_S \approx 125 \text{ kA/m}$ e uma T_C de $\approx 330 \text{ }^\circ\text{C}$ (Román, 1999).

2.2.3 Hidróxidos e oxihidróxidos de ferro

Os óxidos de ferro hidratados, usualmente conhecidos por limonites, resultam de produtos de alteração microcristalinos. Vulgarmente encontrados em sedimentos de rochas ígneas ou metamórficas e em solos, tem na goethite ($\alpha\text{-FeOOH}$) o mineral mais representativo deste grupo, seguindo-se a lepidocrocite ($\gamma\text{-FeOOH}$). A akagénite ($\beta\text{-FeOOH}$) e a ferroxite ($\delta\text{-FeOOH}$) são outros exemplos de óxidos de ferro hidratados.

Goethite

A goethite é um mineral com estrutura ortorrômbica. Surge frequentemente em regiões com solos húmidos e distingue-se pela sua cor amarela a castanho-avermelhada. Caracteriza-se por um comportamento antiferromagnético imperfeito, embora a goethite evidencie comumente um ferromagnetismo fraco (Butler, 1992). Possui uma temperatura de Néel de $120 \text{ }^\circ\text{C}$ que, tal como na hematite, é coincidente com o valor da temperatura de Curie (Özdemir e Dunlop, 1996). Acima da T_N , cerca dos $250\text{-}400 \text{ }^\circ\text{C}$, a goethite desidrata para formar hematite. A sua M_S é de aproximadamente 2 kA/m (Román, 1999).

Lepidocrocite

A lepidocrocite é um constituinte menor em solos e sedimentos e apresenta uma estrutura cristalina cúbica. Com propriedades antiferromagnéticas possui uma $T_N = 70 \text{ K}$ ($-203 \text{ }^\circ\text{C}$) (Román, 1999), embora à temperatura ambiente seja paramagnético (Butler, 1992). Por desidratação transforma-se, frequentemente, em goethite ou maghemite.

2.3. Parâmetros magnéticos

A determinação dos parâmetros magnéticos de uma amostra permite identificar os seus componentes. A escolha dos parâmetros está de acordo com o que se pretende estudar, bem como com as características do material em análise. Por exemplo, quando se realizam estudos de Paleomagnetismo a determinação da magnetização remanescente natural (MRN) é um parâmetro prioritário.

2.3.1. Suscetibilidade magnética (χ)

A suscetibilidade magnética (χ) fornece informações sobre a mineralogia e a geoquímica dos constituintes e pode definir-se como a capacidade que uma substância tem de adquirir uma magnetização (M), quando colocada na presença de um campo magnético (H).

Todos os materiais que compõem uma amostra possuem suscetibilidade magnética, podendo esta ser negativa (diamagnética) ou positiva (todos os restantes). Assim, o comportamento magnético de uma amostra corresponde ao resultado da contribuição conjunta de todos os seus constituintes.

A suscetibilidade magnética pode ser considerada em função de diversos parâmetros, entre os quais: a) a massa (kg); b) o volume; c) a frequência aplicada (χ_{fd}); d) o valor do campo; e) a temperatura; f) a direção.

A suscetibilidade varia com a temperatura, diminuindo quase sempre com a sua alteração (Fig. 27). Como exceção, importa referir os materiais superparamagnéticos (SP), nos quais aumenta, até valores próximos da T_C e/ou T_N , diminuindo seguidamente para valores muito baixos, acima deste limite. E ainda os materiais diamagnéticos (D), uma vez que nestes o valor de suscetibilidade se mantém constante a diferentes temperaturas (Dearing, 1999).

A suscetibilidade magnética também varia em função da direção, estando diretamente associada à maior ou menor facilidade com que uma substância se magnetiza, se tivermos em conta os diferentes eixos da estrutura cristalina. Esta, designada por anisotropia da suscetibilidade magnética (ASM), tem várias utilizações, entre as quais, a determinação das características petro-estruturais de um plutão granítico, de modo a propor um modelo cinemático de instalação (Sant'Ovaia, 2000).

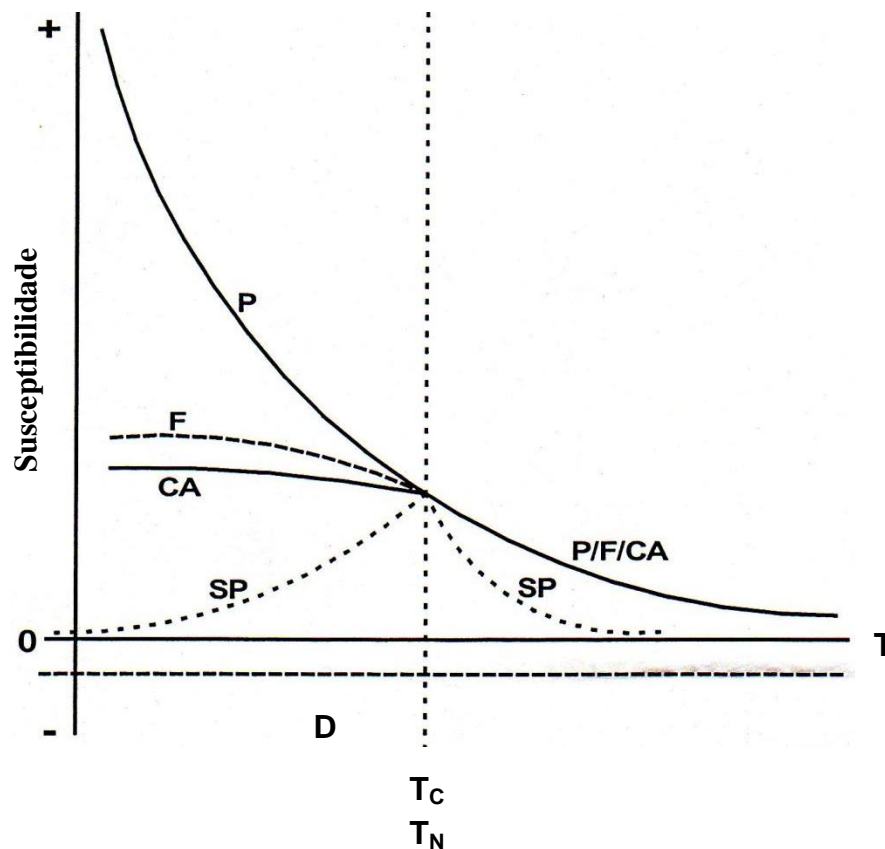


Figura 27 – Relação entre a temperatura e a suscetibilidade magnética para os diversos materiais, paramagnéticos (P), ferrimagnéticos (F), antiferromagnéticos (CA), superparamagnéticos (SP) e diamagnéticos (D). As temperaturas de Curie (T_C) e de Néel (T_N) estabelecem a divisão entre as zonas, de ordem e de desordem (Adaptado de Dearing, 1999).

2.3.2. Magnetização remanescente

Algumas substâncias, na ausência de um campo aplicado, originam um campo magnético. Essa magnetização é designada remanescente ou espontânea (Tauxe, 2005).

Tendo por base os conceitos teóricos, pode considerar-se que todas as rochas e solos apresentam na sua constituição óxidos e/ou sulfuretos de ferro e, assim sendo, possuem um momento magnético permanente, a que se dá a designação de magnetização remanescente natural (MRN). Esta corresponde a um valor conseguido antes de qualquer processo de desmagnetização e, embora determinada em laboratório, corresponde, em média, a um valor muito próximo ao da magnetização remanescente da amostra *in situ* (Gomes, 1996). A MRN corresponde, frequentemente, ao somatório de uma componente primária, contemporânea da

formação da rocha, e a uma ou mais componentes secundárias, decorrentes de processos geológicos que tenham afetado a unidade lítica a estudar. Importa referir que, em estudos de Paleomagnetismo, o principal objetivo é isolar a componente primária para uma correta obtenção de resultados (Gomes, 1996). Um exemplo de informação obtida a partir da componente primária da MRN é a polaridade do campo geomagnético.

São diversos os tipos de magnetização remanescente que podem ser, associados à origem e evolução das rochas ou impostos laboratorialmente.

Magnetização remanescente de origem natural

A magnetização remanescente natural pode ser adquirida por vários processos.

1 - A magnetização remanescente térmica (MRT), característica das rochas ígneas, é estabelecida durante o arrefecimento dos minerais magnéticos a partir de temperaturas inferiores à respetiva T_C . A aquisição da MRT está intimamente associada ao tempo de relaxação (τ)⁴ e à temperatura de bloqueio (T_b)⁵ dos minerais magnéticos que constituem a rocha. Assim, sabe-se que no decorrer do arrefecimento das rochas ígneas há um aumento progressivo do τ e que para cada volume de mineral existe uma T_b para a qual o τ se torna muito curto, da ordem dos 100 a 1000 s. Um pequeno decréscimo na temperatura, abaixo da T_b , promoverá um aumento exponencial no tempo de relaxação, tornando a magnetização estável. Posteriormente, e independentemente de ocorrer uma alteração no campo magnético, a MRT será preservada durante milhões de anos (Gomes, 1996).

2 - A magnetização remanescente química (MRQ) é adquirida durante a formação de minerais magnéticos por alteração química, a temperaturas inferiores à T_C e na presença de um campo magnético. A MRQ ocorre, essencialmente, em rochas sedimentares e pode integrar a componente primária ou secundária da MRN. A primeira situação acontece quando os processos químicos ocorrem durante o crescimento dos minerais magnéticos, como por exemplo, a formação pós-deposicional de hematite em sedimentos vermelhos (Butler, 1992). Se a MRQ adquirida resulta da alteração química dos minerais pré-existentes e/ou de um processo de reaquecimento, então irá integrar a componente secundária. A título de exemplo,

⁴ Tempo de relaxação (τ) – período durante o qual um conjunto de minerais tem capacidade de preservar uma magnetização adquirida.

⁵ Temperatura de bloqueio (T_b) – corresponde à temperatura em que a magnetização fica bloqueada.

registe-se a formação diagénica/autogénica de sulfuretos de Fe e óxidos de Mn e Fe em sedimentos marinhos (Butler, 1992).

3 - A magnetização remanescente detrítica (MRD), também apelidada de “deposicional”, é adquirida durante a deposição e litificação de rochas sedimentares. Embora os grãos detríticos já estejam magnetizados aquando da sedimentação na coluna de água, eles podem sofrer um processo de realinhamento dos minerais magnéticos sob ação de um campo aplicado. Nestas condições adquirem uma MRD que se mantém quando depositados. Contudo, após a deposição, as partículas poderão ainda sofrer um novo realinhamento, por exemplo, pela ação de bioturbação, adquirindo, nestas condições, uma magnetização detrítica pós-deposicional (MRpD) (Tauxe, 2005). A MRD depende de diversos fatores, entre os quais: o tamanho e forma das partículas detríticas, a topografia da bacia de sedimentação, o conteúdo da água ou, ainda, a intensidade de magnetização dos minerais magnéticos.

4 - A magnetização remanescente viscosa (MRV) corresponde a uma magnetização secundária resultante da ação do campo geomagnético, após a formação da rocha. Esta magnetização é adquirida a uma temperatura ambiente com uma exposição prolongada ao campo magnético, aumentando proporcionalmente em função do tempo. Do ponto de vista dos estudos paleomagnéticos, geralmente a MRV é considerada “*undesirable noise*”⁶ (Butler, 1992: 56).

5 - A magnetização remanescente termoviscosa (MRTV) pode ser adquirida por rochas expostas a elevadas temperaturas por longos períodos de tempo resultantes, por exemplo, do processo de metamorfismo. A exposição prolongada a temperaturas abaixo da temperatura de Curie afeta a capacidade das rochas manterem a componente primária da MRN e favorece a aquisição de uma MRTV.

Magnetização remanescente adquirida em laboratório

Em laboratório, a magnetização pode ser imposta de forma distinta.

1 - A magnetização remanescente isotérmica (MRI) resulta da exposição de uma determinada amostra a um campo magnético de elevada intensidade e a uma temperatura constante, geralmente a temperatura ambiente. Este campo magnético é gerado por um eletromagnete ou um magnetizador e a sua maior ou menor intensidade faz variar a magnitude

⁶ “*ruído indesejável*”.

da magnetização (Butler, 1992). Por exemplo, as descargas dos relâmpagos podem igualmente produzir MRI, que pode surgir apenas em áreas pequenas e irregulares, uma vez que o campo geomagnético é muito fraco para criar uma MRI. A aquisição gradual da MRI utiliza-se frequentemente em laboratório, após desmagnetização da MRN e com a finalidade de medir o espectro interno da coercividade de uma rocha. O valor máximo de magnetização que é possível obter designa-se por magnetização remanescente isotérmica de saturação (MRI_S). O campo magnético para que este valor máximo possa ser atingido, varia com a composição mineralógica e o tamanho do grão da amostra.

2 - A magnetização remanescente anisterética (MRA) é induzida numa determinada amostra a partir da utilização de um campo unidirecional e alterno de intensidade decrescente. Quando a aplicação desse campo alterno (H) não é perfeitamente simétrica, cria um efeito de sobreposição de um campo contínuo externo (H₀), podendo assim afirmar-se que a amostra adquire uma MRA com a direção de H₀. Uma das características da MRA é que é magneticamente estável, com uma força coerciva $\approx H + H_0$ e possui uma intensidade que depende da direção relativa de H₀ e H (Román, 1999). Frequentemente utiliza-se a MRA: a) na identificação da mineralogia de uma amostra; b) na avaliação do estado magnético de partículas de magnetite e maghemite; c) como fator normalizante no estudo de paleointensidades relativas em grupos de sedimentos; d) na análise granulométrica de amostras naturais (Johnson *et al.*, 1975; Román, 1999).

2.3.3. Equipamentos laboratoriais

Quando se efetuam estudos nas áreas do Paleomagnetismo torna-se necessário recorrer a um conjunto de equipamentos laboratoriais, nomeadamente: a) magnetómetros, cuja função é medirem as magnetizações remanescentes naturais e induzidas; b) magnetizadores, para magnetizar as amostras; c) pontes de suscetibilidade, que permitem quantificar a suscetibilidade magnética dos materiais; d) desmagnetizadores, que permitem efetuar desmagnetizações de forma gradual (Maher e Thompson, 1999).

Magnetómetros

Estes aparelhos têm a capacidade de detetar um campo magnético em redor de uma amostra (Fig. 28). Como as partículas magnéticas presentes numa amostra poderão ser de

diferentes dimensões e concentrações, os magnetômetros deverão possuir uma resolução para medir momentos magnéticos de diferentes magnitudes. São diversos os tipos de magnetômetros existentes: os criogénicos, de prótons, de vapor de Césio, os astáticos e parastáticos. Em estudos paleomagnéticos recorre-se, com frequência, ao uso de magnetômetros criogénicos e de *fluxgate*. Estes últimos são fiáveis, têm uma precisão de 1 nT, são fáceis e rápidos de utilizar, sendo capazes de medir momentos magnéticos compreendidos entre 10^{-7} Am^{-1} e 10^{-2} Am^{-1} em apenas 15 s.



Figura 28 – Magnetómetro MOLSOIN Minispin.

Ao longo das últimas três décadas, a sensibilidade dos magnetômetros tem vindo a melhorar, o que permitiu que os estudos paleomagnéticos tenham sido estendidos a praticamente todos os tipos de rochas, contrariamente aos iniciais que se limitavam à leitura de basaltos fortemente magnetizados e de red-beds (Butler, 1992).

Magnetizadores

Basicamente, um magnetizador consiste num tubo em espiral com capacidade de gerar um campo pulsado com intensidade máxima de 4 tesla (T) (Fig. 29). É alimentado por uma fonte elétrica comum e em breves segundos pode gerar um campo magnético de 1 T ou mais. Para magnetizar uma amostra pode ainda recorrer-se a um eletromagnete. No entanto, estes tendem a ser mais lentos na sua função (Maher e Thompson, 1999). Sempre que se pretende um campo direto, uniforme e de intensidade até 1 mT, pode recorrer-se a uma bobine com

forma de solenoide e que possui no seu interior um valor de campo constante (Thompson e Oldfield, 1986).



Figura 29 – Magnetizador.

Pontes de Suscetibilidade

As pontes/balanças de suscetibilidade, ou ainda designadas por suscetibilímetros, são instrumentos que podem ser portáteis pelo que se poderão usar em laboratório ou no campo (Fig. 30). Estes aparelhos medem valores de suscetibilidade, através da presença de um circuito eletromagnético que deteta as variações na indutância sempre que uma qualquer amostra é colocada no interior de um solenoide. Têm capacidade de medir os valores de magnetização num vasto raio de ação, bem como são capazes de detetar comportamentos diamagnéticos das amostras. Podem efetuar-se determinações a diferentes frequências e intensidades de campo magnético.

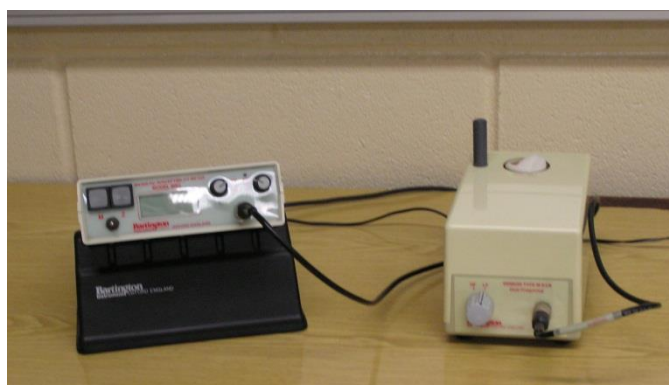


Figura 30 – Ponte de suscetibilidade Bartington e sensor MS2B.

Desmagnetizadores

Este dispositivo consiste num tubo em espiral capaz de gerar um campo magnético de 0,1 T e ainda de um circuito de distribuição permanente de uma corrente alterna redutora (Fig. 31). A maioria dos instrumentos de desmagnetização de campos alternos permite que a amostra, colocada no interior de um copo, efetue um movimento giratório permitindo a desmagnetização de todos os seus eixos (Butler, 1992).



Figura 31 – Desmagnetizador por campos magnéticos alternos.

CAPÍTULO 3. PALEOMAGNETISMO

3.1. Sobre o paleomagnetismo

“O Paleomagnetismo é a área do saber que se ocupa com o estudo da configuração do campo magnético no passado geológico” (Gomes, 1996: 10) e o seu principal objetivo é obter um registo das configurações antigas do campo geomagnético (Butler, 1992).

A existência de um registo do campo paleomagnético depende da presença de minerais ferromagnéticos *s.l.* nas rochas, dos quais se salienta a magnetite. Deste modo, no capítulo anterior foram apresentados os minerais magnéticos, as suas propriedades e relevância para o registo e estudo do magnetismo terrestre, bem como quais os parâmetros magnéticos que importa estudar, nomeadamente quando se efetuam estudos no âmbito do paleomagnetismo⁷.

O registo magnético é particularmente importante nas rochas ígneas e sedimentares, pelo que, para estudos paleomagnéticos, recorre-se com maior frequência a afloramentos destes dois tipos de litologias, comparativamente às rochas metamórficas. Este facto deve-se essencialmente a singularidades associadas à especificidade da génese de cada um destes grupos litológicos. Assim, durante o processo de formação das rochas ígneas, quando a temperatura de um magma cai abaixo da temperatura de bloqueio⁸, os minerais ferromagnéticos *s.l.* guardam a direção do campo magnético seu contemporâneo. Após a solidificação, a rocha formada incorpora um registo que futuramente permitirá a leitura e identificação desse mesmo campo magnético.

Para as rochas sedimentares, o processo de aquisição é distinto. Neste caso, o registo magnético efetua-se aquando da deposição dos sedimentos e durante o processo de diagénese, durante os quais os minerais ferromagnéticos *s.l.* são orientados, segundo a direção do campo magnético em vigor. Assinale-se, ainda, a particularidade de que os minerais, no momento da

⁷ Vide Capítulo 2, pp. 18-43.

⁸ Vide definição na pág. 38.

sedimentação e/ou diagénese, se encontrarem no estado sólido, estado que não facilita a aquisição de um registo magnético. Nestas rochas temos de considerar a magnetização remanescente detritica, a pós-detritica e a química. Por exemplo, nas 'red-beds' temos a magnetização produzida pela deposição e alinhamento dos minerais. A pós-detritica forma-se quando os minerais se reorientam após a sedimentação e a química forma-se quando os minerais precipitam a partir de soluções (fase de cimentação).

Nas rochas metamórficas, uma vez que a sua formação implica a transformação dos minerais presentes noutros sem a mudança do estado físico, ou a aquisição de minerais de outras rochas, o registo do campo geomagnético torna-se mais difícil. Contudo, durante o processo de metamorfismo em que se verifica a reorientação dos minerais, estes ainda poderão sofrer a influência do campo magnético terrestre presente e servir para memória futura.

Considerando as particularidades litológicas referidas, uma unidade de rocha que se pretende utilizar para estudos paleomagnéticos, corresponderá a uma sequência de camadas sedimentares ou unidades de um complexo de rochas ígneas, geralmente um membro de uma formação geológica, uma formação inteira, ou mesmo uma sequência de formações, pelo que a amostragem de rochas deverá seguir um determinado procedimento.

Na figura 32 pode observa-se, esquematicamente, a hierarquização do processo. Assim, aconselha-se a recolha de diversas amostras da mesma unidade litológica, mas em diferentes localidades afastadas, por vezes, várias centenas de km. Em cada ponto de amostragem deverão ser recolhidas diversas amostras (Ex. Amostra E). Em laboratório estas amostras serão subdivididas, até obter uma subamostra de $\approx 10 \text{ cm}^3$ (Ex. SubamostraE3) (Butler, 1992).

Este procedimento evita, por exemplo, a dependência dos resultados a partir de um único local. Ou seja, uma localidade pode ter sido afetada por processos tectónicos ou processos geoquímicos que alteraram os minerais ferromagnéticos *s.l.*, mas será improvável que toda a região tenha sido sistematicamente afetada por essas complicações, permitindo, deste modo, a obtenção dos dados pretendidos (Butler, 1992).

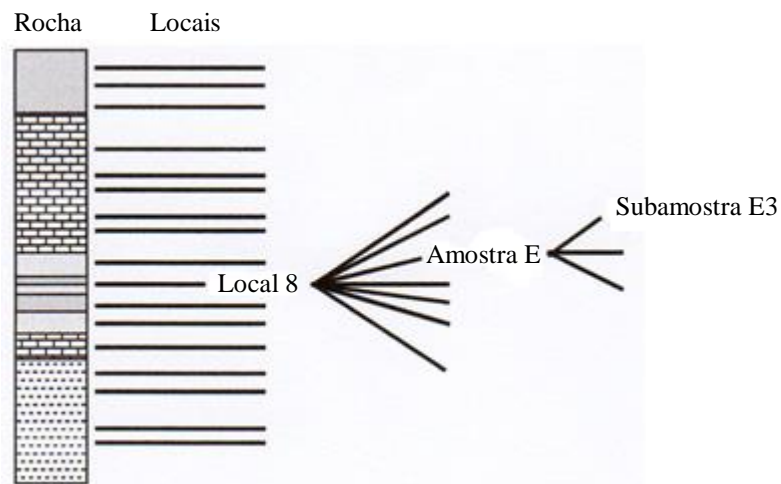


Figura 32 – Hierarquização do processo de amostragem para estudos paleomagnéticos (Adaptado de Butler, 1992).

O processo de amostragem deverá ter em conta um outro procedimento. A recolha da amostra terá de ter em consideração a orientação *in situ*, com a colocação de uma referência orientada em relação ao norte geográfico e ao plano horizontal, ou seja, é necessário registar uma direção e uma inclinação (Fig. 33).

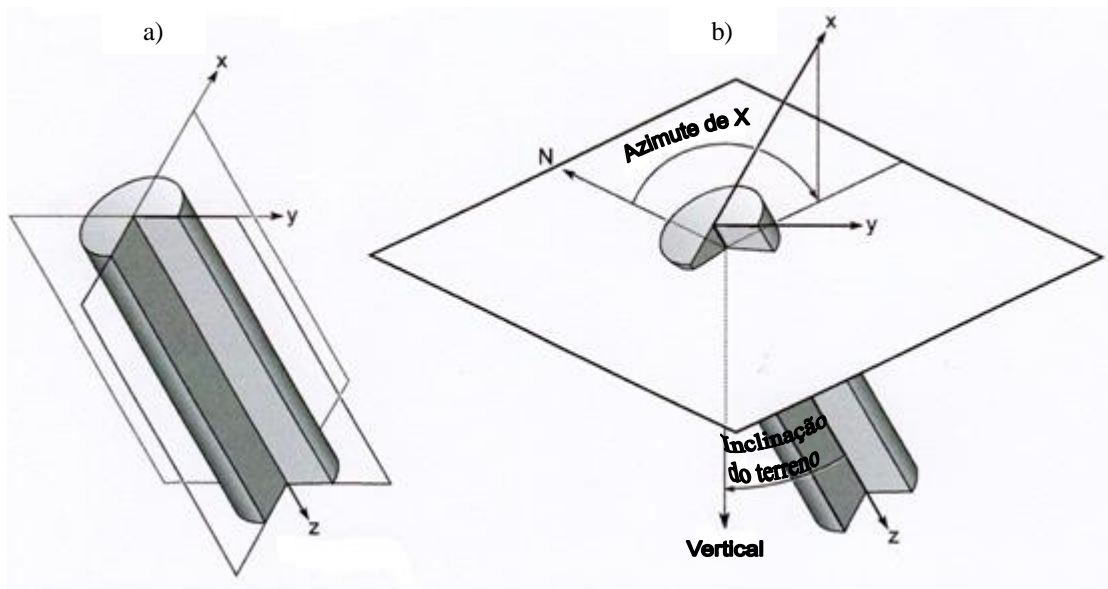


Figura 33 – Sistema de orientação de uma amostra recolhida por uma broca de núcleo portátil. a) representação esquemática da amostra *in situ*. O eixo Z representa a posição em relação ao afloramento, o eixo X em relação ao plano vertical e o eixo Y em relação à horizontal. b) posição dos ângulos de orientação da amostra. Os ângulos medidos são a inclinação do terreno (ângulo de z em relação à vertical) e o azimute geográfico da projeção horizontal do eixo X medido no sentido horário a partir de norte geográfico (Adaptado de Butler, 1992).

A determinação das coordenadas referidas é de extrema importância, uma vez que as medições realizadas no laboratório são feitas com relação a esses eixos de coordenadas da amostra.

Não esquecer que as amostras deverão ser recolhidas e armazenadas em recipientes plásticos e protegidas de qualquer material que possa alterar as suas propriedades magnéticas⁹.

No capítulo anterior já foi feita referência aos diferentes parâmetros magnéticos e à importância da determinação da magnetização remanescente natural (MRN) para os estudos paleomagnéticos, bem como às componentes (primária e secundária) que constituem a MRN⁷. Comumente, a componente primária corresponde àquela que possui maior estabilidade, enquanto a componente secundária é aquela que apresenta uma baixa estabilidade¹⁰. Em laboratório, a remoção da componente de baixa estabilidade, e portanto mais fácil de eliminar, é feita recorrendo a um procedimento de desmagnetização parcial que permite o isolamento dos componentes de alta estabilidade e mais resistentes. Este procedimento corresponderá ao principal objetivo do trabalho de laboratório paleomagnético. Posteriormente, segue-se a fase da análise dos dados da desmagnetização parcial. Sendo uma etapa fundamental para a investigação em paleomagnetismo é, também, complexa e requer um conhecimento aprofundado das técnicas de análise (Butler, 1992). Salientam-se as seguintes técnicas de análise:

a) Teoria da desmagnetização por campos alternos (AF) – consiste em expor a amostra a um campo magnético alterno, em que a forma da onda do campo é sinusoidal e se verifica uma redução linear da magnitude do campo aplicado em função do tempo (Fig. 34).

b) Teoria da desmagnetização térmica – esta técnica consiste no aquecimento da amostra a uma temperatura elevada, mas abaixo da temperatura de Curie dos seus componentes ferromagnéticos, para, de seguida, arrefecer até à temperatura ambiente na presença de um campo magnético igual a zero.

c) Desmagnetização química – técnica que consiste na adição de um ácido diluído (p. ex. NaCl) a uma amostra, em intervalos de tempo crescentes, de modo a remover os grãos de

⁹ Para um conhecimento mais pormenorizado sobre o processo de amostragem para estudos paleomagnéticos, recomenda-se a leitura do capítulo 4 de Butler (1992).

¹⁰ De acordo com Butler (1992: 73) a componente de maior estabilidade, que nem sempre corresponde à primária, designa-se por “*characteristic component of NRM*”.

menores dimensões. Esta técnica é eficaz na remoção de sedimentos de hematite e hematite microcristalina em sedimentos vermelhos, contudo é um processo complicado e demorado.

d) Técnica da desmagnetização progressiva – o procedimento geral desta técnica consiste em desmagnetizar uma amostra, em etapas consecutivas e níveis progressivamente maiores. Após cada desmagnetização é medida a MRN.

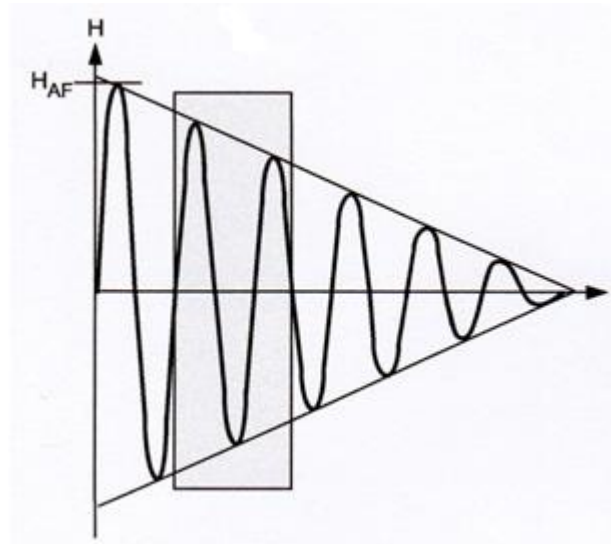


Figura 34 – Representação esquemática da técnica de desmagnetização por campos alternos (AF). A onda do campo magnético (H) apresenta uma forma sinusoidal e a sua amplitude diminui ao longo do tempo. H_{AF} – amplitude máxima do campo magnético (Adaptado de Butler, 1992).

3.2. Aplicações de estudos paleomagnéticos

Sendo que paleomagnetismo a única forma de se obter informação sobre o campo magnético ancestral (Tauxe, 2005), os estudos paleomagnéticos realizados em rochas, um pouco por todo o planeta, permitiram descobertas sobre o seu comportamento no passado, tendo sido fundamentais em algumas das evoluções científicas mais relevantes no âmbito das geociências.

Os dados obtidos sobre o comportamento do campo geomagnético passado indicam que terá havido uma sucessão de migrações e inversões dos polos magnéticos. Particularmente, este comportamento está registado nas lavas basálticas em ambos os lados das dorsais meso-oceânicas, alternando entre períodos de polaridade normal e inversa (Fig. 35).

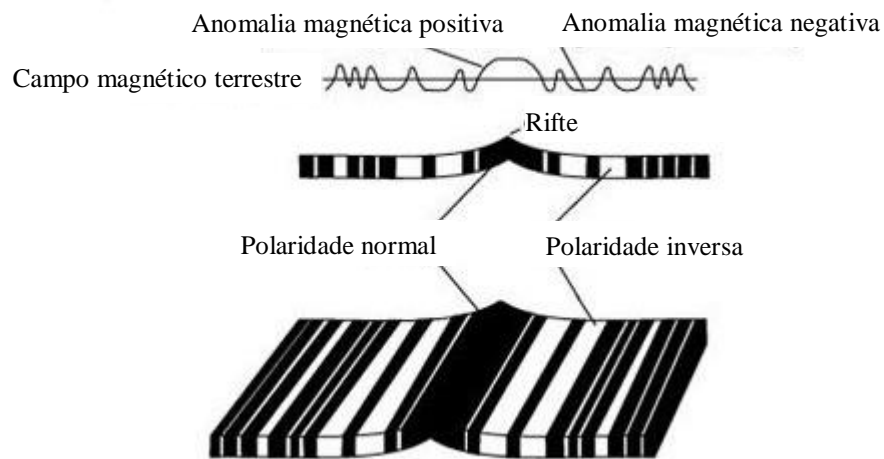


Fig. 35 – Anomalias magnéticas no fundo oceânico (Adaptada de Naked Science Society).

Assim, durante a segunda metade do séc. XX, os estudos geofísicos dos fundos oceânicos, com recursos a magnetómetros, permitiram identificar anomalias magnéticas que traduzem inversões de polaridade. Mas os estudos paleomagnéticos não se desenvolveram apenas nos fundos oceânicos. Determinações efetuadas em rochas continentais contemporâneas (com a mesma idade) situadas em continentes distintos vieram comprovar: a) uma mudança no norte magnético, pois este nem sempre se situou no mesmo local (inversões magnéticas); b) que a localização presente dessas rochas difere da indicada pelas mesmas em tempos passados. Ou seja, a latitude atual difere da paleolatitude, concluindo-se que os continentes já se situaram em locais diferentes dos atuais.

Assim, a interpretação dos resultados paleomagnéticos, das rochas dos fundos oceânicos e continentais, permitem-nos saber que o campo magnético sofreu inversões de polaridade, bem como qual a posição e evolução das placas litosféricas, informação fundamental para a construção da Teoria da Tectónica de Placas.

3.3. Estudos de paleomagnetismo em Portugal¹¹

Nesta secção é apresentada uma sùmula dos estudos paleomagnéticos que têm vindo a ser realizados no domínio do território português. Contudo, muitos destes trabalhos estão integrados em estudos mais amplos, à escala da Ibéria.

¹¹ No anexo II apresenta-se uma Escala cronostratigráfica que poderá servir de apoio à leitura deste subcapítulo.

Os primeiros trabalhos remontam à década de sessenta do séc. XX, com os estudos de Watkins e Richardson (1968), em amostras do complexo basáltico de Lisboa-Mafra. Estes autores efetuaram determinações da MRN em 39 amostras provenientes de 12 escoadas, tendo concluído que o polo magnético virtual da região era significativamente diferente do polo magnético médio da Europa, no Eocénico. De entre as suas conclusões há ainda a salientar a indicação de que a rotação da Ibérica ter-se-á iniciado antes do Eocénico.

Ainda no final da década de 60 do século passado, Van Der Voo (1969) efetuou determinações em amostras de *red beds* das bacias portuguesas. Este investigador estudou amostras de Grés de Silves a norte do Tejo, em Santiago do Cacém, e ainda no Algarve, bem como a unidade do Carbónico superior da região do Buçaco. O mesmo autor apresenta ainda resultados obtidos em rochas ígneas: complexo basáltico de Lisboa e Maciços de Sintra e Monchique. A partir destes dados, concluiu que a Ibéria terá sofrido uma rotação anti-horária com 35° de amplitude.

Em 1971, Van Der Voo e Zijdeveld apresentam resultados de um estudo com 176 amostras de 33 locais diferentes, pertencentes a 15 escoadas do complexo basáltico de Lisboa. As suas conclusões vêm contrariar Watkins e Richardson (1968), pois afirmam que a rotação da Ibéria deverá ter ocorrido num intervalo de tempo entre o Triásico e o Cretácico superior-Eocénico e não deverá ter continuado depois deste último.

Perroud e Bonhommet (1981) estudaram amostras de grés vermelhos e de diabase do Câmbrico-Ordovícico da região do Buçaco. Os dados obtidos contribuíram para a proposição de um modelo sobre a evolução paleogeográfica no Ordovícico-Carbónico em especial para a Placa Armoricana.

Na região do Alentejo, foram desenvolvidos estudos paleomagnéticos e geocronológicos no Filão de Messejana. Nestes estudos, Schott *et al.* (1981) calcularam um polo paleomagnético com idade Jurássico inferior a médio para a Iberia. Concluem, ainda, que a implantação do Filão da Messejana deverá ter ocorrido num intervalo de tempo correspondente a 200-175 Ma. A idade do Filão foi entretanto revista por Sebai *et al.* (1991) que, a partir de novos dados, apontaram a sua formação para idades da base do Jurássico.

Também no Alentejo, Perroud *et al.* (1985) amostraram rochas ígneas do Maçico de Beja. Os dados permitiram concluir que o Sul da Iberia esteve associado ao continente Africano até ao final dos eventos de colisão da Orogenia Hercínica (\approx 363/245 Ma). Concluem igualmente que, durante o Devónico superior, a Ibéria Norte e Sul terão estado

separadas cerca de 15° em latitude. E, ainda, que o limite sul da Ibéria Norte e da Placa Armoricana terá sido, simultaneamente, a zona de cisalhamento Porto-Tomar (e.g. Gama Pereira, 1987).

Steiner *et al.* (1987), a partir de amostras jurássicas dos perfis de Brenha (Carixinano, Aaleniano e Batoniano) e do Cabo Mondego (Aaleniano e Bajociano), obtiveram resultados com valores de J_0 muito baixos e uma componente de magnetização coincidente com a do campo atual.

Galdeano *et al.* (1989) amostraram rochas cretácicas da região de Lisboa, obtendo resultados que permitiram apresentar modelos cinemáticos para a Ibéria concordantes com Van Der Voo (1969). Também resultados geocronológicos e paleomagnéticos em rochas ígneas dos maciços de Sintra, Sines e Monchique, bem como em dois outros corpos ígneos de menores dimensões, Salema e Burgau, permitiram apresentar um modelo cinemático para a placa Ibérica. Neste caso, indicavam uma rotação de 30° no sentido horário, contrário ao anteriormente proposto por Van Der Voo (1969) (Storetvedt *et al.*, 1987, 1988, 1990). Resultados ulteriores, em amostras do maciço de Sines, apresentados por Hailwood *et al.* (1991) põem em causa a hipótese apresentada por Storetvedt *et al.* (1990) para a placa Ibérica.

O maciço de Monchique tem continuado a suscitar o interesse de investigadores, que se dedicam ao paleomagnetismo (e.g. Montenegro *et al.*, 1988; Monteiro *et al.*, 1991; Sant'Ovaia *et al.*, 1992; Gomes *et al.*, 1992; Gomes *et al.*, 2000).

Estudos com rochas calcárias de Lordemão (Hetangiano), Póvoa das Pêgas (Domeniano), Cabo Mondego (Aaleniano), Ançã (Bajociano) e Salmanha (Cenomaniano), permitiram o estudo de MRN e suas componentes, tendo-se registado valores de J_0 na ordem de 10^{-5} a 10^{-6} Am⁻¹. O cálculo das direções isoladas corresponde a uma componente de polaridade normal (Gomes, 1990).

Galbrun *et al.* (1990) efetuaram estudos paleomagnéticos e magnetoestratigráficos em amostras de rochas carbonatadas do limite Jurássico-Cretácico no perfil de Bias do Norte na região algarvia. Litologias análogas foram estudadas por Sen *et al.* (1992) que desenvolveram trabalhos de interpretação magnetoestratigráfica em perfis de Foz da Fonte e Trafaria, correspondentes a terrenos do Miocénico inferior da Bacia do Tejo.

Na década de noventa do século passado, Parés e Dinarés (1994) publicaram um estudo paleomagnético com mais de duas centenas de amostras de vinte e um locais da Ibéria. Parte da amostragem foi efetuada em terrenos do Triásico no Algarve (Grés de Silves). Os dados

relativos a esta área geográfica sugerem que, o paleo-polo do Algarve indicia uma rotação associada à evolução da margem atlântica ibérica durante a orogenia Alpina. Também em 1994, Henriques, *et al.* (1994a e b), obtiveram dados paleomagnéticos em rochas carbonatadas que permitiram estabelecer o limite Aaleniano-Bajociano no perfil do Cabo Mondego.

Gomes (1996), apresentou dados de paleomagnetismo em rochas ígneas básicas do Triásico superior e em dois tipos de rochas sedimentares: a) calcárias do Jurássico inferior e médio; b) gresosas do Carbónico superior e Triásico superior. Geograficamente, estas litologias foram recolhidas na Bacia Lusitânica, no Maciço Hespérico e na Orla Algarvia. Os resultados permitiram identificar registo de polaridade nas litologias estudadas, bem como “*levantar hipóteses quanto ao posicionamento temporal de algumas das unidades estudadas*” (Gomes, 1996: 3).

Mais recentemente, estudos paleomagnéticos efetuados por Moreau, *et al.* (1997) confirmaram a idade do limite Jurássico-Cretácico atribuída por Galbrun *et al.* (1990) às rochas carbonatadas da região algarvia.

Um estudo efetuado por Gomes (2000), em perfis de Tufos de Condeixa, permitiu a obtenção de registos direcionais que marcam a ocorrência de um Criptocrono de polaridade inversa no perfil de Condeixa-a-Velha. Os valores obtidos permitiram, ainda, estabelecer possíveis relações entre as propriedades magnéticas, a origem das partículas magnéticas e o registo de variações paleoclimáticas.

Novos dados do maciço de Monchique (Algarve, sul de Portugal) vieram fornecer informação para o estudo da evolução tectónica desta morfoestrutura associada à rotação da Ibéria, durante o período Cretácico (Gomes e Gama Pereira, 2004).

CAPÍTULO 4 – TECTÓNICA DE PLACAS

4.1. Síntese histórica

O modelo de organização da superfície do globo terrestre em placas tectónicas teve origem no século XX, com a Teoria da Tectónica¹² de Placas. Pode considerar-se que o desenvolvimento desta teoria marcou o avanço do conhecimento geocientífico nos últimos 50 anos (Ribeiro, 2011). Para Oreskes (1999), esta foi mesmo a teoria unificadora da Geologia moderna. Outros, ainda, afirmam que a sua relevância é comparável a revoluções noutras ciências,

“A Teoria da Tectónica Global revolucionou as Geociências do mesmo modo que a Seleção Natural modificou as Biociências e as Teorias da Relatividade e da Gravitação Universal mudaram os conceitos da Física.”
(Tassinari *et al.*, 2009: 80).

Contudo, as ideias mobilistas são muito anteriores ao advento da Tectónica de Placas.

Abraham Ortelius (1527-1598), um geógrafo holandês, comumente reconhecido como o criador do primeiro atlas moderno, o *Theatrum Orbis Terrarum*¹³, sugeriu, em 1596, que os continentes não deveriam ter tido sempre a mesma posição. As formas das costas dos continentes Americano, Europeu e Africano suscitaram-lhe a ideia de que teriam estado unidas em períodos passados, opinião partilhada anos mais tarde, em 1620, pelo filósofo inglês Francis Bacon (1561-1626). No entanto, numa sociedade marcadamente religiosa, surgiu, em 1756, pelas mãos do teólogo alemão Theodor Lilienthal (1717-1781), a explicação

¹² Do grego *τεκτονική*, a ‘arte de construir’.

¹³ “Teatro do Mundo”.

bíblica para esta observação “*And unto Eber were born two sons: the name of one was Peleg; for in his days was the Earth divided*”(First Book of Moses, 10:25”¹⁴ (Frisch *et al.*, 2011: 2).

No séc. XIX, em 1858, António Snider-Pellegrini (1802-1885), geógrafo francês, propôs pela primeira vez o movimento vertical dos continentes e antecipou em algumas décadas o conceito de mobilidade. No mesmo século, o Reverendo britânico Osmond Fisher (1817-1914) publicou, em 1881, a obra *The Physics of the Earth's Crust*, considerada o primeiro tratado de geofísica, na qual prevê a mobilidade de uma crosta sólida assente num interior da Terra em fusão. Contudo, foi Alfred Wegener (1880-1930) (Fig. 36), meteorologista alemão quem, em dois artigos científicos publicados em 1912, afirmou que há cerca de 200 Ma, terá existido um único supercontinente que designou por Pangeia¹⁵ (ou Pangea). Este ter-se-á fraturado no início do Jurássico¹⁶, dando origem à disposição atual dos continentes (Fig. 37). A sua hipótese foi apresentada na *Geological Society in Germany* e, assim, nasceu a ideia da deriva dos continentes – *Kontinentalverschiebung*¹⁷.



Figura 36 - Alfred Wegener, 1925.

(<http://pt.wikipedia.org/>)

A nacionalidade alemã de Wegener, num período pós-Grande Guerra (1914-1918) e o recurso à sua língua materna, aliada à profissão de meteorologista, não lhe deram grande credibilidade perante a sociedade científica em geral e os geólogos e geofísicos em particular.

A sua obra *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*¹⁸, publicada inicialmente em 1915 em alemão, foi sendo reeditada com novas atualizações até 1929, ano em que foi publicada a 4.ª e última edição em vida do autor. Apenas em 1922 (3.ª ed.) a publicação é traduzida para inglês, pelo que só nessa altura os geólogos americanos fixaram a sua atenção nas ideias de Wegener (Oreskes, 1999).

¹⁴ “Heber teve dois filhos. O nome de um era Peleg, porque no seu tempo foi dividida a terra (...)” *Gen. 10:25*.

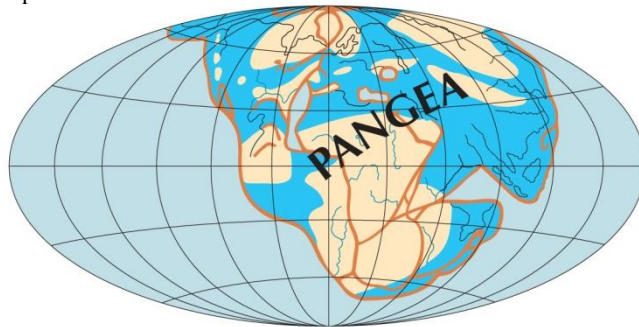
¹⁵ Do grego *πᾶν* (*pan*) ‘todo’ e *γῆ* (*gea*) ‘terra’; Literalmente “all the Earth” (Kearey *et al.*, 2009: 3).

¹⁶ A data para o início da separação de Pangeia não é consensual. As opiniões variam num intervalo de tempo compreendido entre o Triásico e o Cretácico (Pratt, 2000).

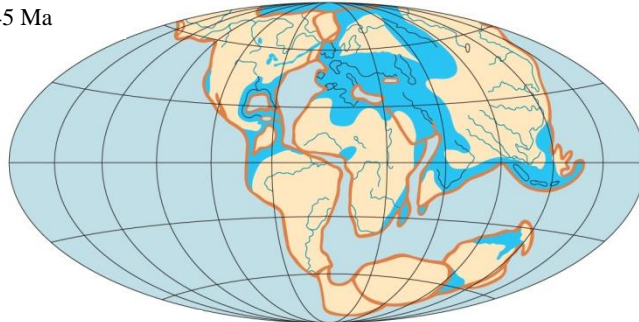
¹⁷ “A deriva continental”.

¹⁸ “A origem dos continentes e oceanos”.

Carbónico superior 305 Ma



Eocénico 45 Ma



Pleistocénico inferior 1,5 Ma

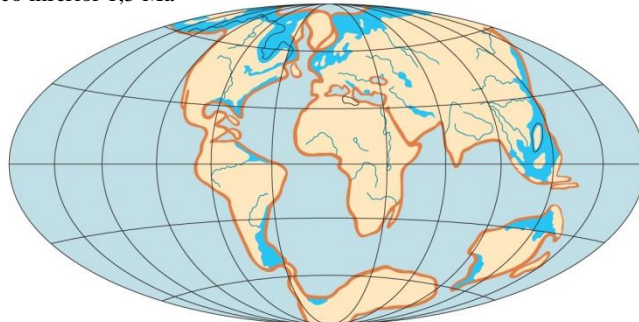


Figura 37 – Reconstrução de Alfred Wegener da separação e do movimento de massas continentais do planeta (as áreas azuis mais escuras representam mares rasos). (adap. a partir de Wegener, A., *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, 1915) (Adaptado de Barton *et al.*, 2007).

O surgimento desta nova visão da Terra foi muito controversa e, pese embora os argumentos defendidos por Wegener, muitos foram os seus opositores, de entre os quais se destaca o astrónomo e geofísico britânico Harold Jeffreys (1891-1989). Wegener apoiava-se:

- 1 - Na continuidade das rochas nas margens de continentes distantes (argumentos geológicos). Por exemplo, a cadeia de montanhas da Serra do Cabo na África do Sul, teria continuação na Sierra de la Ventana na Argentina, ambas com orientação leste-oeste (Tassinari *et al.*, 2009).
- 2 - Nos vestígios fósseis em continentes atualmente separados (argumentos paleontológicos). Como é o caso da flora de *Glossopteris*, cujos restos fossilíferos presentes na África, no

Brasil, na Austrália, na Índia e na Antártica, entre outros lugares, pressupõem a união física destes locais em tempos passados (Tassinari *et al.*, 2009).

3 - No encaixe perfeito do continente sul-americano no africano (argumento morfológico).

4 - Em evidências de mudanças climáticas em alguns continentes (argumentos paleoclimáticos). Relativamente a este último argumento, Wegener apontava para a presença de uma glaciação generalizada no Permo-Carbonico que teria afetado a maior parte dos continentes do Sul, enquanto os atuais norte da Europa e Gronelândia tinham experimentado condições tropicais (Kearey *et al.*, 2009) (Fig. 38). Estas condições explicariam a ausência de depósitos glaciares dessa época no hemisfério norte, bem como a presença de extensas florestas tropicais que terão originado os atuais depósitos de carvão da América do Norte e Europa (Tassinari *et al.*, 2009), evidências de que estes territórios teriam tido uma localização diferente da atual.

Além das várias edições do seu livro, Wegener também publicou as suas ideias no *Geologische Rundschau*, o principal jornal de Geologia alemão. Em 1926, nos Estados Unidos, numa conferência sobre a temática patrocinada pela Associação Americana de Geólogos do Petróleo (Oreskes, 1999), apresentou também um resumo da sua teoria. O seu livro foi amplamente discutido em jornais de língua inglesa, tais como o *Nature*, *Science* e o *Geological Magazine*.

À época, outros geólogos também propuseram ideias sobre a mobilidade dos continentes, entre os quais se salientam os americanos: Frank B. Taylor (1860-1938), Howard B. Baker e William H. Pickering (1858-1938). No entanto, o trabalho apresentado por Wegener foi de todos o mais desenvolvido e mais amplamente pesquisado (Oreskes, 1999).

Apesar das vozes a favor e das evidências apresentadas em defesa desta teoria, as resistências foram muitas, nomeadamente dos cientistas norte americanos membros da U.S. National Academy of Sciences, professores universitários e presidentes de sociedades científicas. Isto porque o modelo de Wegener possuía uma grande fragilidade: a justificação para a força motriz por detrás da deriva continental. De um modo breve, para Wegener, os continentes eram constituídos por um material menos denso do que as bacias oceânicas e, como tal, os continentes flutuavam num equilíbrio hidrostático sobre o substrato oceânico mais denso. No que respeita ao movimento em si, defendia que se efetuava essencialmente na horizontal e que resultava da ação de forças conhecidas, derivadas da: a) rotação da Terra; b) precessão do eixo da Terra; c) fricção das marés (Frisch *et al.*, 2011). No entanto, para os seus

opositores, estas forças aparentavam ser demasiado fracas para movimentar continentes. O desconhecimento das propriedades plásticas da crosta e do manto e a tecnologia dessa época tornaram impossível comprovar as suas explicações.

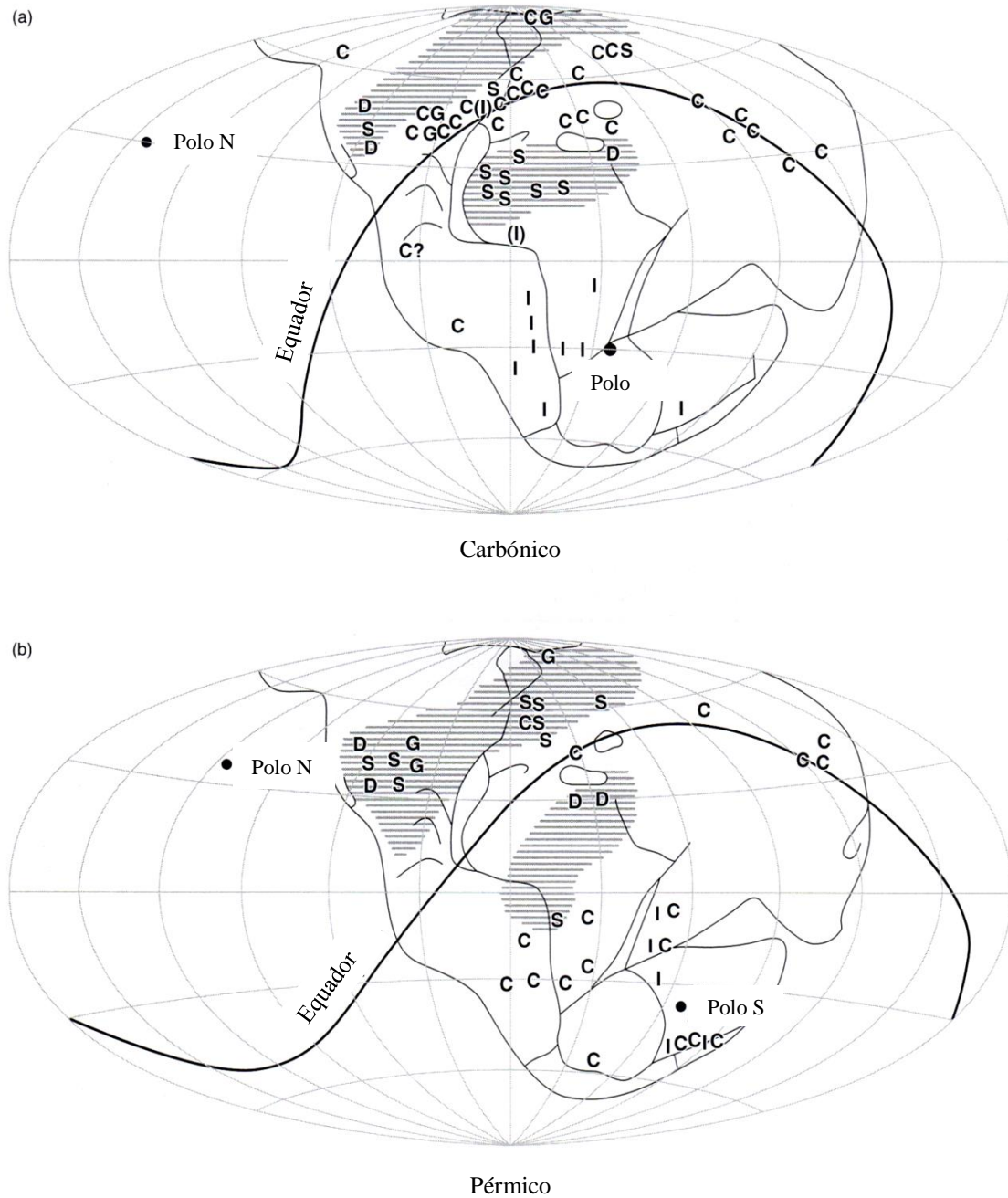


Figura 38 – Reconstrução da Pangeia de acordo com Wegener, com os indicadores paleoclimáticos, os paleopolos e o equador. a) Carbónico e b) Pérmico. I- Gelo; C – Carvão; S – Sal; G – Gesso; D – Arenito do deserto; áreas tracejadas – zonas áridas (Adaptado de Kearey *et al.*, 2009).

Houve outros geólogos como o sul-africano, Alexander Du Toit (1878-1948), o britânico Arthur Holmes (1890-1965), o suíço Émile Argand (1879-1940) e o australiano Sam Carey (1911-2002) que, advogando a Teoria da Deriva dos Continentes, procuravam sustentar a sua aceitação pela comunidade científica. Du Toit chegou mesmo a aprimorar a ideia de Wegener, tendo proposto que a Pangeia se terá fragmentado em duas grandes massas continentais: uma a norte, a Laurásia (correspondendo às atuais América do Norte, Gronelândia e Ásia); outra a sul, a Gondwana (correspondendo às atuais América do Sul, África, Austrália, Antártica, Nova Zelândia, Madagáscar e Índia) (Tassinari *et al.*, 2009) (Fig. 39)

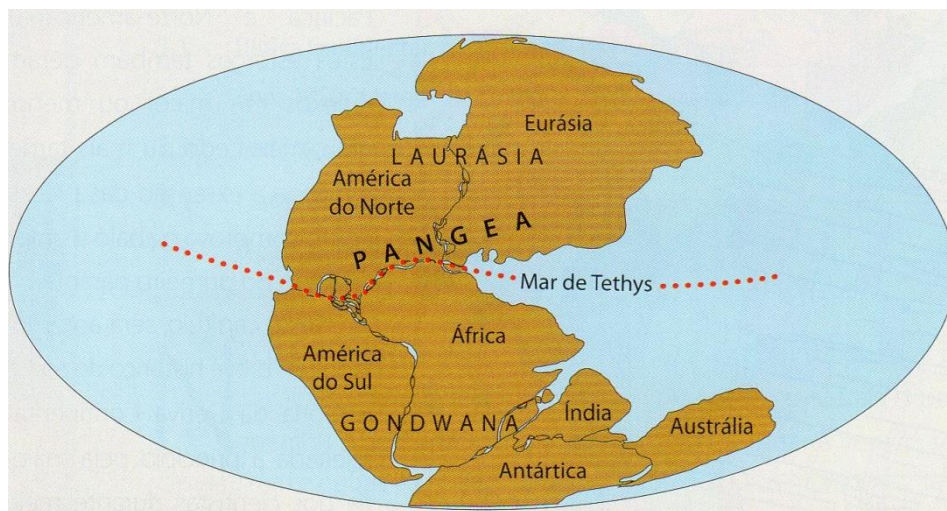


Figura 39 – O supercontinente Pangeia constituído pelos supercontinentes Laurásia, a norte, e Gondwana, a sul da linha vermelha pontilhada. Este último supercontinente inclui os atuais continentes da América do Sul e África, entre outros (Tassinari *et al.*, 2009).

O termo Gondwana tinha sido já utilizado por Eduard Suess (1831-1914), geólogo austríaco que propôs, em 1861, a existência de um antigo supercontinente “*Gondwanaland*”, que teria congregado a maioria da superfície emergida do globo e estaria ligado entre si por pontes de terra, pelas quais as espécies antigas teriam viajado, sendo aquelas posteriormente inundadas pelos oceanos (Oreskes, 1999). Este contracionista, que dedicou a sua vida ao estudo dos Alpes, baseou as suas conclusões na descoberta de fósseis de uma samambaia presente em todos os continentes modernos que para ele teriam formado a Gondwana.

Os trabalhos desenvolvidos por Arthur Holmes (Fig. 40) foram no sentido de explicar a mobilidade das massas terrestres. O modelo, que desenvolveu entre 1927-1929, apresentava uma solução para o mecanismo que permitia uma deslocação dos continentes. Propôs que a mobilidade dos continentes se devia à existência de correntes de convecção cuja fonte de energia advinha do decaimento dos minerais radioativos (Kearey *et al.*, 2009). Holmes, que foi pioneiro na datação de rochas por métodos radioativos, sugeriu que o interior da Terra era quente devido ao calor libertado durante a decomposição das pequenas quantidades de elementos radioativos existentes nas rochas. Os materiais mais quentes ascenderiam próximo da superfície da Terra, onde arrefeceriam, para voltarem a mergulhar para o interior do globo como material mais frio e mais denso. Estes movimentos constituíam as correntes de convecção que promoviam a deslocação das massas continentais (Fig. 41).



Figura 40 – Arthur Holmes, (Oreskes, 1999).

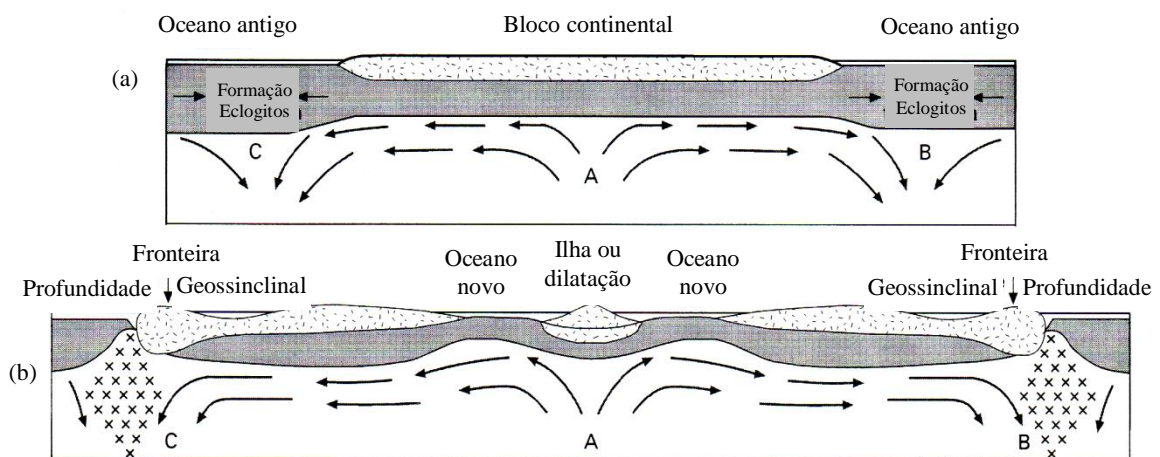


Figura 41 – Modelo de convecção proposto por Holmes (1928) quando se acreditava que a crosta oceânica era uma continuação da “camada basáltica continental”.

(a) – Correntes ascendentes em A colocam o continente sob tensão acabando por fratura-lo com conseqüente obstrução do oceano antigo. Ao mesmo tempo a formação de eclogitos, em B e C, onde as correntes subcontinentais se juntam, às suboceânicas, num sentido descendente. A densidade elevada do eclogito faz com que ele afunde e abra espaço para os continentes avançarem. (b) – O afundamento do eclogito em B e C contribui para a circulação convectiva principal. Em profundidade o eclogito derrete para formar magma basáltico que ascende em A preenchendo as lacunas no continente fraturado, formando novo solo oceânico (Adaptado de Kearey *et al.*, 2009).

Ainda assim, o ceticismo em volta da deriva continental permaneceu entre grande parte da comunidade científica, nomeadamente entre os geólogos americanos, a um dos quais se atribui a frase, “*I only accept the theory of continental drift if the head of a fossil will be found in Africa and the tail in South America*”¹⁹ (Frisch, 2011: 3).

Nas décadas seguintes, o interesse pelo estudo dos fundos oceânicos decorrente da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), conjuntamente com outros estudos geológicos e geofísicos, nomeadamente os associados ao magnetismo das rochas, vieram contribuir para o desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas.

Na década de 60, do séc. XX, havia já informação acerca de 60% da superfície terrestre coberta por águas profundas, permitindo a compreensão da origem e história das bacias oceânicas. A informação permitiu concluir que, ao contrário dos continentes, as zonas oceânicas tinham uma idade geológica recente, provavelmente inferior a 200 Ma. Além disso, permitiu concluir também que os movimentos horizontais ou laterais tinham sido muito importantes durante a história da sua formação (Kearey *et al.* 2009). Estes resultados vieram surpreender e até mesmo contrariar as expectativas da comunidade de geólogos.

Harry Hess (1906-1969), geólogo americano, desenvolveu estudos na área da morfologia dos fundos oceânicos, em particular dos arcos de ilhas com vulcanismo ativo e intenso. Os dados obtidos permitiram-lhe apoiar a expansão dos fundos oceânicos ao nível dos ríftes e a sua destruição nas fossas oceânicas. Deste modo, em 1962, surgiu a Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos de Hess, cujo mecanismo foi também proposto pelo seu contemporâneo Robert Dietz (1914-1995) o qual não ficou associado ao pioneirismo do modelo, porque Hess se antecipara na divulgação da sua teoria (Fig.43).



Figura 42 – Harry Hess.

(Princeton University Archives)

¹⁹ “Eu só aceitarei a teoria da deriva dos continentes, se a cabeça de um fóssil for encontrada na África e a cauda na América do Sul.”

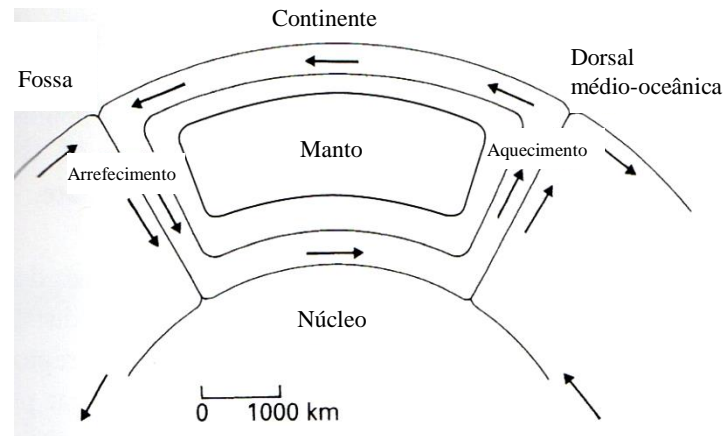


Figura 43 – O conceito de Expansão dos fundos oceânicos (depois de Hess, 1962) (Adaptado de Kearey *et al.*, 2009).

Fred Vine (1939-) e Drummond Matthews (1931-1997) (Fig. 44), ambos geólogos marinhos e geofísicos ingleses, usando o contributo dos dados paleomagnéticos, vieram provar os estudos de Hess e colaboraram para a formulação da Teoria da Tectónica de Placas, durante a década de 60 do Séc. XX (The Geological Society²⁰).

Em 1963, publicaram um artigo na *Nature* intitulado *Magnetic Anomalies Over Oceanic Ridges*, no qual esta dupla mostrou a correlação existente entre as anomalias magnéticas existentes nos fundos oceânicos e as inversões do campo geomagnético. Assim, e de acordo com o proposto por Hess e Dietz, o crescimento da base dos fundos oceânicos, a partir da lava expelida ao longo do eixo da dorsal, deveria originar faixas sucessivas, paralelas ao rifte e simétricas de ambos os lados. Os minerais ferromagnéticos *s.l.*, presentes em cada uma delas, deveriam estar magnetizados, de acordo com o campo magnético existente à época da solidificação dessas lavas. Os perfis magnéticos realizados na dorsal médio-oceano Atlântica mostraram ser verdade esta proposição (Fig. 45). Os mapas



Figura 44 – Drummond Matthews (esq.) e Fred Vine (dir.). (Adaptada de <http://www.balzan.org/en/home.html>)

²⁰ <http://www.geolsoc.org.uk/en/Plate-Tectonics/Chap1-Pioneers-of-Plate-Tectonics/Vine-and-Matthews>.

magnéticos obtidos mostraram um padrão “zebrado”, alternando as faixas de rochas com polaridade normal e polaridade inversa.

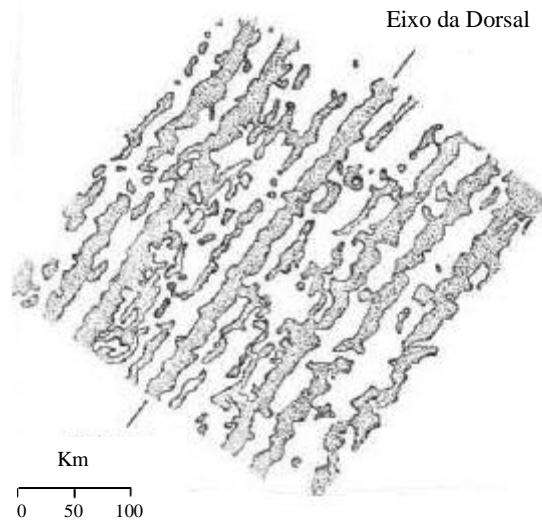


Figura 45 – Perfil magnético da dorsal médio-oceano Atlântico. A escuro estão representadas as faixas com polaridade normal; a claro as de polaridade inversa (Adaptado de Cox *et al.*, 1967).

A ideia da mobilidade do fundo oceânico mostrou que, embora a sua conceção base estivesse certa, a utilização da expressão “deriva continental” estaria incorreta, pois comprovou-se que toda a superfície terrestre - quer continentes, quer fundos oceânicos - tinha mobilidade. Como tal, em lugar da Teoria da Deriva dos Continentes, surgiu a Teoria da Tectónica de Placas, o novo paradigma das ciências geológicas (Tassinari *et al.*, 2009).

Esta hipótese acabou por ficar conhecida como a hipótese de Vine-Matthews-Morley, reconhecendo, igualmente, o trabalho desenvolvido pela geofísico canadiano Lawrence Morley (1920-) que, de um modo independente, expôs a mesma ideia (The Geological Society). Morley, um ano antes de Vine e Matthews, apresentou um artigo no qual defendia a esta hipótese, mas não foi aceite pelos revisores por considerarem a ideia absurda (Cox, 1973 *in* Frisch *et al.*, 2011). A publicação desse artigo acabou por concretizar-se em 1964. Para além destes, outros nomes devem ser associados à apresentação da Teoria da Tectónica de Placas pelo contributo que prestaram: a) o geofísico canadiano, Tuzo Wilson (1908-1993), que explicou o fenómeno das falhas transformantes; b) os geofísicos americanos, Allan V. Cox (1926-1987), pioneiro no desenvolvimento da escala do tempo geológico e William J. Morgan (1935-); c) o geofísico britânico e professor da universidade de Cambridge, Dan McKenzie (1942-); d) o geofísico francês, Xavier Le Pichon (1937-). Repare-se que quer os

contributos, quer os trabalhos desenvolvidos sobre a Tectónica de Placas surgiram de ambos os lados do Atlântico, pelo que perde interesse a informação sobre quem foi o primeiro, ou a data exata da sua formulação. Este processo foi gradual e cumulativo, como é frequentemente comum nas ciências em geral.

De acordo com Nitecki *et al.* (1978), em 1961, apenas 27% dos geólogos ocidentais tinham aceiteado e apoiado a Teoria da Tectónica de Placas. Contudo, em meados da década de 70 eram já 87%, os geólogos que a reconheciam. A partir dessa altura, e embora evidenciando diversos pormenores e lacunas que subsistem ainda até aos nossos dias, a Tectónica de Placas passou a ser a teoria dominante e universal na explicação da dinâmica terrestre.

4.2. Noções básicas sobre as placas tectónicas

Segundo a Teoria da Tectónica de Placas (TP), a litosfera²¹ terrestre é constituída por um conjunto de fragmentos que encaixam como peças de um puzzle. Cada um destes fragmentos, designado por placa tectónica ou placa litosférica, inclui uma parte do manto superior, bem como toda a crosta (ou crosta) terrestre. As placas podem incluir crosta continental, crosta oceânica ou ambas (Fig. 46).

Nem todas as placas tectónicas possuem a mesma dimensão (Fig. 46). Na atualidade, as maiores são a placa Euroasiática, a Norte-Americana, a Indo-australiana, a Africana e a do Pacífico. De menor dimensão são, por exemplo, a placa Filipina, Arábica e a de Nazca.

No seu conjunto, estas placas formam a litosfera, camada mais externa do globo terrestre, cuja espessura total pode variar entre os 100 e os 200 km. A zona mais fina é aquela que se situa por baixo dos oceanos e a mais espessa por baixo dos continentes (Tassinari *et al.*, 2009). A parte que se refere à crosta apresenta uma espessura média de 30 km, mas pode variar entre em os 10 e os 70 km na zona continental, e os 6 e os 7 Km na oceânica, respetivamente. Os restantes km fazem parte do manto, localizado imediatamente abaixo da crosta, dela separado pela descontinuidade de Mohorovicic (Moho) (Debelmas e Mascle, 2002).

²¹ Do grego λίθος (*lithos*) ‘rocha’.

geralmente, é composta por associações minerais metamórficas de alto grau (Kearey *et al.*, 2009).

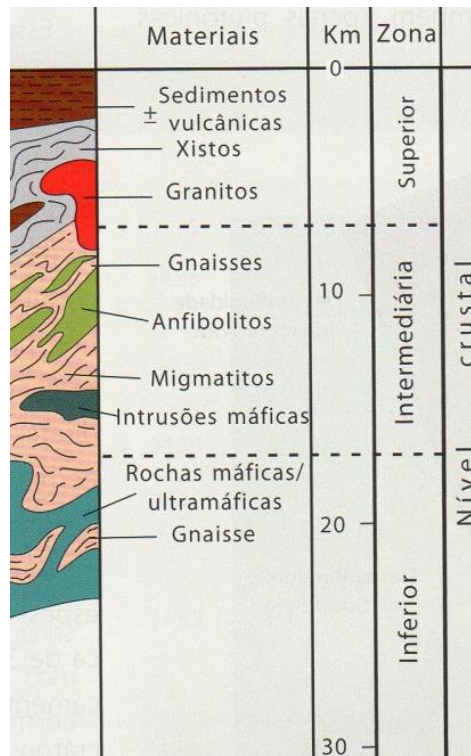


Figura 47 – Divisão da crosta continental em três partes e respectivas litologias (Adaptado de Tassinari *et al.*, 2009).

No que respeita à crosta oceânica, diga-se que ela apresenta uma litologia distinta, caracterizada pela ausência de uma camada granítico-gnaissica. Também, nesta crosta podemos encontrar diferenças entre a parte superior e inferior. A superior com uma alternância de sedimentos e escoadas basálticas; a inferior com uma sequência semelhante à registada na figura 48. Analisando a sequência na direção do interior da Terra, encontraremos uma camada dolerítica maciça, um conjunto gabroico, a que se seguem cumulos ultrabásicos. Uma particularidade da crosta oceânica, ao nível das dorsais oceânicas, é que, nesta, não existem sedimentos, nem crosta oceânica inferior. E sob a crosta superior encontra-se uma mescla de materiais que poderá “*tratar-se de um manto superior anormal, mais ou menos invadido por produtos de fusão parcial (...)*” (Debelmas e Mascle, 2002: 15).

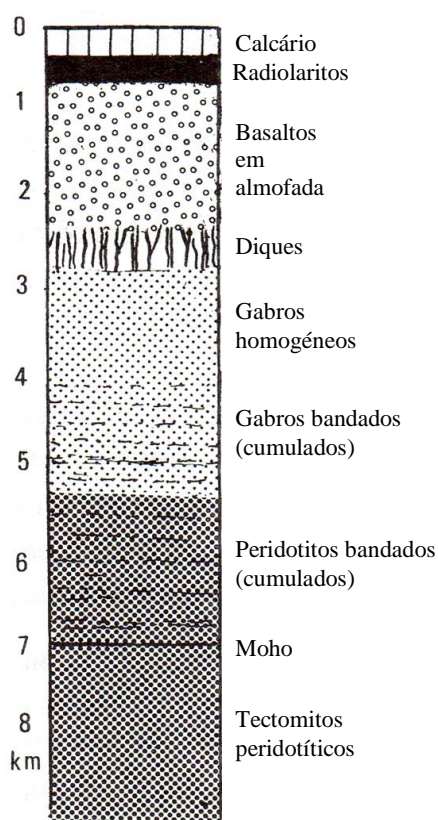


Figura 48 – Corte de uma sequência ofiolítica clássica. É em geral a estas séries que se compara a crosta oceânica. As espessuras são dadas a título indicativo e podem variar. Quando são muito fortes, trata-se provavelmente de sequências implantadas ao nível dos pontos quentes (Adaptado de Debelmas e Mascle, 2002).

Após a descontinuidade de Moho que indica o limite inferior da crosta terrestre e até à base da litosfera, encontraremos peridotitos bandados com textura de tectonitos correspondentes ao manto superior (*ibidem*).

Na impossibilidade de observação e amostragem em profundidade no seu todo, a informação sobre a constituição do interior da crosta advém da interpretação de métodos diretos e indiretos para o estudo do interior do globo terrestre, nomeadamente, de lavas vulcânicas e do comportamento das ondas sísmicas, respetivamente.

As duas crustas também se podem diferenciar pela idade. A crosta oceânica é mais jovem, com formação contínua a nível dos riftes. A crosta continental sendo mais antiga, com uma idade de pelo menos 4,4 bilhões de anos (Tassinari *et al.*, 2009), muitas das suas

características iniciais foram já alteradas e algumas até desapareceram, devido aos diversos processos geológicos resultantes da dinâmica externa e interna da Terra.

No seu conjunto, os fragmentos constituídos por material de natureza sólida, as placas litosféricas, “flutuam” sobre uma camada quente e viscosa de natureza plástica, designada por astenosfera²² efetuando movimentos, essencialmente, laterais. É a plasticidade associada à astenosfera que permite que a litosfera rígida deslize sobre si (Tassinari *et al.*, 2009). Assim, nas zonas de limite, os bordos das porções de litosfera interagem entre si convergindo, divergindo e deslizando. Desta forma, podemos distinguir três tipos de limite: limites divergentes; limites convergentes; e limites conservativos (Fig. 46).

Nas zonas de divergência, a ação de forças distensivas afasta as placas tectónicas, originando-se um relevo designado de dorsal, resultado da ascensão de magma e da solidificação da lava a altas temperaturas que origina crosta oceânica. No interior da dorsal, com uma profundidade variável, encontra-se o rift que corresponde ao primeiro estágio de rutura da litosfera (Kearey *et al.*, 2009). Na maioria destes locais ocorre o processo de “acrecção oceânica” (Debelmas e Mascle, 2002: 27), ou seja, devido à intrusão de magma vindo da astenosfera ocorre formação de nova crosta oceânica de um modo contínuo. Encontramos este tipo de limite, por exemplo, nas cadeias meso-oceânicas (Tassinari *et al.*, 2009) e no Grande Vale do Rift na África oriental.

Com movimento oposto, os limites convergentes implicam a ação de forças de convergência que promovem a colisão de placas. De acordo com a natureza e a densidade das placas que convergem, podemos ter:

a) Cadeias montanhosas intercontinentais, quando as placas que colidem são de natureza continental, anteriormente separadas por um espaço de crosta oceânica (entretanto subductado). Nestes casos, ocorrem deformações compressivas e processos de dobramento, fracturação e cavalgamento que resultam num espessamento crustal nessa zona (Tassinari *et al.*, 2009). Como exemplo, registre-se a formação dos Himalaias (continente asiático) que decorrem da colisão da placa Indo-australiana com a Eurásia; ou ainda, a cordilheira dos Alpes (Europa), que resulta da colisão entre a placa Euroasiática e a Africana.

b) Zonas de subducção, que representam as maiores depressões lineares da superfície da Terra e são notáveis pela sua profundidade e continuidade (Kearey *et al.*, 2009) e, nas quais, geralmente, a placa de maior densidade mergulha por baixo da de menor. A subducção pode

²² Do grego ἀσθενής (*asthenos*) ‘sem força, fraco’.

ocorrer entre duas placas com crosta de natureza oceânica ou entre uma placa com crosta de natureza oceânica e outra de natureza continental. No primeiro caso, formam-se os chamados “arcos insulares intra-oceânicos”, como os de Tonga-Kermadec ou das Marianas. No segundo caso, desenvolvem-se as designadas “margens continentais ativas”. Nesta situação, se a crosta oceânica da placa em subducção for antiga e densa, o pendore da subducção é grande ($\geq 30^\circ$) e a litosfera que mergulha entra em fusão parcial, gerando processos de magmatismo e de distensão da placa continental superior, com formação de arcos magmáticos e de bacias de “back-arc”. Tal acontece na margem asiática do Oceano Pacífico e em alguns sectores da costa andina (margens de tipo Este-asiático). Por vezes a distensão é tão acentuada que no fundo da bacia de “back-arc” pode desenvolver-se crosta oceânica jovem. Forma-se então um arco insular de substrato continental, separado do continental por um mar marginal, como é o caso do Japão. Se a crosta oceânica da placa em subducção for nova e pouco densa, a subducção tem um fraco pendore ($\geq 1^\circ$ e $\leq 10^\circ$) relativamente à superfície, originando-se estruturas de compressão na placa continental superior, mas sem magmatismo (Debelmas e Mascle, 2002). O arco magmático está ausente ou é pouco desenvolvido e o “back-arc” é compressivo. Tal acontece na costa americana do Pacífico e nas cadeias subandinas do Perú (margens do tipo Oeste-americano) (Fig. 49). A cordilheira dos Andes (continente sul-americano), na confluência da placa de Nazca e da Sul-americana, exemplifica qualquer uma destas situações. No Perú norte e central, a placa de Nazca mergulha com um pendore reduzido (10 a 15°), registando-se um regime compressivo à superfície, mas com ausência de vulcanismo; no Perú meridional e na Bolívia setentrional, como o pendore de subducção é mais elevado ($\approx 30^\circ$), origina processos de vulcanismo (Debelmas e Mascle, 2002).

c) Zonas de obducção, fenómeno em que a placa com crosta oceânica, mais densa, cavalga sobre a placa menos densa, com crosta continental. Ou seja, um processo inverso à subducção. Um exemplo é a cadeia de Omã na ponta oriental da península Arábica. Nesta zona do globo, uma litosfera com crosta oceânica jovem, fina e leve foi alvo de forças compressivas bruscas, colidindo com uma litosfera continental adelgada, conjunto de características que terão permitido a obducção (Debelmas e Mascle, 2002).

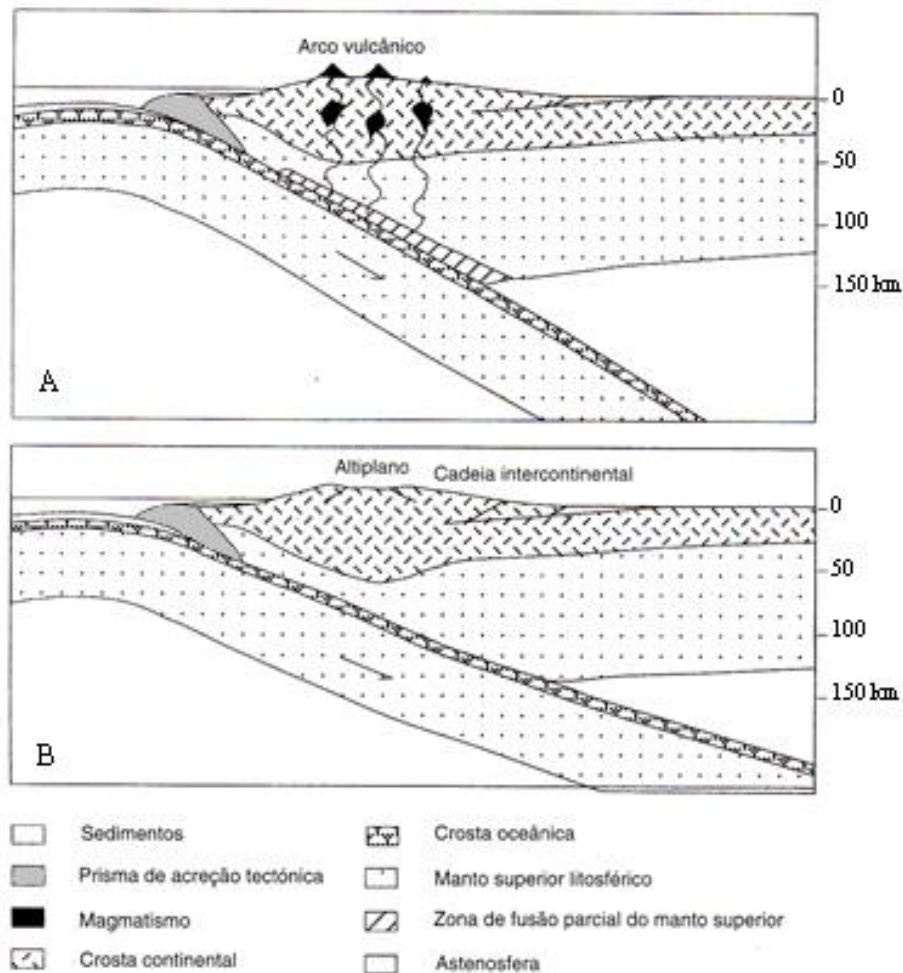


Figura 49 – Regime de compressão (margem do tipo oeste-americano). Subducção de pendor grande (A) e subducção com fraco pendor (B) (Adaptado de Debelmas e Mascle, 2002).

Por fim, uma referência aos limites conservativos que resultam do contacto de cisalhamento entre placas de densidade semelhante. Nestes casos não ocorre formação ou destruição de placa tectónica, mas existe apenas movimento horizontal entre si ao longo de falhas transformantes (Tassinari *et al.*, 2009). No fundo oceânico encontramos diversas falhas transformantes associadas às dorsais oceânicas. Em zonas emersas, a falha de Santo André (USA) é um dos exemplos mais referenciados e resulta do deslizamento da placa do Pacífico na direção Norte e da placa Norte-americana em direção a sul. De igual modo, o contacto entre a placa Indo-australiana e a do Pacífico, numa ilha ao sul da Nova Zelândia, resulta numa falha transformante, com conseqüente movimento horizontal entre si.

4.3. O ciclo dos supercontinentes

A mobilidade das placas tectónicas é um facto que se traduz na mudança da configuração da superfície terrestre e, como tal, na distribuição dos continentes. Existem evidências geológicas da ocorrência repetida de colisões continentais e processos de rift desde a base do pré-Câmbrico (Arcaico). Em sequência, ao nível dos riftes verificar-se-á a constante formação de crosta oceânica e, nas fossas, a sua conseqüente destruição, em repetidos ciclos de Wilson²³. Neste contexto, levanta-se a hipótese dos continentes se fundirem, periodicamente, em grandes massas de terra chamadas supercontinentes (Kearey *et al.*, 2009). Atualmente existem evidências geológicas de diversas configurações das massas terrestres. De seguida, expomos, resumidamente, algumas das suas diversas e possíveis configurações, bem como a sua distribuição na escala geocronológica (Fig. 50).

Anteriormente referimo-nos à *Pangeia*, o supercontinente mais falado pela sua associação à Teoria da Deriva dos Continentes. Originada durante o Paleozoico superior, ter-se-á formado a partir da junção da Euramerica, da Gondwana, da Siberia e outros pequenos territórios para, depois, no período Jurássico, se ter separado na Gondwana e Laurásia. A *Gondwana* será um supercontinente com idade do Proterozoico superior (Kearey *et al.*, 2009) que, após o jurássico, se terá fragmentado nos territórios atuais da América do Sul, África, Madagáscar, Índia, Antártica e Austrália. A *Laurásia*, tendo existido entre o Jurássico e o Terciário, ao fragmentar-se, deu início à abertura do Atlântico Norte e originou a Euroasia e a América do Norte.

Mais recentemente, em 1997, Ian W.D. Dalziel, geólogo britânico, propôs um outro supercontinente de idade pré-Câmbrica superior, a *Panótia*. A sua cisão, por altura do Câmbrico, deverá ter originado a Gondwana, a Laurentia, a Siberia e a Báltica (Kearey *et al.*, 2009).

O supercontinente mais antigo de que há registo é a *Rodínia* (termo de etimologia russa que significa “*terra natal*”) (Fig. 51). De idade pré-Câmbrica, pensa-se que se rompeu na Era Neoproterozóica em diversos continentes que, mais tarde, se terão reagrupado, primeiro na Panótia, depois na Pangeia (Kearey *et al.*, 2009).

²³ Os Ciclos de Wilson foram propostos por Tuzo Wilson em 1966. Com uma duração entre os 400 e os 500 Ma estariam associados à formação de grandes massas continentais (Supercontinentes) por aglutinação de continentes e arcos insulares (Wilson, 1966).

Eon	Era	Período	Milhões de anos	
Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	1,6	Continentes Actuais
		Terciário		
	Mesozóico	Cretáceo	64,4	Pangeia
		Jurássico	140	
		Triássico	205	
	Paleozóico	Permiano	250	Gondwana
		Carbónico	290	
		Devoniano	355	
		Siluriano	410	
		Ordoviciano	438	
Cambriano		510		
Proterozóico	Neoproterozóico		540(570)	Rodínia
	Mesoproterozóico		1.000	
	Paleoproterozóico		1.600	
Arqueano			2.500	Panóia
			4.500	

Figura 50 – Distribuição dos supercontinentes. Tabela cronostratigráfica (Tabela da Geological TimeScale Foundation simplificada; Kearey *et al.*, 2009).

Não obstante o referido anteriormente, existem alguns estudos, que embora especulativos, sugerem a formação de pelo menos um supercontinente, antes da montagem final de Rodínia, e após os cratões arqueanos começarem a sua estabilização durante o arqueano superior. *Columbia* e *Numa* são dois dos possíveis supercontinentes existentes anteriormente à Rodínia propostos, respetivamente, por Zhao *et al.* (2002) e Hoffman (1997) (Kearey *et al.*, 2009).

Se os continentes mudam, conseqüentemente, também as grandes massas de água apresentam diferentes configurações, dimensões, designações... A título de exemplo, salientamos algumas delas. Contemporâneo da Rodínia, temos o *oceano de Moçambique* que, após o início da cisão durante o Neoproterozóico superior, se terá fechado dando lugar ao proto oceano-Pacífico (Pantalassa). A abertura do *oceano Iapetus* deverá ter ocorrido durante a desagregação da Panóia e o afastamento da Laurentia, da América do sul e da Baltica (Kearey *et al.*, 2009). Por seu lado, este último dever-se-á ter fechado durante a formação da

Pangeia que assim ficou rodeada por um oceano único - a *Pantalassa*. Mais tarde, a rutura da Pangeia em Laurásia e Gondwana aconteceu com a abertura do *mar de Tétis*, na segunda metade da Era Mesozoica.

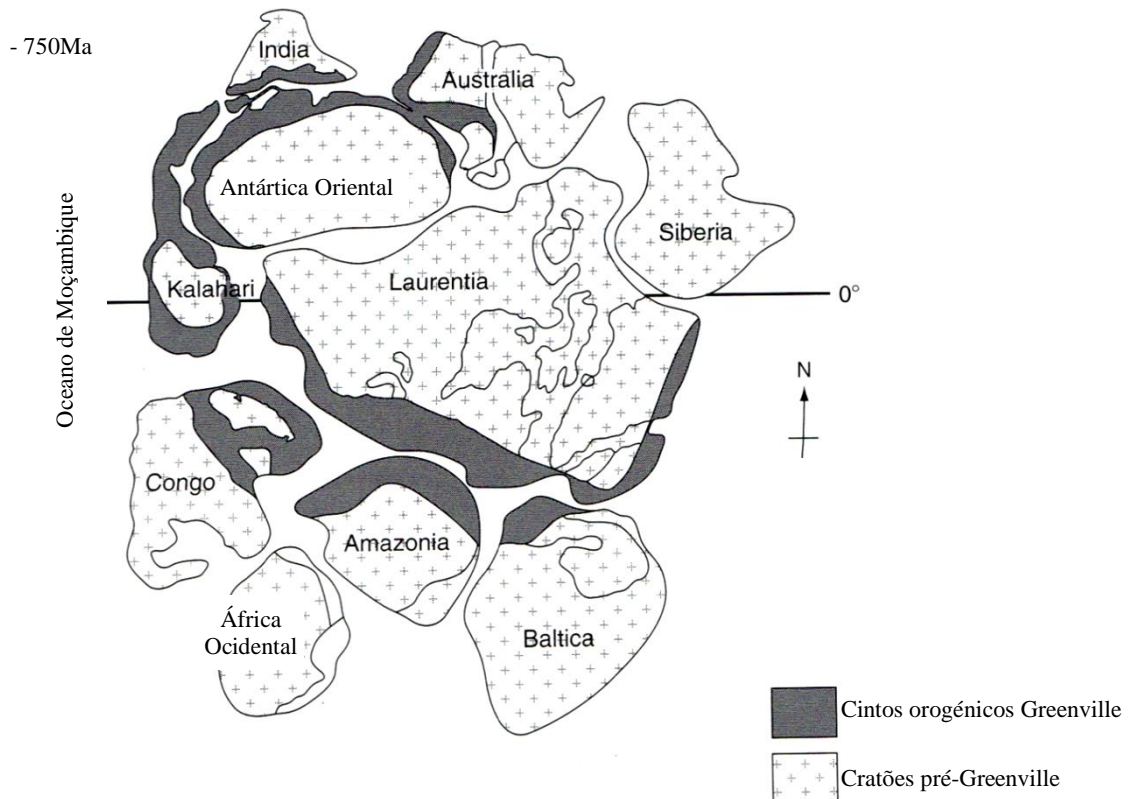


Figura 51 – Reconstituição do supercontinente Rodínia de idade Proterozoica superior (depois de Hoffman, 1991) (Adaptado de Kearey *et al.*, 2009)

A história da Terra mostra-nos que, atualmente, nos encontramos num tempo que medeia a separação de um supercontinente e a junção num outro: uma nova configuração da superfície terrestre que, por ser previsível num período de tempo à escala geológica, parece infinitamente distante. Mas as evidências estão visíveis aos olhos mais atentos. Por esta altura, o oceano Atlântico está em processo de expansão, enquanto o Pacífico está em contração. A placa de Nazca continua a subductar sob a placa sul-americana. Em África o rifte intra-continental está a causar a cisão do continente. Não muito longe, o mar Mediterrâneo está a desaparecer.

Estes são alguns dos exemplos que mostram como a dinâmica da litosfera prepara a criação de um novo supercontinente. Assim, numa outra latitude irá agregar-se uma nova massa global de litosfera que, embora diferente da atual, poderá repetir alguma das

antepassadas já referidas. Constituir-se-á uma outra oportunidade para a vida, com possíveis extinções, adaptações ou o surgimento de novas espécies de seres vivos. Um mundo novo dentro de alguns milhões de anos.

4.4. A Teoria da Tectónica de Placas na atualidade

A Tectónica de Placas (TP) é uma teoria global, constituindo o “núcleo” precursor do estudo do planeta Terra como um sistema dinâmico e aberto (Ribeiro, 2011a: 95; 2011b: 34). O seu desenvolvimento foi essencial para a compreensão de mecanismos do comportamento da crosta terrestre como por exemplo: a) a geração de sismos e de vulcanismo, sobretudo dos que acontecem nas fronteiras entre placas; b) a distribuição das montanhas a nível global; c) as variações do fluxo de calor à superfície; d) a geologia das bacias oceânicas; e) ou a explicação lógica de diversas associações de rochas ígneas, sedimentares e metamórficas.

Se, no passado, a TP revolucionou as Ciências da Terra tendo unificado e pacificado a comunidade científica, no que respeita à explicação de diversos processos geológicos, atualmente, embora ainda não aceite de um modo totalmente universal, é um dos principais paradigmas compreensivo e da investigação em geologia. Ainda assim, existem detalhes do seu mecanismo que ainda continuam por comprovar, bem como são discutíveis algumas das explicações que envolvem alguns dos seus diversos pormenores.

Contudo, e como refere Choudhuri (2004), já todos nos acostumamos a esta teoria, pelo que os seus inconvenientes e falhas raramente têm sido verdadeiramente questionados. Por outro lado, e como refere Saull (1986), mesmo que o modelo TP seja falso, torna-se difícil argumentar contra, assim como propor um modelo alternativo que seja mais plausível.

David Pratt²⁴ e MacKenzie Keith são dois nomes que engrossaram a lista dos céticos da TP e que ousaram pô-la em causa. Para o efeito, esmiuçaram argumentos fortes e convincentes justificando a sua discordância.

Pratt (2000) apresenta uma reflexão fazendo referência a diversos autores²⁵ que têm mostrado desacordo e identificado incongruências nas certezas que apoiam a TP. Na sua

²⁴ David Pratt integra uma associação informal de cientistas de Terra, o NCGT (New Concepts in Global Tectonics), constituído por elementos pertencentes aos diversos continentes e que se opõe à atual visão da Tectónica de Placas. Criado em 1996, publicam uma Newsletter que pretende constituir-se como um fórum, no qual os críticos e opositores às placas tectónicas apresentam os seus argumentos, análise e interpretação de dados anómalos, bem como expõe e exploram teorias alternativas.

opinião, os princípios fundamentais que sustentam a TP poderão estar errados, apontando para a necessidade de se efetuar um reexame, uma revisão ou mesmo partir para a rejeição desta teoria. Assim, considera que o modelo de uma litosfera em movimento sobre uma astenosfera surge atualmente como pouco plausível, na medida em que há evidências que apontam para a ausência de uma astenosfera contínua e global. A falta de consenso sobre a espessura dos fragmentos litosféricos - nomeadamente a existência de raízes continentais profundas e uma quantidade significativa de crosta continental submersa nos oceanos ou os problemas colocados por movimentos tectónicos verticais são igualmente argumentos que, na sua opinião, tornam insustentável a TP e se apresentam como desafios para os seus defensores.

MacKenzie Keith, que dedicou grande parte dos últimos anos da sua vida²⁶ a investigar as convicções e contradições da TP, fundamenta as suas divergências com base em evidências de anomalias geofísicas, fluxo de calor, propriedades dos materiais, petrologia e geoquímica (Keith, 1993 e 2001). No último trabalho que publicou, chamou a atenção para um conjunto de aspetos que compõe o modelo da TP e que ele considerava serem discrepantes, relativamente ao que já era conhecido e comprovado sobre as propriedades dos materiais da Terra e o sistema dinâmico crosta-manto (Keith, 2001).

Consideremos as suas reflexões. A hipótese de que as placas tectónicas são internamente rígidas é contrariada pelas experiências que mostram que as massas rochosas são frágeis e que se deformam por ação do calor. A ascensão de magma debaixo das cristas oceânicas também merece a sua atenção, na medida em que os modelos computacionais do fluxo de calor, nestas zonas, se baseiam em evidências de uma pluma ascendente de basalto fundido, que provoca o derrame de magma ao longo do cume. Contudo, questiona se poderão estas plumas gerar zonas estreitas de vulcanismo axial e um fluxo adjacente de cada lado de uma falha transformante.

Chama ainda à atenção para o facto de se encontrarem rochas com composições químicas diferentes em lados opostos do oceano, uma vez que, tendo como origem o mesmo magma, deveriam possuir a mesma composição. Argumentos que, na sua opinião, vêm pôr em causa o conceito de expansão da fundo do oceano e o modelo de registo das anomalias magnéticas. No que respeita a este último, Keith refere que as anomalias magnéticas

²⁵ Grad (1971); Meyerhoff e Meyerhoff (1974); Wyllie (1976); Belousov (1980, 1990); Dott e Batten (1981); McGearry e Plummer (1998).

²⁶ MacKenzie Keith faleceu em 2001 ainda antes de ser publicado o seu artigo “*Evidence for a plate tectonic debate*”.

oceânicas poderão ser explicadas pelo estreitamento de uma zona vulcânica que outrora fora muito larga e ainda pela migração do que ele apelida de “*blocking temperature*” (Keith, 2001: 238).

Assim, e no seu entender, estas discrepâncias justificam uma reavaliação de diversas evidências que sustentam a TP. Contudo, MacKenzie Keith vai mais longe e perante as evidências que apresenta, sugere um modelo alternativo ao atual para explicar o fluxo do manto superior. O seu modelo conceptual assenta na ocorrência de um afloramento de fluxo do manto debaixo dos continentes que se dirige para debaixo dos oceanos em direção ao eixo das dorsais médio-oceânicas, locais estes que considera serem os limites principais de células de convecção do manto (Keith, 2001).

Também Ribeiro (2002) apresenta uma reflexão sobre a visão passada e atual dos fundamentos que sustentam a Teoria da Tectónica de Placas. Uma análise que promove e contribui para a discussão em torno do paradigma atual sobre as propriedades e a mobilidade da superfície terrestre.

A discussão dos prós e contras da argumentação em torno da Teoria da Tectónica de Placas permanece atual. Contudo, com alguma vantagem para os seus defensores. Para a comunidade científica, uma alternativa credível a esta teoria continua em aberto, já que faltam as certezas aos opositores e as dúvidas aos apoiantes.

4.5. A importância do paleomagnetismo para a construção da Teoria da Tectónica de Placas

A evolução e avanço do conhecimento do campo magnético terrestre, que se fez sentir na segunda metade do século XX, foi fundamental para o reconhecimento da mobilidade da superfície terrestre e, conseqüentemente, a construção da Teoria da Tectónica de Placas. Após a II Guerra Mundial (1939-1945), os avanços científicos resultantes da investigação, nomeadamente na área da geofísica e da oceanografia, forneceram dados substanciais sobre o conhecimento dos fundos oceânicos.

Estes dados, cumulativamente com o desenvolvimento de uma nova área científica, o paleomagnetismo, durante a década de 50 do séc. XX, trouxeram conhecimentos que, à época, justificavam e apoiavam a deriva dos continentes (Pratt, 2000). Referimo-nos à aplicação de metodologias sugeridas por Patrick Blackett (1897-1974) que permitiram o desenvolvimento

de métodos paleomagnéticos e a Keith Runcorn (1922-1995) e seus colegas que mostraram a ocorrência de movimentos relativos entre a América do Norte e a Europa. O mesmo trabalho foi alargado à América do Sul pelo físico britânico Kenneth Creer (1925-) e à Austrália pelo Geólogo canadiano Eduard Irving (1927-). Por esta altura, os resultados paleomagnéticos tiveram uma ampla aceitação a partir do momento em que foi possível desenvolver uma técnica para identificar a magnetização primária. Conjuntamente com os dados radiométricos, os dados paleomagnéticos, desde o Mesozoico até tempos recentes, evidenciaram diferenças significativas nos movimentos de vários continentes (Kearey *et al.*, 2009).

Assim, o recurso a aparelhos para medir o magnetismo nas rochas dos fundos oceânicos (magnetómetros) permitiu conhecer as variações magnéticas ao longo dos tempos, a partir das quais se traçaram mapas de anomalias magnéticas das bacias oceânicas. Estes mapas permitiram concluir que as anomalias não surgiam de um modo aleatório, mas sim obedeciam a padrões magnéticos de bandas alternadas de diferente polaridade, ora polaridade normal, ora polaridade inversa, num padrão listado tipo “zebra”. Uma outra particularidade era que este padrão se apresentava simétrico em zonas onde o fundo oceânico era longitudinalmente rasgado em dois. Posteriormente, estas zonas apelidadas de dorsais oceânicas, foram identificadas como locais onde ascendia magma novo, proveniente de grandes profundidades e que, ao ser expelido ao longo das dorsais, originava crosta oceânica nova. A determinação da idade de amostras de rochas de diferentes regiões da crosta oceânica recorrendo a métodos de datação radiométrica, trouxe informação adicional e de relevância particular, pois deu a conhecer que a idade das rochas era diretamente proporcional à sua distância à dorsal oceânica.

A expansão dos fundos oceânicos estava comprovada sem dúvida e com ela a ideia de um planeta dinâmico sobre o qual assenta a ‘vida’. Apresentada a Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos, estava aberta a porta que permitia a aceitação da deriva dos continentes e a sua posterior evolução para a Teoria da Tectónica de Placas.

A determinação de paleolatitudes foi igualmente determinante para a aceitação da mobilidade das placas litosféricas e, com elas, as grandes massas terrestres. O valor da inclinação do campo magnético, aquando da formação das rochas, permite calcular a latitude à data e, assim, determinar geograficamente a posição em que se encontrava a rocha na altura da sua formação. A partir destes, foi possível construir mapas paleogeográficos que nos

permitiram visualizar a disposição dos continentes ao longo da história da Terra e comprovar que mudaram de posição.

No presente, o paleomagnetismo continua a ser um método qualitativo e quantitativo, ou mesmo o único disponível para testar movimentos laterais por placas tectónicas em toda a superfície da Terra antiga (Evans e Pisarevsky, 2008). Estes autores defendem ainda que os métodos paleomagnéticos podem, em teoria, ser usados com o objetivo de testar os elementos fundamentais cinemáticos das placas tectónicas no início da história da Terra - informação que consideramos poder vir a contribuir positivamente para a discussão sobre a Teoria da Tectónica de Placas.

CAPÍTULO 5 – NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DAS GEOCIÊNCIAS

5.1. Integração da Teoria da Tectónica de Placas nos *curricula nacional*

A Teoria da Tectónica de Placas (TP) integra os programas curriculares de disciplinas de geociências tanto do ensino básico como do secundário. Os alunos têm o primeiro contacto com esta temática na área disciplinar de Ciências Naturais do 3.º ciclo do ensino básico e, este assunto, é desenvolvido no segundo tema “A Terra em Transformação”. Com a lecionação deste, e de acordo com as orientações curriculares em vigor desde o ano letivo 2002/2003, “pretende-se que os alunos adquiram conhecimentos relacionados com os elementos constituintes da Terra e com os fenómenos que nela ocorrem” (Galvão *et al.*, 2001: 9).

Embora as orientações curriculares sejam apresentadas para o global do 3.º ciclo, “A Terra em Transformação” é, quase em exclusivo, lecionada no 7.º ano de escolaridade. Especificamente, a TP é lecionada na unidade “Dinâmica interna da Terra” e, usualmente, é estabelecido um corredor cronológico que se inicia com o estudo da deriva dos continentes e termina na TP. Para este nível de ensino o grau de complexidade e de exigência são baixos, em acordo com o nível etário e a capacidade de compreensão dos processos geológicos dos discentes. Neste contexto, as orientações curriculares apelam a que

“os alunos compreendam, de forma global, o dinamismo da Terra, evidente na formação de crosta oceânica, cadeias de montanhas, ocorrência de vulcões e sismos, relacionando-o com a dinâmica interna da Terra” (Galvão *et al.*, 2001: 18).

No prosseguimento dos estudos, os alunos que optam pela frequência do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias cursam a disciplina bienal de Biologia e Geologia no 10.º ano, na qual deverão aprender mais sobre a TP. Neste ano escolar, o

desenvolvimento da sub-unidade, “O mobilismo geológico. As placas tectónicas e os seus movimentos”, integrante do “Tema I - A Geologia, os geólogos e os seus métodos”, prevê a leção deste conteúdo. Neste ponto pressupõe-se a sistematização de conceitos já lecionados, ou seja que “*assegurem a atualização ou facilitem a aquisição desses conceitos essenciais*” (Silva *et al.*, 2001: 24). Posteriormente, esta temática acaba por ser transversal e um pré-requisito essencial para a compreensão e aprendizagem dos diversos conteúdos geológicos lecionados no referido ano e disciplina.

No 12.º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, na disciplina opcional de Geologia, retoma-se este tema. No respetivo programa curricular atribui-se

“uma maior importância às perspectivas históricas, não só em termos do próprio conhecimento geológico como, também, uma maior atenção ao desenvolvimento da Geologia como ciência (história da ciência)” (Amador e Silva, 2004: 3).

Assim, a TP deve ser lecionada num enquadramento histórico que perspetive o conhecimento e evolução da ciência e da sociedade, bem como o modo como estas se relacionam e condicionam. Este conteúdo é incluído no primeiro tema, na unidade “Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas. A dinâmica da litosfera.”.

5.2. O paleomagnetismo no ensino das Geociências

Nos programas curriculares de Geociências, o paleomagnetismo pode ser lecionado em diferentes áreas disciplinares de vários anos escolares do ensino regular, desde o 3.º Ciclo do ensino Básico ao Secundário (Tabela 3). No entanto, maioritariamente, é mais desenvolvido no âmbito da construção da TP.

Consideremos a análise específica de cada um destes programas curriculares, no que respeita ao desenvolvimento do paleomagnetismo. Embora no 7.º ano de escolaridade o paleomagnetismo não integre as orientações curriculares, na disciplina de Ciências Naturais, é frequente que os professores lhe façam alusão, no sentido de facilitar a compressão do desenvolvimento do conhecimento que levou à construção da TP. No entanto, é sempre uma explicação muito simplista e associada à formação de crusta oceânica ao nível dos riftes e ao conceito de campo magnético terrestre, igualmente pertinente, mas que também não faz parte

do programa curricular. Futuramente esta abordagem já será obrigatória, na medida em que as novas metas curriculares (Bonito *et al.*, 2013) já contemplam a leccionação do paleomagnetismo no 7.º ano de Ciências Naturais.

Tabela 3 - O Paleomagnetismo nos programas curriculares (Galvão *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2001; Amador e Silva, 2004).

Ano escolar	Disciplina	Tema/Unidade
7.º	Ciências Naturais	Tema II - Dinâmica interna da Terra
10.º	Biologia e Geologia	Tema I - A medida do tempo e a idade da Terra
		Tema III – Métodos para o estudo do interior da Geosfera
12.º	Geologia	Tema I – Os primeiros passos de uma nova teoria. A Teoria da Tectónica de Placas
		Tema II – Métodos de datação físicos

Numa avaliação global, a totalidade dos dez manuais escolares de Ciências Naturais do 7.º ano, homologados pelo Ministério da Educação e Ciência (MEC), para o ano letivo 2011/2012 (Tabela 4), não apresenta qualquer referência ao termo *paleomagnetismo*. Assim, o seu conceito não é minimamente desenvolvido, pese embora as fortuitas referências a noções relacionadas como o *magnetismo das rochas* ou às *anomalias magnéticas*²⁷. Por tal motivo, o presente estudo não contempla a análise dos manuais de Ciências Naturais do 7.º ano do ensino básico, por considerar que não se obteriam dados com relevância.

²⁷ Leia-se o exemplo: “O estudo do magnetismo das rochas mostrou que a direcção do campo magnético terrestre se alterou ao longo da história da Terra (anomalias magnéticas) e que a direcção de polaridade era simétrica em ambos os lados do rifte.” (Antunes *et al.*, 2011: 116).

Tabela 4 - Lista de manuais escolares, por editora, de Ciências Naturais do 7.º ano homologados pelo MEC para o ano letivo 2011/2012 (f) (Direção-Geral da Educação) <http://www.dgidec.min-edu.pt/index.php?s=directorio&pid=148> (consultado em outubro de 2011).

Editora	Ano de escolar/Disciplina
	7.º ano CN
Areal Editores, SA	1
ASA Editores II, SA	1
Editorial O Livro	1
Lisboa Editora	1
Porto Editora	2
SANTILLANA - Constância	1
Texto Editora	3
Total	10

No ensino secundário, o paleomagnetismo também não faz parte do programa curricular da disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano do Curso Científico-humanísticos. Contudo, já merece maior atenção.

No Tema I - “A Geologia, os geólogos e os seus métodos”, ao lecionar os métodos de datação da Terra e a mobilidade da crosta terrestre, o professor, apesar dos manuais escolares não incluírem o *paleomagnetismo*, pode fazer referência a este conceito, no sentido de contextualizar o desenvolvimento da ciência e o que permitiu à sociedade científica aceitar o *mobilismo* defendido pela Teoria da Deriva dos Continentes e a sua evolução para a Teoria da Tectónica de Placas.

No Tema III – “Compreender a estrutura e a dinâmica da geosfera”, na unidade “Métodos para o estudo do interior da geosfera”, o tema do *geomagnetismo* é de leção obrigatória. Neste contexto, ao estudar o campo geomagnético como método indireto, o paleomagnetismo é importante para um enquadramento e posterior entendimento dos conteúdos a lecionar. De um modo geral, o ensino e a aprendizagem do paleomagnetismo acabam por ter um carácter superficial e acessório. Este conceito é mais ou menos desenvolvido de acordo com a relevância e que o docente lhe decidir atribuir, uma vez que é

uma matéria com alguma complexidade e o seu aprofundamento considerado informação excessiva.

Assim, justificado pelo grau de complexidade, este conteúdo é apenas lecionado com maior profundidade no 12.º ano de escolaridade, na disciplina opcional de Geologia, na qual o *paleomagnetismo*, as *inversões de polaridade*, integrados no Tema I, na unidade “Os primeiros passos de uma nova teoria. A Teoria da Tectónica de Placas” e a *magnetoestratigrafia*, no Tema II – “Métodos de datação físicos”, são conceitos com carácter de leção obrigatória.

Pensamos que esta organização se deve ao facto de os alunos, no último ano do ensino secundário, possuírem uma maior maturidade intelectual e um maior conhecimento. Uma outra razão poderá dever-se ao facto da disciplina de Geologia do 12.º ser opcional e incluir conteúdos da área da Geologia que, obrigatoriamente, podem e devem ser mais desenvolvidos e aprofundados, enquanto nas disciplinas de Ciências Naturais do 7.º ano e Biologia e Geologia do 10.º ano, particularmente na segunda, a carga horária ser distribuída equitativamente por conteúdos das áreas da Geologia e da Biologia.

5.3. Os manuais escolares no processo de ensino e aprendizagem

A legislação portuguesa define manual escolar como:

“(...) recurso didáctico-pedagógico relevante, ainda que não exclusivo, do processo de ensino e aprendizagem, (...) de apoio ao trabalho autónomo do aluno que visa contribuir para o desenvolvimento das competências e das aprendizagens definidas no currículo nacional para o ensino básico e (...) secundário, apresentando informação correspondente aos conteúdos nucleares dos programas em vigor, bem como propostas de atividades didáticas e de avaliação das aprendizagens, podendo incluir orientações de trabalho para o professor” (Lei n.º47/2006, de 28 de agosto, Art.3.º, alínea b)).

Para Magalhães (2006: 6) o manual escolar é um “*Meio didático e símbolo do campo pedagógico*” e ainda uma combinação de “*saber/conhecimento/(in)formação*”, corroborando a importância que este recurso apresenta no contexto escolar.

Assim, assumindo um papel fundamental na Educação em Geociências, na qual se incluem a dimensão ética e atitudinal, os manuais escolares carregam consigo uma grande

responsabilidade nos processos de ensino e aprendizagem. Conjuntamente com os professores e alunos, os manuais constituem um trinómio único em que assenta a estrutura e orgânica daqueles processos.

Assentes em pressupostos e princípios concordantes com uma perspetiva construtivista e por mudança conceptual, os manuais escolares conferem ao docente um papel de facilitador em todo este processo e ao aluno o papel da personagem principal (Silva, 2001). Santo (2006: 104) defende que, atualmente, na era da globalização, o manual escolar, como recurso pedagógico ao serviço da escola pretende fomentar a “*autonomia pedagógica do aluno incentivando o «aprender a aprender» ao longo da vida*”, preparando os jovens para a vida adulta. A autora acrescenta que o manual é “*conotado como objeto de consumo pedagógico*” e que o seu uso se generalizou com o reconhecimento do conceito “*Educação para Todos*” (2006: 105).

A dependência deste recurso é tanto maior, na medida em que é frequentemente responsável pela forma como alguns docentes concebem o desenvolvimento da ciência (Chiappetta *et al.*, 1991) e orientam as suas aulas, tendo em conta: a) o grau de profundidade e a sequência dos temas/conceitos científicos; b) a diversidade e tipo de atividades de aprendizagem; c) o tipo de questões de avaliação; d) a leitura e uso de tabelas, gráficos ou tabelas, determinados pelo manual escolar adotado e/ou outros que possui e que possam ajudar a ultrapassar as lacunas registadas no primeiro (Brigas, 1997).

Sem contestar a importância e relevância do manual escolar nos processos de ensino e aprendizagem, os professores, como consumidores primários, deverão adotar uma atitude crítica e reflexiva em relação a este recurso usando-o, mas adaptando-o, acrescentando-o, transformando-o e avaliando-o, de forma a rentabilizar todo o seu valor educativo e melhorar a prática docente (Silva, 2001; Leite, 2006).

Os autores de manuais, como seus criadores, também devem ser considerados neste processo. Assim, a montante, durante o processo de conceção, cabe-lhes a responsabilidade de: a) conhecer os documentos oficiais que regulamentam as orientações curriculares/programas das disciplinas; b) dominar os quadros teóricos e metodológicos dos respetivos conteúdos científicos; c) estudar a forma mais adequada de veicular a mensagem à faixa etária do público-alvo (alunos), tendo em conta o seu nível de desenvolvimento cognitivo.

Por fim, referir que a relação entre os manuais escolares e o ensino e aprendizagem é ainda influenciada pelo Ministério da Educação e Ciência (MEC). Este agente assume um papel ativo, na medida em que é o responsável pelo estabelecimento de regras que definem a adoção e o período de vigência dos manuais escolares²⁸.

5.3.1. Manuais escolares e as orientações curriculares

É comumente aceite que o conteúdo dos manuais escolares segue as orientações emanadas dos documentos oficiais da política educativa²⁹, cujos princípios estruturantes definem os objetivos e competências que um cidadão deve desenvolver durante o seu percurso escolar, tendo em consideração a Constituição Portuguesa. Neste âmbito, os programas curriculares refletem os conteúdos definidos pelas políticas educativas e os normativos legais definem *programa* como um

“... conjunto de orientações curriculares, sujeitas a aprovação nos termos da lei, específicas para uma dada disciplina ou área curricular disciplinar, definidoras de um percurso para alcançar um conjunto de aprendizagens e de competências definidas no currículo nacional do ensino básico ou (...)secundário” (Lei n.º47/2006, de 28 de agosto, Art.3.º, alínea a));

Assim, globalmente e de acordo com a legislação em vigor²⁹, os manuais escolares do mercado, para as múltiplas áreas disciplinares, seguem os programas e orientações curriculares³⁰ que o MEC³¹ emana.

Após a entrada em vigor da Lei n.º 47/2006, de 28 de agosto e relativamente aos manuais de Geociências do 3.º ciclos e secundário, apenas os referentes aos 7.º, 8.º e 9.º anos de escolaridade de Ciências Naturais foram submetidos a um processo de avaliação. Neste processo foram tidos em conta os critérios definidos no Despacho n.º 29864/2007, de 27 de

²⁸ Lei n.º 47/2006, de 28 de agosto, regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 261/2007, de 17 de julho.

²⁹ O documento que serve de alicerce é a Lei n.º 46/86 de 14 de outubro – Lei de Bases do Sistema Educativo.

³⁰ No caso particular das Geociências, verificam-se algumas divergências entre as orientações curriculares e o conteúdo dos manuais escolares, p. ex. na inclusão da História da Ciência, assunto desenvolvido no item que se segue e componente avaliada neste estudo investigativo.

³¹ Podem consultar-se todos os programas, orientações e metas curriculares dos ensinos básico e secundário na Direção-Geral da Educação (DGE), em <http://www.dgdc.min-edu.pt/index.php>.

dezembro, no regime dos já adotados e em utilização, no ano letivo de 2008/2009, ao abrigo dos n.º 2 e 8, alínea b) do Despacho n.º 415/2008, de 4 de janeiro.

Aguarda-se a extensão desta avaliação e validação por parte do MEC aos manuais dos restantes anos escolares/áreas disciplinares em geociências, o que implicará um efetivo controlo sobre a qualidade científico-pedagógica e didática dos manuais. Qualidade a que se atribui uma importância acrescida, quando se observa que, embora os manuais sejam um recurso para o aluno, muitas vezes também os professores dependem deles para organizar e estruturar as suas aulas influenciando as suas práticas (Brigas, 1997; Pereira e Duarte, 1999; Leite, 2006; Chiappetta e Fillman, 2007), bem como constituem uma fonte de informação (Eltinge e Roberts, 1993). Muitos docentes, ainda, recorrem à consulta dos manuais escolares em detrimento dos programas curriculares das disciplinas aquando da elaboração das planificações a longo prazo no início de cada ano letivo (Morgado, 2004). Estas evidências mostram a importância deste recurso como tradutor dos programas curriculares/orientações curriculares, bem como promotor do currículo efetivo de cada disciplina.

5.3.2. História da Ciência nos manuais de ensino das Geociências

De um modo geral, é consensual, entre a maioria dos investigadores, a importância que tem a História da Ciência (HC) num contexto de aprendizagem de uma determinada ciência (Pereira e Amador, 2007) e, como tal, a sua inclusão no momento da elaboração dos manuais escolares.

Ao longo das últimas décadas, investigadores do domínio da educação em ciências têm vindo a realçar o seu interesse no ensino da ciência (e.g. Hodson 1985 e 1988; Shortland e Warwick, 1989; Jenkins, 1989; Matthews, 1991 e 1994; Gil-Pérez e Carrascosa, 1992; Duschl, 1994; Monk e Osborne, 1997; Hurd, 1998). Em concordância, Silva (2001: 177) afirma que

“O recurso à História da Ciência é um meio a ter em consideração dada a sua adequação para a promoção do desenvolvimento, por exemplo, das dimensões ‘conteúdo’ e ‘meta-científica’ da Educação em Ciências.”

Por seu lado, os opositores, na voz dos professores, defendem que esses episódios históricos podem desviar a atenção dos alunos dos conteúdos “importantes”, ou ainda, que

sejam potenciadores de “*posições céticas*” que relativizem o conhecimento científico; os opositores historiadores defendem a sua posição, com as lacunas e reinterpretações incorretas e abusivas no uso pedagógico de episódios da HC, resultantes, em muitos casos, do desconhecimento inocente dos professores e/ou dos autores dos manuais escolares, enquanto, noutros casos, se afiguram enganos deliberados e conscientemente usados para “*veicular mensagens ideológicas*” (Pereira e Amador, 2007: 192,193).

Também Correia (2003) afirma que muitos professores são detentores de uma formação parca em HC. Neste campo importa salientar o quão relevante é a formação, inicial e contínua, como alicerce para a existência de professores bem informados e esclarecidos para que quer como docentes, quer como autores de manuais escolares³², possam veicular uma informação conhecedora e correta sobre a HC. Isto é tanto mais importante, na medida em que, e de acordo com Leite (2002a), o efeito do seu uso depende essencialmente de que episódios da HC são selecionados e de que modo são lecionados.

Duschl (1997) vai mais longe e assinala falhas nos manuais escolares, na prática letiva, que, na sua opinião, se continua a processar tendo em conta a comprovação do conhecimento sem destacar o caminho até ele percorrido:

“A questão de como se chegou a esse conhecimento não se considera na maioria dos manuais escolares e currículos de ciências; os professores de ciências e os manuais escolares continuam a enfatizar o contexto de justificação não valorizando ou mesmo ignorando o contexto de descoberta das teorias científicas”. (1997: 26).

Em Portugal, as orientações curriculares/programas das disciplinas para o ensino das Geociências, parecem contrariar as acusações de Duschl (1997), uma vez que têm vindo a apelar para o recurso a estratégias de ensino baseadas em exemplos e relatos de episódios da HC:

“propõe-se a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem êxitos e fracassos, persistência e modos de trabalho de diferentes cientistas, influências da sociedade sobre a Ciência, possibilitando ao aluno confrontar, por um lado, as explicações científicas com as do senso comum, por outro, a ciência, a arte e a religião.” (Galvão et al., 2001: 6)

³² A maioria dos autores de manuais escolares são docentes do ensino básico e secundário em parceria, e/ou colaboração, com docentes do ensino superior.

“atribuir um especial destaque à História da Ciência, em particular no suporte de estratégias de ensino baseadas em exemplos históricos. O conhecimento de antigas formas de pensar, obstaculizadoras, em determinados momentos, do desenvolvimento científico, associado à compreensão e valorização de episódios históricos que traduzem uma mudança conceptual, ajuda a identificar não só os conceitos estruturantes como pode, igualmente, ser uma ferramenta importante na sua superação;” (Silva *et al.*, 2001: 12; Amador *et al.*, 2004: 9).

Contudo, e de acordo com Leite (2002b), esta indicação sobre os conteúdos históricos não se tem feito sentir nos manuais de ciências. Na sua opinião, provavelmente porque os autores de manuais escolares portugueses não reconhecem a importância da necessidade da HC no ensino das ciências e, conseqüentemente, da sua inclusão nos próprios manuais. Concordamos com esta opinião, pois se a maioria das orientações curriculares são consideradas nos manuais escolares, só o desconhecimento da importância desta dimensão no ensino das ciências, por parte dos autores de manuais, poderá justificar a ausência da sua inclusão.

No entanto, a falta de sensibilização dos criadores de manuais escolares não é um problema exclusivo do nosso país. É uma dificuldade que se verifica também noutros países e que, de acordo com Brush (2000), ainda há *“a long way to go to persuade the textbook authors to pay attention to research in the History of Science”* (2000: 54).

Estudos no âmbito da HC em manuais escolares têm mostrado que em algumas situações: a) há distorção ou mesmo esquecimento na referência de aspetos históricos (Eichman, 1996; Brush, 2000; Níaz, 2000; Muñoz Bello e Bertomeu Sánchez, 2003); b) há omissão do papel da comunidade científica no processo de construção da ciência (Eichman, 1996; Leite, 2002b); c) as controvérsias científicas são ignoradas (Campos, 1996; Níaz, 2000).

Os conceitos da HC deveriam permitir aos alunos uma ideia correta sobre a natureza da ciência, o modo como esta se desenvolveu e desenvolve e a forma como os cientistas trabalham. Regista-se uma outra lacuna que se prende com a avaliação aos estudantes, na medida em que, nas orientações curriculares, não é feita nenhuma menção no que diz respeito à avaliação dos seus conhecimentos sobre a natureza ou HC (Leite, 2002b). Assim, parece faltar uma clara responsabilização dos autores de programas curriculares, uma coordenação

entre a elaboração dos programas escolares e a consecutiva avaliação a que os alunos devem ser sujeitos em função das competências/objetivos que deverão atingir.

5.3.3. Representações pictóricas nos manuais escolares

O ensino privilegia o recurso a diferentes formas de linguagem. A comunicação no ensino efetua-se essencialmente em linguagem verbal e visual, não esquecendo a gestual ou a táctil, destinadas a públicos específicos. Contudo, como o trabalho aqui apresentado se centra na avaliação de manuais escolares, o tipo de linguagem que iremos aprofundar é a visual. Uma linguagem que é enriquecida e potencia a aprendizagem quando se recorre, em simultâneo, ao uso de palavras e imagens, num processo, designado por ‘*Multimedia instruction*’ (Mayer, 2009: 4; 2011: 427). Neste contexto, salientam-se as representações externas de símbolos ou sinais como as representações pictóricas, nas quais se incluem as mais variadas imagens, como fotografias, ilustrações ou desenhos, esquemas, gráficos, mapas e histórias ou narrativas (Otero, 2002; Otero *et al.*, 2003).

Segundo Klein *et al.* (2009: 3), “*As imagens podem ser definidas como o resultado do esforço de se abstrair algo e imaginação como a capacidade de decifrar as imagens*”. Sobre as imagens acrescentam que elas correspondem à visualização de fenómenos que poderão ser reais ou apenas simulações numéricas e, particularmente, no caso do ensino das ciências “*desempenham um papel facilitador na explicação de conceitos e são importantes recursos para a comunicação das idéias científicas*” (2009: 2). Numa escala ainda mais abrangente, Otero *et al.* (2003) referem que a maioria dos materiais elaborados para o ensino atribuem um papel relevante ao uso de imagens e representações externas de carácter pictórico.

Comprovando a sua pertinência e aplicação é sabido que, no decurso de uma aula, todos os professores sentem necessidade de recorrer à utilização de representações pictóricas diversas para explicitar conceitos científicos. Recorrendo a imagens estáticas ou em movimento, por vezes imagens do próprio criadas no momento, como é o exemplo de esquemas, utiliza estes recursos como facilitadores do processo de comunicação. A este respeito, Parreiral (2011), refere que:

“Muitas vezes as imagens são vistas, por professores e alunos, como um método de aprendizagem mais lúdico e menos formal. Poderão, também, ser entendidas como meios de reiteração dos conhecimentos científicos

(apresentados na forma escrita ou oral), ou, ainda, como síntese/resumo desses mesmos conhecimentos.” (2011: 35).

Todavia, há que dosear o carácter lúdico das imagens utilizadas na leccionação, na medida que, quando em excesso, elas poderão diminuir o desempenho dos alunos, tal como mostra o trabalho desenvolvido por Harp e Mayer (1997)³³.

Concretamente, no ensino das ciências, a utilização de representações pictóricas tem sido objetivo de diversos estudos, dos quais salientamos Harp e Mayer (1997), Martins (1997), Ametller *et al.* (2002), Martins e Gouvêa (2005), Martins *et al.* (2005), Javier (2006), Klein *et al.* (2009), Tauceda *et al.* (2011), Parreiral (2011) e Cook (2011). Os resultados destes trabalhos mostram a importância da utilização de diferentes tipos de imagens nos processos de ensino e aprendizagem, quer na perspectiva do professor, quer na do aluno.

Na medida em que a imagem é recorrentemente usado pelo professor, importa ainda referir um outro aspeto importante que se refere aos fatores que influenciam o professor na utilização das representações visuais durante o processo de ensino. Embora não existam muitos estudos nesta área, Cook (2011), numa investigação sobre o uso de gráficos na aprendizagem, concluiu que a sua seleção por parte do professor era influenciada: a) pelo conteúdo programático; b) pelas características dos alunos; c) pela disponibilidade de recursos.

Resumindo, não importa apenas a sua utilização em quantidade. A escolha adequada da imagem e a sua explicitação são fundamentais. Ametller *et al.* (2002), num trabalho desenvolvido com alunos do ensino secundário, reconheceram que estes possuíam dificuldades na leitura de imagens científicas. Estas dificuldades prendiam-se, nomeadamente, com a ausência de conhecimento científico necessário à sua interpretação e ainda com a ausência de legenda a acompanhar a imagem. Assim, se os alunos podem encontrar dificuldades na compreensão de imagens é importante analisar como os diferentes recursos de imagens influenciam a compreensão da mensagem transmitida (*ibidem*). Na mesma ordem de ideias, Mason *et al.* (2006) refere que, se por um lado, a leitura de imagens acontece de um modo intuitivo, a forma de compreensão é superficial e inconsciente, razão pela qual é importante o conhecimento de como a imagem comunica e transmite a mensagem.

³³ Neste trabalho conclui-se que o uso de ilustrações para a compreensão estrutural (interesse cognitivo), proporciona aos alunos uma melhor apreensão de explicações científicas, em detrimento da utilização de textos e ilustrações divertidas (interesse emocional).

Neste contexto, o conhecimento da transmissão e comunicação da imagem cresce de importância, quando nos referimos ao conteúdo pictórico dos manuais escolares de ciências, uma vez que ele se constitui como um recurso didático que contém um grande número e diversidade de imagens que pode ajudar os alunos a construir conceitos e pode, por conseguinte, ser um instrumento muito interessante para os professores de ciências (Ametller *et al.*, 2002).

Aliás, a representação pictórica tem vindo cada vez mais a ser valorizada pelos alunos, professores e autores dos manuais escolares (Vieira, 2002). Valorização esta que tem sido acompanhada pela investigação no âmbito da educação em ciência, uma vez que tem dirigido grande atenção em compreender o impacto das representações visuais de livros didáticos e materiais multimédia, na aprendizagem dos alunos (Cook, 2011).

No entanto, e como anteriormente referido, a quantidade de representações pictóricas, presente num determinado manual escolar não é necessariamente sinónimo de qualidade. Investigadores como Otero *et al.* (2002) chegam mesmo a contestar o crescente uso de imagens em livros didáticos. Referem ser comum verificar-se uma desarticulação entre a mensagem veiculada pela ilustração e o texto escrito que a acompanha, estando-se desta forma a contribuir negativamente para a construção de sentidos e significados científicos.

Particularmente, no ensino e aprendizagem das geociências, a qualidade do conteúdo pictórico é de importância decisiva, na medida em que há, frequentemente, a necessidade de transmitir informação e conceitos específicos sob a forma de imagem que deverá, necessariamente, ser apelativa, clara e objetiva. Assim, uma imagem descontextualizada ou não identificada com uma legenda, pode ser potenciadora da construção incorreta de conceitos ou ideias. Do mesmo modo, um mapa, um desenho ou uma fotografia com ausência de orientação e/ou escala, pode impedir uma perceção correta do que essa imagem pretende representar.

Cientes desta preocupação, no âmbito nacional, têm vindo a ser desenvolvidos trabalhos sobre as representações pictóricas nos manuais de Geociências, como por exemplo, nos de Ciências Naturais do 7.º ano de escolaridade (*e.g.* Parreiral e Gomes, 2009; Parreiral, 2011), Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade (*e.g.* Parreiral, 2011) ou nos de Geologia do 12.º ano de escolaridade (*e.g.* Correia e Gomes, 2010). Estes estudos mostram que, de um modo geral, e para os subtemas analisados, nem sempre existe a preocupação de traduzir estas representações e de as contextualizar no tema a que se referem.

PARTE II – O PALEOMAGNETISMO E O ENSINO DA TECTÓNICA DE PLACAS

INTRODUÇÃO

Na educação científica, em geral, e particularmente no ensino das geociências o conhecimento está em constante evolução. Os referenciais teóricos acompanham o desenvolvimento da ciência e da sociedade e a sua definição tem necessariamente que acompanhar os sucessivos avanços do saber. A par destas mudanças, também os programas curriculares e os conceitos lecionados vão sofrendo modificações e reformulações. Neste conjunto de processos é muito importante que o professor assuma uma ideia de mudança e interdisciplinaridade, desmistificando a ideia de ciência com conceitos estanques e saberes compartimentados.

Já nos referimos à importância do manual escolar no processo de ensino e aprendizagem. Em maior ou menor número, dependendo do ano e disciplina, a oferta deste recurso didático-pedagógico é diversificada, quer nos autores, quer nas editoras. Esta oferta rege-se mais por regras de mercado do que por uma avaliação efetiva da sua qualidade pedagógico-científica, muito embora exista legislação no sentido de se efetuar uma avaliação e certificação por parte da tutela.

Assim, na parte II desta dissertação é desenvolvido um estudo empírico, tendo por base manuais escolares do ensino secundário, em torno do tema do paleomagnetismo e a sua importância na construção e desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas. Temática que consideramos fundamental no ensino das Geociências. Do mesmo modo, salienta-se a importância da História da Ciência, das atividades práticas e do uso de representações

pictóricas no processo de ensino e aprendizagem das Geociências, pelo que todas estas vertentes foram consideradas no desenvolvimento do estudo apresentado e para o qual definimos os seguintes objetivos de trabalho:

- Avaliar qualitativamente os manuais escolares de Biologia e Geologia do 10.º ano e de Geologia do 12.º de escolaridade, no tema paleomagnetismo, tendo por base as respetivas orientações curriculares;
- Elaborar uma planificação e construir recursos pedagógicos que permitam colmatar lacunas identificadas na análise qualitativa dos manuais de Geologia do 12.º ano de escolaridade;
- Avaliar e validar os recursos pedagógicos elaborados.

CAPÍTULO 1. METODOLOGIA

1.1. Fundamentação

Como referido na revisão da literatura, o desenvolvimento de estudos no âmbito do paleomagnetismo foi fundamental para que, na segunda metade do séc. XX, se aceitasse a mobilidade das placas litosféricas decorrente do carácter dinâmico do interior do globo terrestre. Daqui nasceu a Teoria da Tectónica de Placas (TP) que, à época e com todas as suas certezas e fragilidades, foi um grande passo na evolução do conhecimento.

A Geologia tem alguma tradição no sistema de ensino português de nível pré-universitário, embora se tenha efetivado na estrutura dos currículos mais como resultado da vontade política do que na prática letiva, protagonizada pela resistência de muitos professores que, dentro das Ciências Naturais, valorizavam apenas o ensino da Biologia em detrimento do ensino da Geologia³⁴. Todavia, esta tradição não é extensível ao ensino do paleomagnetismo, quer porque a sua descoberta tem pouco mais de meio século, quer porque este tema estaria reservado ao ensino superior. Assim, durante muitos anos o paleomagnetismo foi um conceito que ficou de fora dos currículos nacionais do ensino básico e secundário.

No final da década de 80, início da de 90 do século passado, uma reforma curricular trouxe para as escolas básicas e secundárias, o reconhecimento da necessidade de um acréscimo de conceitos de Geologia nos *curricula* das disciplinas das ciências³⁵, que para além de “temas da Vida”, passaram a incorporar “temas da Terra”³⁶ de um modo equitativo. O

³⁴ Recomenda-se a leitura dos trabalhos desenvolvidos por Antunes (1989) e Amador (2008).

³⁵ Nomeadamente, as que eram ministradas no ensino básico e secundário regular que conduziam à progressão para estudos superiores.

³⁶ A revisão curricular, que surge na sequência da publicação da Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei n.º 46/86 de 14 de outubro), legislada pelo Decreto-Lei n.º 286/89, de 29 de agosto, cria as disciplinas de Ciências da Natureza no 2.º ciclo e de Ciências Naturais no 3.º ciclo, para o Ensino Básico; e a de Ciências da Terra e da Vida, que integrava a componente de formação específica para os alunos que cursavam o ensino secundário.

mesmo aconteceu com a reorganização curricular que se seguiu e que começou a ser implementada nos primeiros anos do século XXI³⁷, continuando a verificar-se uma distribuição equilibrada na lecionação de conteúdos das ciências da Terra e da Vida³⁸.

Neste contexto, o paleomagnetismo é um conteúdo que poderá ser lecionado associado à TP, nas áreas disciplinares que incluem a Geologia e que integram a respetiva componente curricular no 3.º ciclo do EB e no ensino secundário do ensino pré-universitário³⁹, razão pela qual apenas estes ciclos de estudos são considerados neste trabalho.

Um dos recursos pedagógicos chave para os professores e alunos são, inequivocamente, os manuais escolares. Existe no mercado livreiro um conjunto de opções de escolha, de acordo com as áreas (disciplinares e não disciplinares) e anos escolares, que justificam uma análise aprofundada tendo em conta parâmetros didático-pedagógicos, científicos ou mesmo ótico-grafemáticos.

Neste sentido, a utilização do manual no processo de ensino e aprendizagem deverá refletir um trabalho conjunto entre o autor - que o cria em função de orientações curriculares, conhecimentos científicos e pedagógico-didático - e o docente - que participa na sua escolha e o utiliza, com o objetivo único de permitir ao aluno (utilizador) a construção de conhecimentos e o desenvolvimento de competências identificados como necessários à sua formação.

Assim, partindo dos pressupostos enunciados, este estudo insere-se numa investigação de cariz qualitativo, a partir da análise documental de um conjunto definido de manuais escolares. Optou-se por uma abordagem qualitativa, comumente utilizada nas Ciências Sociais e em Educação, pois possui particularidades, das quais se destaca o facto da fonte de dados ser direta e oriunda do ambiente natural, focando-se, essencialmente, no processo em si e nos significados e não apenas nos resultados (Bogdan e Biklen, 1994). De acordo com estes autores, a investigação qualitativa, terá surgido nos finais do séc. XIX, início do séc. XX, e atingiu o seu apogeu nas décadas de 60 e 70 do século passado. Contudo, no presente séc. XXI continua a ser uma metodologia recorrente e preferencial para as Ciências da Educação.

³⁷ Decreto-Lei n.º 6/01, de 18 de janeiro, para o 3.º ciclo e Decreto-Lei n.º 74/2004, de 26 de março, para o ensino secundário.

³⁸ Contudo, apenas a introdução de exames no final do 11.º ano à disciplina de Biologia e Geologia, em 2006, veio efetivar a lecionação de todos os conteúdos da Geologia, uma vez que os professores se viram obrigados a isso.

³⁹ Vide Capítulo 5, pp. 78-90.

Apraz, ainda, referir que a inexistência de estudos de análise qualitativa que caracterizem a inclusão do paleomagnetismo em manuais escolares, tornou mais aliciante esta investigação.

1.2. Questões de investigação e objetivos

Com este trabalho de investigação, pretende-se analisar e avaliar o tipo de informação sobre o tema paleomagnetismo apresentado nos manuais escolares de Geociências, respeitantes aos anos/áreas disciplinares nos quais esta temática é de lecionação obrigatória ou mais necessária, tendo em conta os programas curriculares (Biologia e Geologia (BG) do 10.ºano e Geologia do 12.ºano de escolaridade).

Assim, foram formuladas as seguintes questões de investigação:

- Q1 - Que relação existe entre o programa de BG do 10.º ano e de Geologia do 12.º ano e os respetivos manuais de ensino, relativamente ao tema paleomagnetismo?
- Q2 - Os manuais manifestam, no capítulo sobre paleomagnetismo, a importância da História da Ciência (HC)?
- Q3 - Os manuais manifestam, no capítulo sobre paleomagnetismo, a importância das atividades práticas?
- Q4 - Os manuais evidenciam, no capítulo sobre paleomagnetismo, a importância das representações pictóricas para o ensino e aprendizagem?

Neste sentido, os objetivos específicos desta parte do trabalho são avaliar:

- a relação existente entre o programa da disciplina e o conteúdo sobre o paleomagnetismo presente nos manuais de ensino das disciplinas e anos em estudo;
- os exemplos de HC incluídos no sub-capítulo de paleomagnetismo nos manuais escolares de Geociências do 10.º e 12.º ano;
- a importância atribuída aos protagonistas da HC no sub-capítulo, das disciplinas e anos escolares em estudo;
- a forma como é apresentada a informação histórica nos subcapítulos em análise;
- as atividades práticas propostas, no âmbito deste tema, disciplinas e anos de escolaridade;

- a relação de ‘comunicação’ entre as representações pictóricas e a linguagem verbal nos subcapítulos analisados;
- o predomínio das tipologias das representações pictóricas (Fotografias, desenhos, esquemas, gráficos, mapas e associação de tipologias) na amostragem observada.
- a presença de legenda e escala (apenas para as fotografias) nas representação pictóricas consideradas.

1.3. Manuais analisados

Os manuais analisados fazem parte da lista disponível para o ano letivo 2011/2012, publicada pelo Ministério da Educação e Ciência (MEC)⁴⁰.

A tabela 5 mostra a frequência (f) de manuais escolares no mercado livreiro português, em função do ano de escolaridade, área disciplinar e editora de publicação. Para o 10.º de escolaridade existem mais manuais escolares (f=5) do que para o 12.º ano (f=3). Saliente-se que a lista de manuais existentes no mercado para ambos os anos/disciplinas analisados é coincidente com a lista dos disponibilizados pelo MEC.

Tabela 5 – Lista de manuais escolares de BG do 10.º ano e de Geologia de 12.º ano existente no mercado nacional no ano letivo 2011/2012 (f).

Editora	Ano de escol./Disciplina		Total
	10.º BG	12.º Geol.	
Areal Editores, SA	1	1	2
ASA Editores II, SA	2	1	3
Porto Editora	1	1	2
SANTILLANA - Constância	1	-----	1
Total	5	3	8

No decurso deste trabalho, os manuais de BG de 10.º ano passarão a ser identificados por 10A, 10B, 10C, 10D e 10E, enquanto os de Geologia do 12.º ano, futuramente serão

⁴⁰Informação disponibilizada no site da Direção-Geral da Educação (DGE): <http://www.dgidec.min-edu.pt/index.php?s=directorio&pid=148> (consultada em outubro de 2011).

identificados por 12A, 12B e 12C. No que respeita ao *corpus* de análise, todos os manuais para o 10.º ano são constituídos por dois volumes (um de Biologia e outro de Geologia), pelo que, de acordo com a temática em estudo, foi escolhido o volume I que, em todos os casos, corresponde ao de Geologia. Ainda neste estudo, procedeu-se à análise de todos os manuais respeitantes ao exemplar do professor⁴¹, bem como dos cadernos de atividades de apoio ao aluno que os acompanham e demais recursos complementares dos dois anos curriculares, de acordo com as especificidades que se apresentam em seguida.

No conjunto dos manuais que serviram de base a esta investigação, salientam-se as seguintes particularidades: a) um dos manuais para o 10.º ano (10C) possui um recurso de apoio adicional – *Caderno de Apoio ao Professor*. Contudo, não possui informação relevante no âmbito da temática do “paleomagnetismo” e, por isso, não foi considerado neste estudo avaliativo; b) situação semelhante ocorre com o manual 12A que inclui um *Guia do Professor*, com material complementar de apoio, mas sem referência ao assunto em causa; c) um dos manuais do 12.º ano (12B) não se faz acompanhar do caderno de atividades de apoio ao aluno.

A opção de análise do “exemplar do professor” em detrimento do “exemplar do aluno” deve-se, em exclusivo, ao facto deste estudo incidir mais sobre a ótica do professor/utilizador, enquanto agente que avalia as lacunas quanto ao cumprimento das orientações curriculares e à superação das dificuldades evidenciadas pelos discentes.

Com vista à análise da temática do paleomagnetismo para o 10.º ano, optou-se por seleccionar o conteúdo programático “*Métodos para o estudo do interior da geosfera*” (os Métodos indiretos) que faz parte do “Tema III – Compreender a estrutura e a dinâmica da geosfera”. Para o 12.º ano, seleccionou-se o conteúdo programático “*Os primeiros passos de*

⁴¹ O manual que é exemplar para o professor é em tudo semelhante ao manual do aluno. Distingue-se unicamente por incluir observações que correspondem a notas localizadas lateralmente ao corpo do texto principal, numa barra vertical e evidenciada por uma cor diferente. Estas observações constituem sugestões de exploração didáctica e de enriquecimento, propostas de soluções dos exercícios/atividades apresentadas, bem como remetem o utilizador para os recursos de apoio ao manual principal (Guia do professor, caderno de atividades/apoio, escola virtual, CD de exploração, etc.). A título de exemplo, apresentam-se duas observações:

“*Aprofundando...*

A temperatura de Curie ou ponto de Curie corresponde à temperatura acima da qual os materiais perdem as suas capacidades ferromagnéticas, voltando a adquiri-las com a diminuição da temperatura. Varia de material para material (exs.: Ferro 770°C, Níquel 365 °C). Tal foi descoberto por Pierre Curie (1859-1906)”. (Manual 10D: 167).

Estudo de caso: “Evolução tectónica da zona centro/sul de Portugal continental” Caderno de atividade”. (Manual 12C: 28).

uma nova teoria. A Teoria da Tectónica de Placas”, integrante do “Tema I - Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas”. A opção por estas unidades em detrimento da(s) outra(s) possibilidade(s) de estudo⁴² deveu-se, à maior relevância e profundidade que era dada ao tema do paleomagnetismo, pois pretendia-se obter o máximo de resultados possível.

Na tabela 6, encontram-se identificadas as páginas que foram objeto de análise em cada um dos manuais (exemplares do professor e cadernos de atividades de apoio). Estas páginas correspondem àquelas que possuem conteúdos ou exercícios da unidade selecionada.

Tabela 6 - Páginas analisadas dos manuais escolares de BG do 10.º ano e Geologia do 12.º ano.

Manual		Página
10A	Manual do professor	pp. 149-154; p. 155 e 156
	Caderno de atividades de apoio ⁴³	-----
10B	Manual do professor	pp. 114-117
	Caderno de atividades de apoio ⁴³	-----
10C	Manual do professor	pp. 140-147; p. 149
	Caderno de atividades de apoio	p. 21 e 22
10D	Manual do professor	pp. 163-171; p. 244
	Caderno de atividades de apoio	pp. 42-45
10E	Manual do professor	pp. 114-122; pp. 179-181
	Caderno de atividades de apoio	pp. 30-33
12A	Manual do professor	pp. 26-41; p. 45 e 46
	Caderno de atividades de apoio	p. 18 e 19
12B	Manual do professor	pp. 24-35; pp.64-67;
12C	Manual do professor	pp. 22-33; pp. 70-72; p. 74 e 76
	Caderno de atividades de apoio	p. 11, 12 e 14; pp. 20-22

⁴² Vide Tabela 3, pág. 80.

⁴³ O caderno de atividades que acompanha o manual não foi avaliado, uma vez que não apresenta proposta de atividades para o conteúdo “*Métodos para o estudo do interior da geosfera*”.

1.4. Instrumento

Para dar cumprimento aos objetivos propostos, e como referido anteriormente, recorreu-se a uma análise qualitativa para a qual foi construída uma grelha constituída por seis categorias. O recurso a uma grelha pré-definida torna-a um procedimento adequado a este tipo de investigação, uma vez que nos vai permitir recordar os itens que devem ser procurados durante a análise (Leite, 2002a).

Neste sentido, para a análise dos exemplos relacionadas com a História da Ciência (HC), os conteúdos programáticos e o tipo de atividades propostas, recorreu-se a uma grelha elaborada e validada por Leite (2002a) (Anexo III). Esta tabela foi adaptada e simplificada, pois o objetivo central deste estudo não se prende com o desenvolvimento exaustivo de um trabalho de avaliação sobre HC, mas apenas avaliar o modo como esta é incluída no desenvolvimento do tema paleomagnetismo. Resultaram as seguintes categorias, *“Tipo e organização da informação histórica”, “Estatuto dos conteúdos científicos”, “Material usado para apresentar a informação histórica” e “Propostas de atividades envolvendo o Paleomagnetismo”*.

Adaptou-se e simplificou-se igualmente uma grelha desenvolvida por Parreiral e Gomes (2009) (Anexo IV) para a avaliação das representações pictóricas. Deste instrumento resultaram as seguintes categorias *“Representação pictórica e relação com a linguagem verbal” e “Aspetos relativos às representações pictóricas”*. As categorias, subcategorias, itens e subitens definidas para este estudo investigativo apresentam-se na tabela 7.

Saliente-se que os cadernos de apoio aos manuais apenas foram avaliados para as categorias, *“Proposta de atividade envolvendo o Paleomagnetismo”*⁴⁴, *“Representação pictórica e relação com a linguagem verbal” e “Aspetos relativos às representações pictóricas”*, pois não possuíam informação que permitisse uma avaliação nas restantes categorias. Nas categorias em que foram avaliados ambos os recursos, o manual do professor e o caderno de atividades, os dados apresentam-se somados.

A análise aos manuais foi efetuada em 2 fases e 4 tempos. Em cada fase, foi feita uma análise em 2 tempos, individualmente e em conjunto. No tempo 1, em cada fase, procedeu-se a uma análise individual. No tempo 2, da primeira e da segunda fase, foram comparados os

⁴⁴ Para esta categoria, apenas foram considerados os exercícios que envolviam diretamente os conceitos de paleomagnetismo e não a totalidade dos exercícios que integram toda a unidade estudada.

dados individuais e procedeu-se a uma análise nos casos não concordantes de forma a encontrar uma solução consensual. A avaliação de todos os manuais foi realizada de um modo horizontal, de forma a minimizar diferentes interpretações dos critérios.

Tabela 7 - Grelha de análise.

Categoria
<i>Subcategoria</i>
Item
Subitem
Tipo e organização da informação histórica
<i>Evolução do conhecimento científico</i>
Referências a progressos científicos
Descrição de atividades observação/experimentação ao longo do tempo
Modelos evolutivos
Perspetiva linear e acumulativa
Referências a revoluções científicas, controvérsias, mudanças teóricas, etc.
Responsáveis pela evolução
Trabalho individual
Grupos restritos (≤ 3)
Comunidades científicas
<i>Os protagonistas</i>
Dados biográficos
Características pessoais
Episódios com interesse
Material usado para apresentar a informação histórica
<i>Representações pictóricas</i>
Pessoais
Instrumentos/equipamentos
<i>Documentos/textos</i>
<i>Relatos de observações/experiências históricas</i>
Estatuto dos conteúdos científicos
<i>Essencial/básico</i>
<i>Complementar</i>

Proposta de atividades práticas envolvendo o Paleomagnetismo

Obrigatoriedade ou não na sua realização

Atividades prioritárias

Atividades livres/facultativas

Tipologia

Leitura guiada

Pesquisa bibliográfica

Realização de experiências

Análise de dados

Outro

Representação pictórica e relação com a linguagem verbal

O texto não faz referência à representação pictórica que o acompanha

O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha

O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha, descrevendo alguns aspectos do conteúdo que esta pretende representar

Aspetos relativos às representações pictóricas

Legenda

Sem legenda

Legenda simples

Legenda descritiva

Escala Espacial

Sem escala

Com escala

CAPÍTULO 2. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo são apresentados e interpretados os dados da análise qualitativa aos manuais escolares e categorias previamente definidas na metodologia. Estes são exibidos em tabela e por categoria ou subcategoria, adequadamente discriminados por disciplina/ano letivo⁴⁵. Cada categoria considerada corresponde a um subcapítulo e, nas tabelas, o número indicado para cada uma das categorias ou subcategorias corresponde à frequência (f) desse item nos manuais analisados.

Ao longo da descrição da análise dos dados é feita uma pequena referência descritiva a cada uma das categorias e subcategorias e são indicados alguns exemplos e/ou excertos de páginas/texto onde podemos encontrar evidência dessa categoria/subcategoria nos manuais escolares em estudo.

2.1. Tipo e organização da informação histórica

A categoria “*Tipo e organização da informação histórica*” foi subdividida em duas subcategorias: *Evolução do conhecimento científico* e *Os protagonistas*. Na primeira, integraram-se aspetos como a ‘Referência a progressos científicos’ que conduziram aos conhecimentos do paleomagnetismo e à construção da Teoria da Tectónica de Placas (TP); a descrição, tanto numa vertente sincrónica como diacrónica, das ‘atividades de observação/experimentação’; os ‘Modelos evolutivos’; ou ainda a referência aos ‘responsáveis pela própria evolução’. Na segunda subcategoria, *Os protagonistas*, avalia-se um conjunto de características referentes aos intervenientes (filósofos, naturalistas, cientistas...) que, no seu conjunto, participaram no processo de construção da ciência. No

⁴⁵ Nos anexos V e VI, respetivamente para o 10.º e 12.º anos, encontram-se todos os dados obtidos nesta análise qualitativa e que permitiram a construção das tabelas apresentadas neste capítulo.

item ‘Episódios com interesse’⁴⁶ consideramos pequenas curiosidades, minuciosidades ou relatos históricos de situações que se transformaram em oportunidade de integrar a História da Ciência. Neste particular, concordamos com Pereira e Amador (2007) quando referem que estas “*pequenas ‘histórias’*”, quando devidamente enquadradas, “*podem desempenhar uma função positiva*” (2007: 198).

Biologia e Geologia - 10.º Ano

Os manuais escolares do 10.º ano de escolaridade, e para o conteúdo em apreço⁴⁷, não dão relevância à inclusão de informação sobre o percurso histórico que, indubitavelmente, é responsável pela evolução da ciência e do conhecimento científico (Tabela 8).

Verifica-se ainda um comportamento semelhante no que respeita aos agentes desta evolução. Neste contexto, pode afirmar-se que existe um quase vazio histórico, com uma ausência evidente de personalidades responsáveis pelos feitos histórico-científicos.

Comparando a soma dos diversos itens, no total dos manuais, pode ler-se que os manuais 10D e 10E são os que apresentam uma maior frequência na subcategoria *Evolução do conhecimento científico*, contabilizando 14 e 11 referências respetivamente. Registe-se ainda que, a ‘Descrição de atividades observação/ experimentação ao longo do tempo’, é um parâmetro observável na maioria dos manuais, facto que se poderá justificar com a importância que a observação e experimentação possuem para a evolução do conhecimento científico.

Alguns dos exemplos notados são claras evidências da importância que os estudos paleomagnéticos⁴⁸ têm para o conhecimento do interior da geosfera:

*“As **anomalias magnéticas**, detetadas com recurso a **magnetómetros**, são, à semelhança das gravimétricas, um bom indicador da existência de jazigos metálicos, no interior da crosta terrestre, constituindo, inclusive as primeiras aplicações geofísicas à prospeção mineira.”* (Manual 10A: 152).

⁴⁶ Na grelha de análise original de Leite (2002a), que serviu de base à nossa, este item surge com a designação de “*episodes/anecdotes*”.

⁴⁷ “*Métodos para o estudo do interior da geosfera*” (os Métodos indiretos) que faz parte do “Tema III – Compreender a estrutura e a dinâmica da geosfera”.

⁴⁸ Relembre-se o que dissemos no capítulo 5, pág. 81, sobre a importância que, no nosso entender, o paleomagnetismo deve ter na leção dos métodos indiretos para o estudo do interior da geosfera.

“A determinação da idade das rochas em paralelo com a orientação magnética permitiu aos geólogos estudar as variações do campo magnético terrestre ao longo do tempo. A descoberta de rochas magnetizadas com cerca de 3,5 mil milhões de anos, permitiu concluir que o núcleo externo líquido, rico em ferro, já se encontraria formado nesta altura.” (Manual 10D: 168).

Tabela 8 - Resultados da análise da categoria “*Tipo e organização da informação histórica*” em manuais de BG do 10.º ano (f).

Subcategoria	Item	Subitem	Manuais				
			10A	10B	10C	10D	10E
Evolução do conhecimento científico		Referências a progressos científicos	2	-----	-----	2	1
		Descrição de atividades observação/experimentação ao longo do tempo	5	3	-----	5	3
	Modelos evolutivos	Perspetiva linear e acumulativa	1	2	3	6	6
		Referências a revoluções científicas, controvérsias, mudanças teóricas, etc.	-----	-----	-----	-----	-----
		Trabalho individual	1	1	1	-----	1
	Responsáveis pela evolução	Grupos restritos (≤ 3)	-----	-----	-----	-----	-----
Comunidades científicas (>3)		-----	2	2	1	-----	
Os protagonistas		Dados biográficos	1	-----	-----	-----	-----
		Características pessoais	1	-----	-----	-----	1
		Episódios com interesse	2	-----	-----	-----	-----
Total			13	7	6	14	12

O conhecimento científico é evolutivo e acumulativo. Resulta do contributo de fontes e áreas científicas diversas, numa colaboração conjunta que culmina no desenvolvimento de modelos, hipóteses ou teorias. Não possuindo valores muito representativos, o subitem ‘Perspetiva linear e acumulativa’ é avaliável em todos os manuais analisados, com uma frequência máxima de 6 referências nos manuais 10D e 10E.

Os dados paleomagnéticos foram significativos para o conhecimento indireto do interior da geosfera e a construção do(s) modelo(s) do globo terrestre. Dando relevância a esse conhecimento, dois dos manuais analisados (M10D e M10E) dão particular destaque ao estudo do campo magnético, quer o atual, quer o ancestral, numa alusão direta ao surgimento da Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos que, conjuntamente com outros dados geofísicos e geológicos, foi de extrema relevância para compreender a dinâmica interna da geosfera:

“Mas os estudos do paleomagnetismo também possibilitaram estudar a evolução dos fundos oceânicos e inferir acerca do dinamismo da crosta e do manto superior.” (Manual 10D: 168).

“A disposição simétrica das inversões de polaridade magnética registradas na porção de crosta oceânica de ambos os lados do rifte são perfeitamente compreensíveis, admitindo a expansão dos fundos oceânicos a partir dessa zona.” (Manual 10E: 119).

No que respeita à subcategoria *Os protagonistas*, apenas o manual 10A possui informação avaliável em todos os seus parâmetros, muito embora a frequência se situe em valores mínimos ($f=1/2$). Note-se, que, no manual 10A, o português D. João de Castro é a única personalidade a é feita uma referência pessoal e surge como curiosidade, numa caixa à margem do texto principal, como se pode observar na figura 52.

Patrick Blackett é apresentado no manual 10E como *“um físico inglês”* (M10E: 119), constituindo a única informação sobre os protagonistas associados a trabalhos de paleomagnetismo, no século XX, que é disponibilizada por este livro.

Na caixa de texto relativa ao D. João de Castro, exposta na figura 52, regista-se uma das duas menções assinaladas como ‘Episódio com interesse’ no manual 10A ($f=2$). Neste, o navegador português *“foi pioneiro no estudo do magnetismo terrestre.”* (Manual 10A: 153). No segundo episódio considerado como tendo interesse, relata-se um acontecimento decorrido numa das primeiras expedições polares durante a qual, os descobridores:

“(…) ao seguirem a orientação da bússola, não alcançaram o Pólo Norte geográfico, como estava previsto, porque foram conduzidas pela direcção do norte magnético.” (Manual 10A: 156).

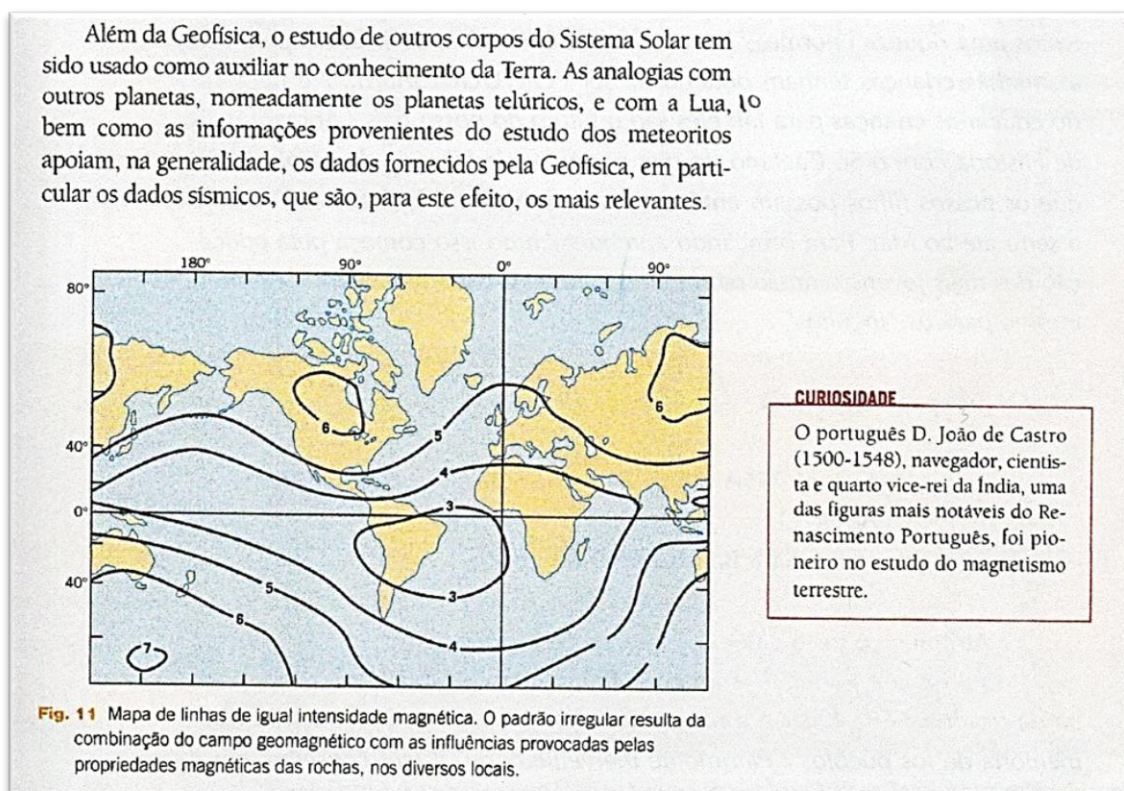


Figura 52 – Excerto da página 153 do manual 10A.

Geologia - 12.º Ano

Os manuais escolares do 12.º ano de Geologia incluem na sua totalidade, e para o conteúdo considerado⁴⁹, diversas menções de teor informativo-histórico (Tabela 9). Concretamente, a subcategoria *Evolução do conhecimento científico* regista referências em todos os itens e manuais estudados.

Numa avaliação mais detalhada da primeira subcategoria, *Evolução do conhecimento científico*, é notória a importância que lhe é atribuída pelos autores do manual 12A. Assim, neste recurso pedagógico, a frequência das referências é aproximadamente o dobro ($f=69$) quando comparada com os restantes manuais ($f=35$ e $f=36$, respetivamente M12B e M12C). A

⁴⁹ “*Os primeiros passos de uma nova teoria. A Teoria da Tectónica de Placas*”, integrante do Tema I - Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas.

particularidade deste resultado também reflete o facto de o manual 12A ser o mais antigo do mercado⁵⁰.

Tabela 9 - Resultados da análise da categoria “*Tipo e organização da informação histórica*” em manuais de Geologia do 12.º ano (f).

Subcategoria	Item	Subitem	Manuais		
			12A	12B	12C
Evolução do conhecimento científico	Referências a progressos científicos		14	15	10
	Descrição de atividades, observação/experimentação ao longo do tempo		12	5	3
	Modelos evolutivos	Perspetiva linear e acumulativa	12	1	2
		Referências a revoluções científicas, controvérsias, mudanças teóricas, etc.	9	6	5
	Responsáveis pela evolução	Trabalho individual	14	5	13
		Grupos restritos (≤ 3)	3	1	2
		Comunidades científicas (>3)	5	2	1
Os Protagonistas	Dados biográficos		3	-----	4
	Características pessoais		2	16	8
	Episódios com interesse		-----	2	4
Total			74	53	52

O item ‘Referências a progressos científicos’ é de todos, indubitavelmente, o mais representativo, com 39 referências no total dos três manuais. De entre os progressos

⁵⁰ Data de edição dos manuais de Geologia do 12.º ano analisados:

Manual Escolar	Ano de edição
12A	2005
12B	2006
12C	2009

científicos referidos, os trabalhos no âmbito do paleomagnetismo, são mencionados como tendo tido um contributo fundamental para a:

a) aceitação do mobilismo da superfície terrestre:

“A determinação do paleomagnetismo de rochas vulcânicas do Pérmico, do continente Norte-Americano, permitiu localizar o pólo norte magnético, deste período geológico, na Asia Oriental. Por outro lado, rochas do Pérmico do continente europeu localizavam o mesmo pólo próximo do Japão.” (Manual 12A: 31)

“Os dados resultantes do estudo do paleomagnetismo (...) têm permitido aos geólogos um conhecimento cada vez maior da dinâmica interna do nosso planeta. Estes dados foram muito importantes, pois permitiram convencer a maioria da comunidade científica, nomeadamente os geofísicos, que a mobilidade dos continentes é um facto incontestável.” (Manual 12B: 32)

“Os desenvolvimentos tecnológicos verificados após a II Grande Guerra Mundial permitiram explorar de uma forma mais eficaz os fundos oceânicos e obter novos dados sobre a deriva dos continentes, nomeadamente:

- a descoberta da existência de um campo magnético terrestre, cujo pólo magnético varia ao longo do tempo geológico (de positivo a negativo).” (Manual 12C: 22)

b) formulação da Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos e da teoria da TP:

“ (...) Frederick Vine e Drummond Matthews, avançam com uma interpretação diferente – as anomalias magnéticas são testemunhos da expansão dos oceanos”. (Manual 12A: 32)

“Os dados obtidos através dos perfis magnéticos mostravam a existência de um padrão característico nos fundos oceânicos (...).

Este tipo de dados sugeriu a existência de um alastramento dos fundos oceânicos (...).” (Manual 12B: 34)

“Embora muitas das conclusões de Wegener e Holmes estivessem incorrectas ou baseadas em argumentos pouco sólidos, as suas ideias foram a base para a compreensão dos mecanismos da expansão dos fundos oceânicos, A descoberta do paleomagnetismo e o desenvolvimento acentuado da oceanografia constituíram pontos cruciais no desenvolvimento das novas teorias.” (Manual 12C: 24)

A evolução do conhecimento científico implica necessariamente o estudo empírico, pelo que nos parece fundamental que a ‘Descrição de atividades, observação/experimentação ao longo do tempo’ tenha uma presença habitual em manuais escolares. Particularmente, quando os assuntos apontam para um necessário conhecimento da HC, deve ser dada ênfase às referências que, de algum modo, contribuíram para o progresso científico.

Tendo em conta este pressuposto, a leitura da tabela 8, permite-nos afirmar que apenas os autores do manual 12A parecem ter tido alguma preocupação no desenvolvimento deste parâmetro, uma vez que nele encontramos 12 referências quantificáveis, enquanto nos outros dois a frequência é significativamente inferior, $f=5$ e $f=3$, respetivamente, nos manuais 12B e 12C. Dos relatos de observação identificados, chamamos à atenção, uma vez mais, para o destaque dado aos estudos paleomagnéticos como tendo sido essenciais no rompimento com as teorias imobilistas e a aceitação da mobilidade da litosfera:

“Esta recolha sistemática de dados paleomagnéticos permitiu afirmar, por volta de 1955, que, desde o Pérmico, a América do Norte e do Sul se afastaram consideravelmente da Europa e da África.” (Manual 12A: 32)

*“A cartografia do paleomagnetismo nos fundos oceânicos permitiu verificar a alternância de anomalias magnéticas (...). Estas observações permitiram concluir que ocorre a **expansão dos fundos oceânicos** ao nível das dorsais médio-oceânicas.”* (Manual 12C: 26)

O conteúdo que constitui a base de análise deste estudo qualitativo é um tema que, por si só, encerra uma transformação nos modelos aceites pela comunidade científica: a) da imobilidade da superfície terrestre evoluiu-se para a mobilidade; b) dos fundos oceânicos constituídos por planícies submersas, veio o reconhecimento da existência de cadeias de montanhas e fossas sob as grandes massas de água oceânica; c) de um globo terrestre possuidor de uma superfície contínua e estável, surgiu o conceito de uma litosfera fraturada e dinâmica. Como tal, seria expectável uma frequência significativa de referências no parâmetro ‘Modelos evolutivos’.

Assim, no manual 12A ($f=21$) regista-se, tal como nos parâmetros anteriores da subcategoria em análise, um maior número de referências comparativamente aos restantes ($M12B=7$ e $M12C=7$). A maioria das menções identificadas são alusões ao surgimento da Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos e da teoria da TP. No entanto, note-se que estas

mudanças de modelo são indissociáveis e sequenciais no tempo, às quais acresce, sem dúvida, o contributo dos estudos paleomagnéticos.

“Este modelo de Hess representa uma evolução relativamente ao modelo de Wegener. Para Wegener, os fundos oceânicos permaneciam estacionários à medida que os continentes derivavam sobre eles; para Hess, os oceanos estão animados de movimento – a contínua formação de crosta oceânica no rifte empurra a crosta adjacente obrigando a afastar-se da dorsal, expandindo o fundo oceânico.” (Manual 12A: 29)

“Com a explicação das anomalias magnéticas detectadas ao longo da dorsal médio-atlântica, a hipótese da expansão dos fundos oceânicos ganhou rapidamente adeptos e representou um novo avanço principal no desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas.” (Manual 12B: 34)

“(…) Fred Vine e Drummond Matthews publicaram um trabalho relacionando a expansão dos fundos oceânicos com os estudos de paleomagnetismo.” (Manual 12C: 31)

No parâmetro ‘Responsáveis pela evolução’ é dada muita ênfase ao trabalho individual de diversos cientistas, sendo a frequência a referências individuais significativamente maior nos manuais 12A (f=14) e 12C (f=13). Os nomes mais registados são os de Alfred Wegener (M12A: 29, 41; M12B: 29; M12C: 24), Arthur Holmes (M12C: 22, 24, 31), Harry Hess (M12A: 26, 28, 29, 30, 35, 41; M12C: 24, 28, 31), Robert Dietz (M12A: 29, 30, 41; M12C: 31) e Tuzo Wilson (M12A: 35, 36; M12B: 34; M12C: 28). Ainda assim, nem todos os manuais aludem a totalidade destes cientistas, e unicamente o primeiro e o último dos nomes são comuns aos três manuais. Neste ponto, chame-se a atenção para a ausência de referências ao geólogo Harry Hesse no corpo do texto do manual 12B, uma vez que apenas no final da unidade (M12B: 64, 65), numa súplica histórica que agrega alguns eventos importantes no desenvolvimento da TP, é mencionado o trabalho desenvolvido por este cientista. Esta ausência parece-nos significativa, na medida em que Harry Hesse foi fundamental na interpretação dos dados dos estudos paleomagnéticos efetuados nos fundos oceânicos, estudos que permitiram apresentar a Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos e, assim, abrir a porta para a construção da TP.

No trabalho desenvolvido por grupos restritos é sempre, e apenas, referida a dupla Fred Vine e Drummond Mathews (M12A: 32, 34, 35; M12B: 32; M12C: 28, 31). Este grupo

estudou as anomalias dos fundos oceânicos, com recurso a dados paleomagnéticos que comprovavam a expansão dos fundos oceânicos, tendo igualmente contribuído para o desenvolvimento da TP. Um dos manuais atribui-lhes mesmo a autoria da elaboração desta teoria:

*“Os dados de Hess sobre a morfologia dos fundos oceânicos e a hipótese da sua expansão foram definitivamente comprovados por Fred Vine e Drummond Matthews em 1963, ao estudarem o padrão paleomagnético anteriormente descrito. É assim atribuída a estes cientistas a elaboração da **Teoria da Tectónica de Placas.**”* (Manual 12C: 28).

Podemos afirmar que, neste ponto, no manual 12C falta rigor científico no que respeita aos autores da TP. A teoria, como anteriormente foi referido, resultou do contributo de diversos cientistas de ambos os lados do Atlântico, não se reconhecendo um autor, ou mesmo data exata, na sua formulação⁵¹.

No que respeita à subcategoria *Os Protagonistas*, os manuais 12B e 12C possuem um número significativamente maior de referências (f=18 e f=16, respetivamente) do que o manual 12A (f=5) (Tabela 9). Este resultado não deixa de ser curioso, na medida em que é oposto ao encontrado na subcategoria *Evolução do conhecimento científico*. Ou seja, o manual com uma maior frequência de alusões informativas sobre a história da evolução do conhecimento científico, M12A (M12A=69; M12B=35; M12C=36), é aquele que possui menos elementos sobre os protagonistas (M12A=5; M12B=18; M12C=16) dessa mesma evolução.

Da análise geral, verificamos ainda que, contrariamente ao expectável, não é o manual escolar de edição mais recente (M12C) que apresenta mais informação histórica dos protagonistas, pese embora as reconhecidas indicações para a importância da sua inclusão no ensino das ciências. Outra nota relevante é a ausência total da descrição de ‘Episódios com interesse’ no manual 12A para o conteúdo estudado.

Relativamente ao manual 12B, há ainda uma particularidade a referir. Grande parte das referências históricas aos protagonistas da construção do conhecimento científico, presentes no subcapítulo que dedica à temática em estudo, não integram as páginas principais que dedica ao desenvolvimento teórico-prático do conteúdo (M12B: 24-35). Esta informação

⁵¹ Vide Capítulo 4, pp. 53-77.

encontra-se no final de toda a unidade em que este subcapítulo está incluído (M12B: 64, 65) numa síntese que, embora não individualizada por conteúdo, constitui um sumário que inclui personagens históricas, suas características pessoais e acontecimentos de referência neste campo científico (Fig. 54).

Numa análise mais pormenorizada à subcategoria *Os Protagonistas*, verificamos que o manual 12C apresenta uma frequência maior de informação, tanto no que diz respeito a ‘Dados biográficos’ (f=4) como a ‘Episódios com interesse’ (f=4), quando comparada com os restantes manuais (Tabela 9). No que respeita a ‘Características pessoais’, o manual 12B possui um número maior de referências (f=16). No manual 12A, os dados biográficos surgem na totalidade em caixas na margem do manual, sempre associados a imagens fotográficas dos personagens e com a respetiva data de nascimento e de óbito (M12A: 26, 29, 35) (Fig. 53).

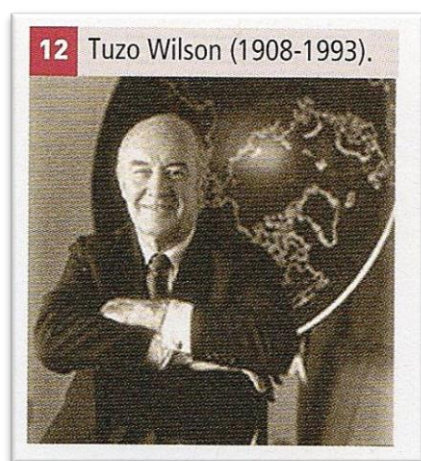


Figura 53 – Excerto da página 35 do manual 12A.

Contudo, as características pessoais, embora breves, encontram-se integradas no corpo do texto principal (M12A: 26, 35). Há que enfatizar o facto de os protagonistas serem descritos como elementos socialmente ilustres e capazes, como de seguida se exemplifica:

“Harry Hess, professor da Universidade de Princeton, nos EUA, durante a Segunda Guerra Mundial, foi oficial da marinha norte-americana. Sendo Geólogo, Hess procedeu ao levantamento da topografia do Oceano Pacífico, tendo obtido dados surpreendentes.” (Manual 12A: 26).

“Em 1963, Tuzo Wilson, um importante geólogo canadiano, que sempre se assumiu como um contracionista (...)”(Manual 12A: 35).

Alguns eventos importantes no desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas
1890: É desenvolvido pelos ingleses Thomas Gray, John Milne e James A. Ewing o primeiro sismógrafo com utilidade científica.
1909: É proposto um modelo de estrutura do globo terrestre em unidades concêntricas. O cientista jugoslavo Mohorovicic utiliza dados relativamente ao comportamento das ondas sísmicas, para caracterizar a crosta continental.
1913: Beno Gutenberg (Universidade de Göttingen) determina a profundidade que delimita a interface manto-núcleo.
1915: Alfred Wegener, meteorologista Alemão, propõe a primeira teoria mobilista, denominada teoria da deriva dos continentes, apoiada, entre outros, por dados geológicos, paleontológicos, geofísicos e paleoclimáticos observados em vários continentes.
1928: Arthur Holmes (Universidade de Durham) propõe um motor para a deriva continental baseado na existência de correntes de convecção subcrustais. A sua teoria refere termos como divergência e convergência dos fundos oceânicos e convecção do manto.
1946-1950: Cientistas começam a utilizar sondas acústicas, hidrofones, magnetómetros e outros instrumentos de apoio à navegação desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial, para explorar os relevos dos fundos oceânicos. Estes estudos sugerem que a crosta oceânica é de natureza basáltica, apresentando uma espessura aproximadamente de 5 km, em contraste com os cerca de 40 km de espessura da crosta continental, constituída por rochas como o granito.
1954: Hugo Benioff (Caltech) refere que os sismos com hipocentro profundo se situam ao longo de um plano inclinado por debaixo de zonas de fossas oceânicas e arcos insulares activos. Este facto seria mais tarde associado às zonas de subducção.
1959: Bruce Heezen e Marie Tharp, cientistas da Universidade de Columbia, desenvolveram os primeiros mapas topográficos detalhados dos fundos oceânicos, mostrando um sistema global de cristas e falhas na zona central do oceano.
1962: Harry Hess, geólogo de Princeton, utilizando os mais recentes resultados da exploração dos fundos oceânicos, sustentou a tese de que os continentes são transportados passivamente como se estivessem sobre um tapete rolando, sendo este movimento uma consequência das correntes de convecção. Nas zonas de convergência de ramos descendentes destas células, os fundos oceânicos mais antigos mergulhariam para o interior da Terra em zonas que correspondiam às fossas profundas que bordejam certos arcos insulares e determinadas margens continentais.
1963: Allan Cox, de Stanford, e cientistas da U. S. Geological Survey, como Richard Doell e Brent Dalrymple, utilizaram os padrões relativos às inversões de polaridade das rochas do fundo oceânico e as idades radiométricas (absolutas) das rochas basálticas constituintes dos fundos oceânicos para estabelecer uma escala de tempo geomagnética para datar rochas.
1963: Frederick Vine e Drummond Matthews, da Universidade de Cambridge, relacionam os padrões característicos das anomalias magnéticas como uma consequência da inversão da polaridade do campo magnético terrestre. Estas faixas com polaridade alternada e simétricas em relação ao rifte foram associadas à expansão do fundo do oceano a partir das dorsais.
1965: O geólogo canadiano J. Tuzo Wilson propõe a existência de falhas transformantes como explicação para os desalinhamentos das cristas oceânicas.
1968: O navio-sonda Glomar Challenger inicia a perfuração dos fundos marinhos, permitindo colher amostras de sedimentos e de rocha basáltica. O estudo destes materiais confirma o mecanismo de expansão do fundo oceânico.
1968: os geofísicos, Jack Oliver, Lynn Sykes e Bryan Isaacs, através de dados obtidos pelo estudo dos sismos, nomeadamente tendo em conta a sua distribuição ao nível do Globo, a profundidade a que se localiza o hipocentro e os mecanismos que estão na sua origem, consideraram ser argumentos suficientes para fundamentar a Teoria da Tectónica de Placas.
Fim dos anos 1960: Tuzo Wilson sugere a existência de um conjunto de placas rígidas; Dan McKenzie (Cambridge), Robert Parker (Scripps), W. Jason Morgan (Princeton) e o cientista francês Xavier LePichon estudam as formas das placas, a sua geometria e a história do seu movimento numa esfera.

Figura 54 – Página 64 do manual 10B.

No manual 12C, os dados biográficos dos protagonistas encontram-se, num dos exemplos, numa informação adicional, na margem do texto (M12C: 24). Enquanto nos restantes, esses dados se descobrem num resumo no final do capítulo, fazendo-se acompanhar de uma imagem fotográfica e de uma pequena descrição das suas características pessoais (Fig. 55). Na globalidade dos manuais analisados, as características pessoais mais aludidas dizem respeito à profissão e à nacionalidade.

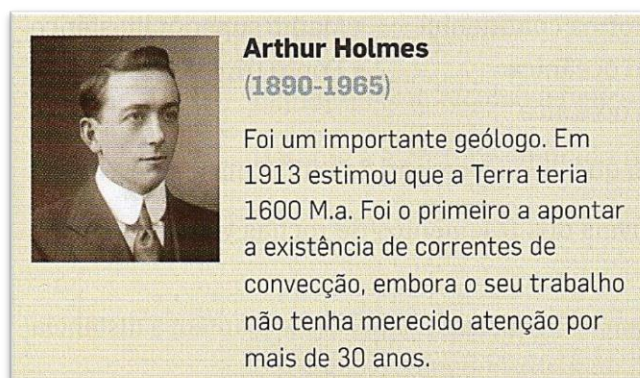


Figura 55 – Excerto da página 76 do manual 12C.

No último item desta segunda subcategoria, ‘Episódios com interesse’, registamos alguns exemplos que confirmam a importância que a HC tem para o ensino. Os alunos deverão ter consciência, por exemplo, de que em ciência não há verdades absolutas e que aquilo que hoje é considerado uma certeza indubitável, nem sempre o foi:

“A mobilidade continental foi debatida antes e após a morte de Wegener, sendo considerada nas décadas seguintes como excêntrica e improvável pela maior parte da comunidade científica de então.” (Manual 10B: 24).

Ou, ainda, que a velocidade de divulgação e partilha do conhecimento já foi bem difícil e condicionante, criando por vezes injustiças. A título de exemplo, refira-se a casualidade e injustiça com que, por vezes, foram atribuídos os êxitos das descobertas:

“(...) em 1963, (...) Fred Vine e Drummond Matthews publicaram um trabalho relacionando a expansão dos fundos oceânicos com os estudos de paleomagnetismo. No entanto, o geólogo L. W. Morley tinha tentado publicar nove meses antes um trabalho semelhante, mas que não foi aceite por uma revista. (...) O trabalho acabou por ser publicado em 1964, mas os créditos da formulação da tectónica de placas já tinham sido atribuídos a Vine e Matthews. (Manual 12C: 31).

2.2. Material usado para apresentar a informação histórica

Na análise desta categoria e para as duas primeiras subcategorias, *Representações pictóricas* e *Documentos/textos*, consideramos a informação oriunda de fontes primárias. Neste contexto, foram consideradas todos os pictogramas pessoais (p. ex., fotos de cientistas) e de instrumentos/equipamentos. Avaliámos igualmente textos, ou partes destes, que são testemunhos de acontecimentos ou evidências da História da Ciência (HC).

Na última subcategoria, *Relatos de observações/experiências históricas*, foram consideradas as descrições pormenorizadas de acontecimentos reais da época, embora o discurso seja dos autores dos manuais. Note-se que foram apenas analisadas as situações devidamente individualizadas e não diluídas no corpo do texto.

Biologia e Geologia - 10.º Ano

Em sequência da pouca importância atribuída às referências históricas da evolução, bem como aos protagonistas do conhecimento científico, plasmados nos resultados relativos à categoria “*Tipo e organização da informação histórica*”, a presente categoria “*Material usado para apresentar a informação histórica*”, apresenta poucos dados para análise nos manuais de BG do 10.º ano (Tabela 10).

Tabela 10 - Resultados da análise da categoria “*Material usado para apresentar a informação histórica*” em manuais de BG do 10.º ano (f).

Subcategoria	Item	Manuais				
		10A	10B	10C	10D	10E
Representações pictóricas	Pessoais	----	----	----	----	----
	Instrumentos/equipamentos	----	----	----	----	1
Documentos/textos		----	----	----	----	----
Relatos de observações/experiências históricas		2	----	----	----	----
	Total	2	----	----	----	1

Relativamente à primeira subcategoria, *Representações pictóricas*, regista-se uma ausência total de pictogramas referentes a indivíduos e apenas o manual 10E possui uma imagem pictórica ($f=1$) de um instrumento/equipamento que, neste caso, é um magnetómetro criogénico, mas que no manual é apresentado apenas por magnetómetro (Fig. 56).

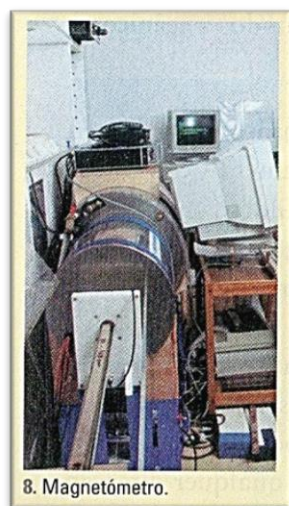


Figura 56 – Excerto da página 119 do manual 10E.

Na subcategoria *Relatos de observações/experiências históricas* quantificamos apenas duas menções. Ambas registadas no manual 10A ($f=2$) correspondem, no primeiro caso, ao modelo proposto por Airy sobre a compensação das densidades em função do relevo que se verifica à superfície terrestre (M10A: 152); no segundo caso, ao relato de um acontecimento e que se pode ler numa caixa de texto. Nela é descrita uma das primeiras expedições polares, na qual os exploradores orientados por uma bússola seguiram a direção do polo norte magnético em vez do polo norte geográfico (Manual 10A: 156).

Geologia - 12.º Ano

De um modo geral, nenhum dos manuais analisados evidencia uma preocupação com a inclusão de fontes primárias para a apresentação de informação histórica sobre o tema do Paleomagnetismo (Tabela 11).

Embora estes recursos pedagógicos possuam bastantes referências históricas, como se pode verificar na tabela 9⁵², a sua inclusão corresponde, na maioria, a referências e descrições

⁵² Vide pág. 107.

da lavra dos autores dos manuais e integradas no corpo do texto, pelo que não são aqui contabilizadas.

Tabela 11 – “Resultados da análise da categoria “*Material usado para apresentar a informação histórica*” em manuais de Geologia do 12.º ano (f).

Subcategoria	Item	Manuais		
		12A	12B	12C
Representações pictóricas	Pessoais	3	-----	3
	Instrumentos/equipamentos	1	2	1
Documentos/textos		-----	1	-----
Relatos de observações/experiências históricas		-----	1	-----
Total		4	4	4

Assim, somente a subcategoria *Representações pictóricas* é alvo de maior atenção por estes autores, uma vez que se registam referências em todos os manuais (M12A=4; M12B=2; M12C=4). Com maior significado, registamos o parâmetro em que se incluem as imagens pictóricas de personagens-chave.

As fotografias identificadas dizem respeito a cinco cientistas: Alfred Wegener (M12C: 76), Arthur Holmes (M12C: 76), Harry Hess (M12A: 26; M12C: 76), Robert Dietz (M12A: 29) e Tuzo Wilson (M12A: 35). Curiosamente, a imagem de Hess é a mesma em ambos os manuais (Fig. 57 e 58), embora sejam de editoras distintas.

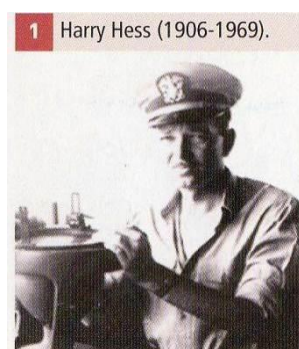


Figura 57 – Excerto da página 26 do manual 12A.

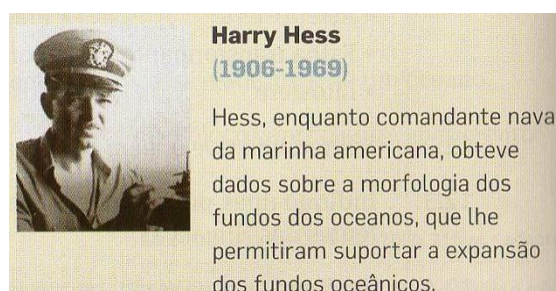


Figura 58 – Excerto da página 76 do manual 12C.

Estas duas imagens, conjuntamente com as de Alfred Wegener e Arthur Holmes, encontram-se também disponíveis no site Google Imagens⁵³. A internet é, atualmente, uma ferramenta de utilidade inegável e singular. De facto, ela é um imenso repositório de saberes e materiais de muito fácil acesso, o que a torna numa fonte muito prática de utilizar. Na procura de materiais completamente inéditos, muitas vezes difíceis de encontrar, o recurso a fontes da internet, devidamente referenciadas e valoradas por instituições científicas, poderá ser uma alternativa a considerar. Procedimento que se compreende e justifica, por um lado com a necessidade e por outro, com a legitimidade da sua utilização logo que acompanhada da devida referência.

Neste contexto, há uma outra questão que importa destacar: a ausência de referências a acompanhar as fontes. Dos manuais em estudo, apenas o M12C possui, nas páginas finais, um quadro com a fonte das figuras utilizadas (M12C: 254). Porém, nenhuma das imagens que integra as páginas analisadas remete para a leitura deste quadro e apenas uma minoria dos pictogramas é aí referenciada. As fotografias a que fazemos alusão engrossam a lista das ausências.

A falta de referência é uma falha que julgamos pertinente salientar, na medida em que poderá pôr em causa a credibilidade de alguma informação utilizada. Por outro lado, ninguém se deve apoderar da propriedade intelectual de terceiros e, simultaneamente, o leitor tem direito ao conhecimento da origem da informação.

As representações pictóricas de ‘Instrumentos/Equipamentos’ correspondem: ao aparelho “sonar”⁵⁴ (M12B: 25) e aos navios, “Glomar Challenger”⁵⁵ (M12A: 35) e “Joides Resolution”⁵⁶ (M12B: 32; M12C: 26), todos eles elementos essenciais no desenrolar desta

⁵³ <http://www.google.com/imghp?hl=pt-PT&tab=ii> (consultado em janeiro/2012).

⁵⁴ *Sound Navigation and Ranging* (navegação e determinação da distância pelo som) é um instrumento que utiliza as ondas sonoras, para detetar objetos no oceano. Constitui um auxiliar da navegação marítima. Inicialmente foi empregue na localização de submarinos (em guerras), mas posteriormente também foi usado no estudo e pesquisa dos oceanos (determinação da topografia dos fundos oceânicos, nomeadamente na segunda metade do século XX) e na pesca, para a localização de cardumes.

⁵⁵ Navio de exploração científica dos fundos oceânicos que, a partir de 1968, integrou o *Deep Sea Drilling Project*. As descobertas resultantes das perfurações a bordo deste foram fundamentais, para o reconhecimento da teoria de Alfred Wegener e constituíram prova para apoiar a tectónica de placas.

⁵⁶ Este é um dos principais navios de pesquisa dos fundos oceânicos e veio substituir o “Glomar Challenger” em 1985. Foi especialmente projetado para fazer perfurações profundas no fundo do mar, conseguindo recolher amostras de rochas e sedimentos a quase 5 km de profundidade.

temática. As imagens destes navios podem, também, ser encontradas no site Google Imagens, tal como o registado com a maioria dos pictogramas pessoais.

Uma nota final para a ausência, uma vez mais, de fonte bibliográfica a acompanhar as imagens de Instrumentos/equipamentos. Apenas a fotografia do navio “Joides Resolution”, presente no manual 12C, possui no final do manual a indicação da sua origem (M12C: 254).

No que respeita à subcategoria *Documentos/textos*, a sua referência ocorre apenas no manual M12B. O único exemplo registado (Fig. 59) corresponde a um pequeno texto informativo que, embora não seja da lavra dos autores do manual, a ausência de fonte bibliográfica não nos permite clarificar a sua origem.

Os primeiros passos de uma nova teoria – A Teoria da Tectónica de Placas

De tempos a tempos, na História da Ciência, aparece um conceito fundamental que unifica um campo de estudo, reunindo diversas teorias e explicando um grande conjunto de observações. Na Física, um desses conceitos é a Teoria da Relatividade; na Química, a natureza da ligação química; na Biologia, o DNA; na Astronomia, o Big Bang; e na Geologia, a Tectónica de Placas.

A mobilidade continental foi debatida antes e após a morte de Wegener, sendo considerada nas décadas seguintes como excêntrica e improvável pela maior parte da comunidade científica de então. A Teoria da Deriva dos Continentes de Wegener não conseguiu prevalecer sobre as teorias da altura. O permanentismo e o contraccionismo explicavam ainda satisfatoriamente os fenómenos geológicos que eram observados, e as ideias mobilistas

Figura 59 – Excerto da página 24 do manual 12B.

Por último, a subcategoria *Relatos de observações/experiências históricas* surge, apenas no manual 12B (f=1). Neste, no final da unidade, os autores apresentam uma sinopse descritiva de alguns acontecimentos históricos que marcaram a história desta temática (12B: 65).

2.3. Estatuto dos conteúdos sobre paleomagnetismo

Nesta categoria pretendemos avaliar a informação que os manuais escolares integram, tendo em conta as orientações curriculares dos respetivos programas escolares das disciplinas e anos em estudo.

Assim, na subcategoria *Essencial/básico*, considera-se a referência ao conteúdo cuja lecionação é obrigatória nesse nível e disciplina. A título de exemplo, temos a definição de *paleomagnetismo* ou as *inversões de polaridade* para o caso do programa de Geologia do 12.º ano. Considera-se como *Complementar*, aquele conteúdo que, por ser adicional, surge com um carácter de enriquecimento/desenvolvimento. Registe-se que a noção de *campo geomagnético, mineral magnético ou intensidade magnética* não é individualizada, uma vez que as consideramos como pré-requisito integrante da compreensão da definição de *paleomagnetismo*. O mesmo se aplica à noção de *polo magnético* ou *polaridade normal e inversa*, respeitante à compreensão de *inversão de polaridade*.

Na situação particular dos manuais do 10.º ano e tendo em conta que os conteúdos programáticos para a disciplina de BG preveem apenas a lecionação do geomagnetismo, o desenvolvimento do conceito específico de paleomagnetismo é apenas adicional e facultativo. Assim, assume-se que toda a informação encontrada nestes manuais escolares acerca deste assunto é considerada *Complementar*.

Biologia e Geologia - 10.º Ano

As referências a conceitos no espectro do paleomagnetismo são reduzidas na globalidade dos manuais escolares, destacando-se o manual 10B sem qualquer menção e o manual 10E com o maior número de exemplos (f=5) (Tabela 12). Os conceitos mais referenciados são as *inversões de polaridade* (M10C: 143; M10E: 118) e *anomalias magnéticas* (M10A: 152; M10E: 119). Destaque-se que no manual 10D, estes dois conceitos são considerados sinónimos:

“Considerando o campo atual como normal (anomalia positiva) a inversão corresponderá a uma anomalia negativa” (Manual10D: 168).

Tabela 12 - Resultados da análise da categoria “Estatuto dos conteúdos sobre paleomagnetismo” em manuais de BG do 10.º ano (f).

Subcategoria	Manuais				
	10A	10B	10C	10D	10E
Essencial/básico	----	----	----	----	----
Complementar	1	----	1	2	5
Total	1	----	1	2	5

No manual 10E encontramos ainda referências à definição de *campo paleomagnético* (10E: 118) e de *paleomagnetismo* (10E: 118), bem como a utilidade do paleomagnetismo:

“(...) o paleomagnetismo fornece inúmeras informações sobre o passado da Terra:

- regista inversões de polaridade do campo magnético terrestre;
- apoia a hipótese da deriva continental e da formação dos fundos oceânicos a partir do eixo das dorsais.” (Manual10E: 120).

Numa nota final, podemos afirmar que os dados registados espelham o baixo grau de desenvolvimento e relevância atribuída a este conceito, aquando da lecionação dos métodos indiretos para o estudo do interior da geosfera.

Geologia - 12.º Ano

Considerando os dados relativos à categoria *Estatuto dos conteúdos sobre paleomagnetismo* (Tabela 13), verificamos que todos os manuais apresentam a mesma frequência para a subcategoria *Essencial/básico* (f=2). Assim, as referências encontradas são comuns aos três recursos. A saber: definição de *paleomagnetismo* (M12A: 31; M12B: 31; M12C: 26) e conceito de *inversões de polaridade* (M12A: 32; M12B: 31; M12C: 25).

Tabela 13 - Resultados da análise da categoria “Estatuto dos conteúdos sobre paleomagnetismo” em manuais de Geologia do 12.º ano (f).

Subcategoria	Manuais		
	12A	12B	12C
Essencial/básico	2	2	2
Complementar	---	2	---
Total	2	4	2

No que respeita à subcategoria *Complementar*, apenas o manual 12B apresenta conteúdos com uma função de enriquecimento (f=2). Aí, os autores fazem referência a *vetores*, e *inclinação* e *declinação magnética* (M12B: 29, 30), conceitos que não se encontram referenciados no programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano.

Saliente-se que em toda esta matéria nos diversos manuais analisados, se verifica uma preocupação em fazer acompanhar os conceitos teóricos expostos em texto por imagens alusivas⁵⁷. Julgamos que esta metodologia tem como objetivo último facilitar a sua compreensão. A título de exemplo, vejam-se os conceitos essenciais de *polaridade normal e inversa* (Fig. 60) e de *magnetização das rochas* (Fig. 61), bem como os conceitos de enriquecimento, como a *declinação e inclinação magnética* (Fig. 62).

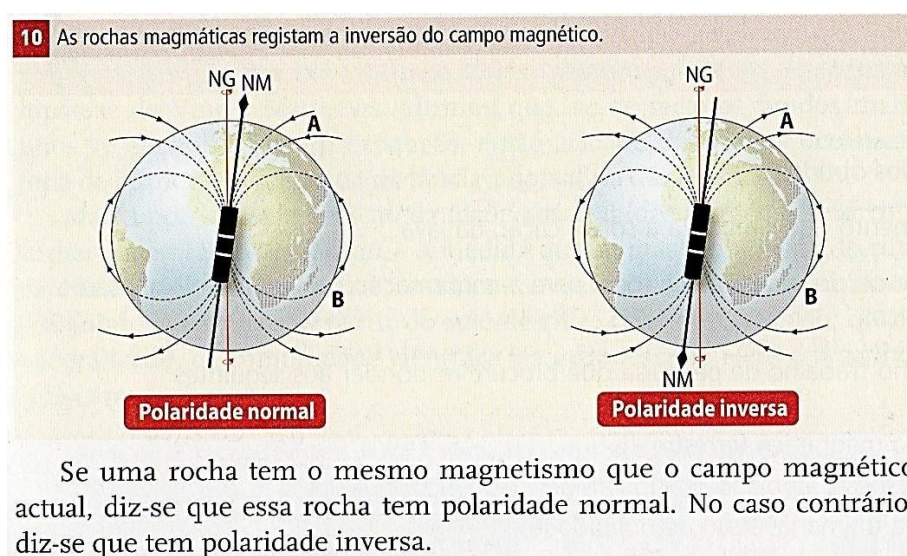


Figura 60 – Excerto da página 33 do manual 12A.

⁵⁷ A avaliação da sua integração ou adequação pedagógica será feita posteriormente na categoria “Representação pictórica e relação com a linguagem verbal”.

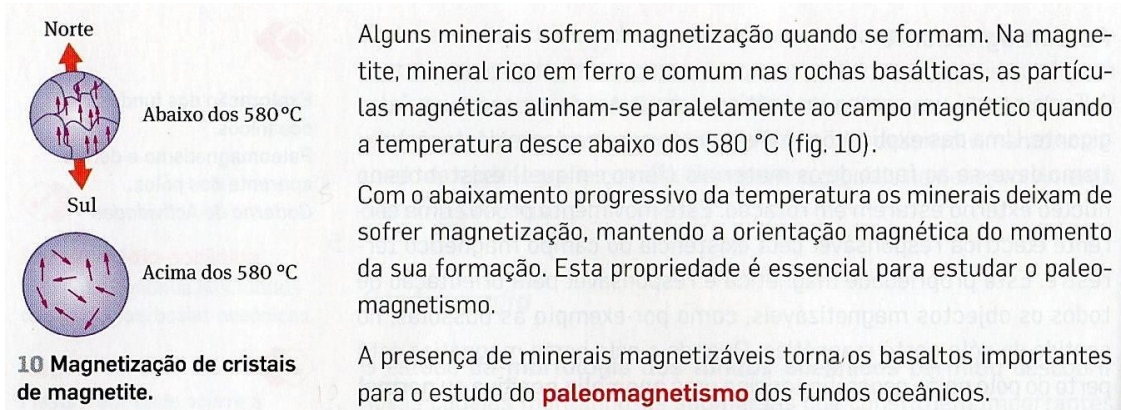


Figura 61 – Excerto da página 26 do manual 12C.

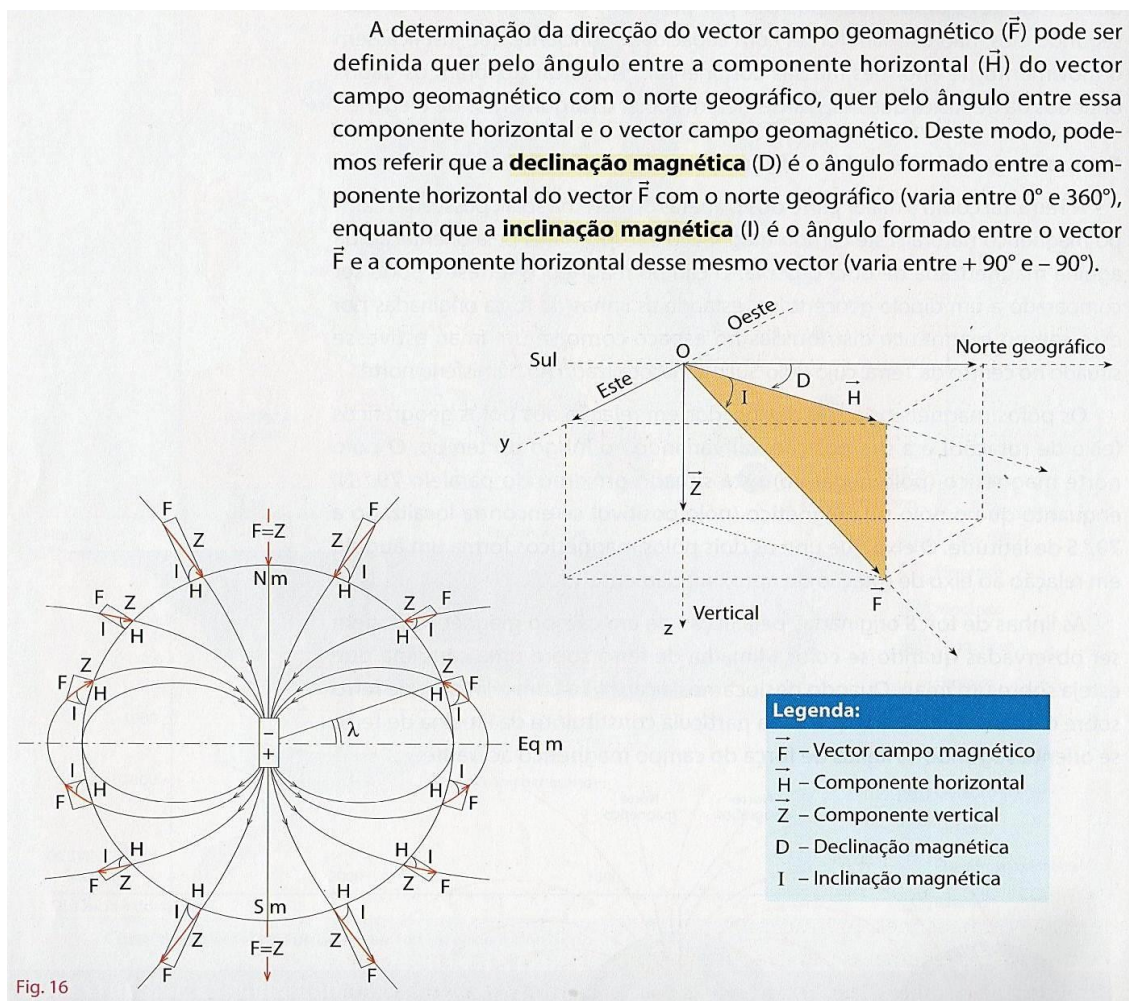


Figura 62 – Excerto da página 30 do manual 12B.

Os resultados obtidos evidenciam que o paleomagnetismo, embora seja de lecionação obrigatória na disciplina de Geologia do 12.º ano, não é um assunto particularmente desenvolvido nestes manuais escolares, apesar da relevância que possui no desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas.

2.4. Proposta de atividades práticas envolvendo o paleomagnetismo

As atividades práticas são uma componente muito importante em qualquer manual escolar. Podendo corresponder a um conjunto significativo de diversas tarefas, todas possuem o objetivo final de contribuir para o desenvolvimento de competências pelo aluno.

Para a categoria “*Proposta de atividades envolvendo o paleomagnetismo*” apresentamos duas subcategorias: *Obrigatoriedade ou não na sua realização* e *Tipologia*. No que respeita à primeira subcategoria, o termo ‘obrigatoriedade’ corresponde ao que é suposto ser realizado por todos alunos⁵⁸. De acordo com esta definição, temos atividades que classificamos como ‘Prioritárias’, quando se encontram integradas no corpo do texto referente à explicitação dos conteúdos; e ‘Livres/facultativas’, aquelas que encontramos nas páginas finais da unidade curricular, correspondendo à avaliação final, ou ainda as que integram o caderno de atividades que acompanha o manual escolar. Com esta divisão não se pretende secundarizar as atividades ou associar-lhes um grau de dificuldade, mas agrupá-las em função da distribuição gráfica, ou seja, a posição que ocupam na organização do manual.

A segunda subcategoria, *Tipologia*, permite-nos categorizar as atividades tendo em conta o que tem de ser feito para a sua realização⁵⁹. Assim, por ‘Leitura guiada’, entenda-se o tipo de atividade que se inicia com a leitura de informação sob a forma de texto, seguindo-se a resposta a uma sequência de questões; na ‘Pesquisa bibliográfica’ incluímos as propostas de atividades que obrigam o aluno a pesquisar no próprio manual ou numa fonte externa e produzir um trabalho escrito; na ‘Realização de experiências’, integramos as que pressupõem

⁵⁸ Originalmente, na grelha de análise de Leite (2002a), são utilizados os termos: *compulsory*, quando se refere às atividades que pretende que sejam resolvidas por todos os alunos; e *free*, para aquelas dirigidas aos alunos que, voluntariamente, as queiram realizar.

⁵⁹ Embora as atividades sejam produzidas, e incluam questões, de acordo com as competências que se pretendem atingir/avaliar, não é objetivo deste estudo fazer esse tipo de leitura. Sobre esta matéria recomenda-se a leitura dos trabalhos desenvolvidos por Dahlgren e Öberg (2001), Dourado e Leite (2010), Vasconcelos *et al.* (2012) e Leite *et al.* (2012).

a realização de algum tipo de trabalho prático em contexto sala de aula; a ‘Análise de dados’ inclui a leitura de gráficos, fotografias, esquemas e tabelas; por último, ‘Outro’, na qual incluímos todas as atividades que impliquem respostas simples, entre as quais, no âmbito da memorização como, p. ex., as de escolha múltipla, resposta curta, completar frases ou de associação.

As atividades consideradas nesta categoria correspondem apenas àquelas que implicam o conhecimento/compreensão/aplicação de conceitos diretamente relacionados com o paleomagnetismo. Deste modo, nem todos os exercícios das páginas que integram as unidades em estudo foram observados.

Biologia e Geologia - 10.º Ano

Quanto à *Obrigatoriedade ou não na sua realização*, os manuais 10B e 10D não apresentam qualquer atividade em que se faça referência ao paleomagnetismo⁶⁰ (Tabela 14). Entretanto, os manuais 10A e 10C apenas possuem um exercício alusivo a este conteúdo (f=1).

O manual 10E apresenta o maior número de atividades (f=5). Verifica-se ainda que as ‘Atividades livres/facultativas’ representam a quase totalidade dos exercícios observados (f=6). Se atendermos à sua distribuição pelos recursos pedagógicos disponíveis, apenas os manuais 10C e 10E exibem exercícios nos respetivos cadernos de atividades que os acompanham.

⁶⁰ Embora ambos os manuais possuam exercícios sobre os métodos indiretos do estudo da geosfera, nenhum se refere ao conceito específico do paleomagnetismo.

Tabela 14 - Resultados da análise da categoria “Proposta de atividades envolvendo o paleomagnetismo” em manuais de BG do 10.º ano⁶¹ (f).

Subcategoria	Item	Manuais				
		10A	10B	10C	10D	10E
Obrigatoriedade ou não na sua realização	Atividades prioritárias	----	----	----	----	1
	Atividades livres/facultativas	1	----	1	----	4
Tipologia	Leitura guiada	1	----	----	----	----
	Pesquisa bibliográfica	----	----	----	----	----
	Realização de experiências	----	----	----	----	----
	Análise de dados	----	----	1	----	4
	Outro	----	----	----	----	1
Total		2	----	2	----	10

A baixa frequência de atividades está de acordo com o esperado e, como em categorias analisadas anteriormente, poderá justificar-se pelo facto de o paleomagnetismo não fazer parte das orientações curriculares para esta área disciplinar/nível de ensino. Deste modo, este conceito será considerado apenas como conteúdo de enriquecimento e prescindível pela maioria dos autores de manuais escolares.

Contudo, contrariando a reflexão anterior, saliente-se a particularidade do manual 10E que, para além de ser aquele que mais representatividade tem na subcategoria, ainda incorpora este conteúdo num exercício considerado prioritário (Fig. 63). Este exercício refere-se ao geomagnetismo, mas numa perspetiva que mostra a importância em conhecer o seu comportamento no passado. Exercícios idênticos saíram num teste intermédio (BG10.º ano/2008) e num exame nacional (BG/2010 – 1.ª fase).

⁶¹ Recorde-se que, para as categorias *Propostas de atividades práticas envolvendo o Paleomagnetismo*, *Representação pictórica e relação com a linguagem* e *Aspetos relativos às representações pictóricas*, foram avaliados ambos os recursos, manual do professor e caderno de atividades, pelo que os dados apresentados, nas tabelas respetivas, correspondem ao somatório dos valores parciais.

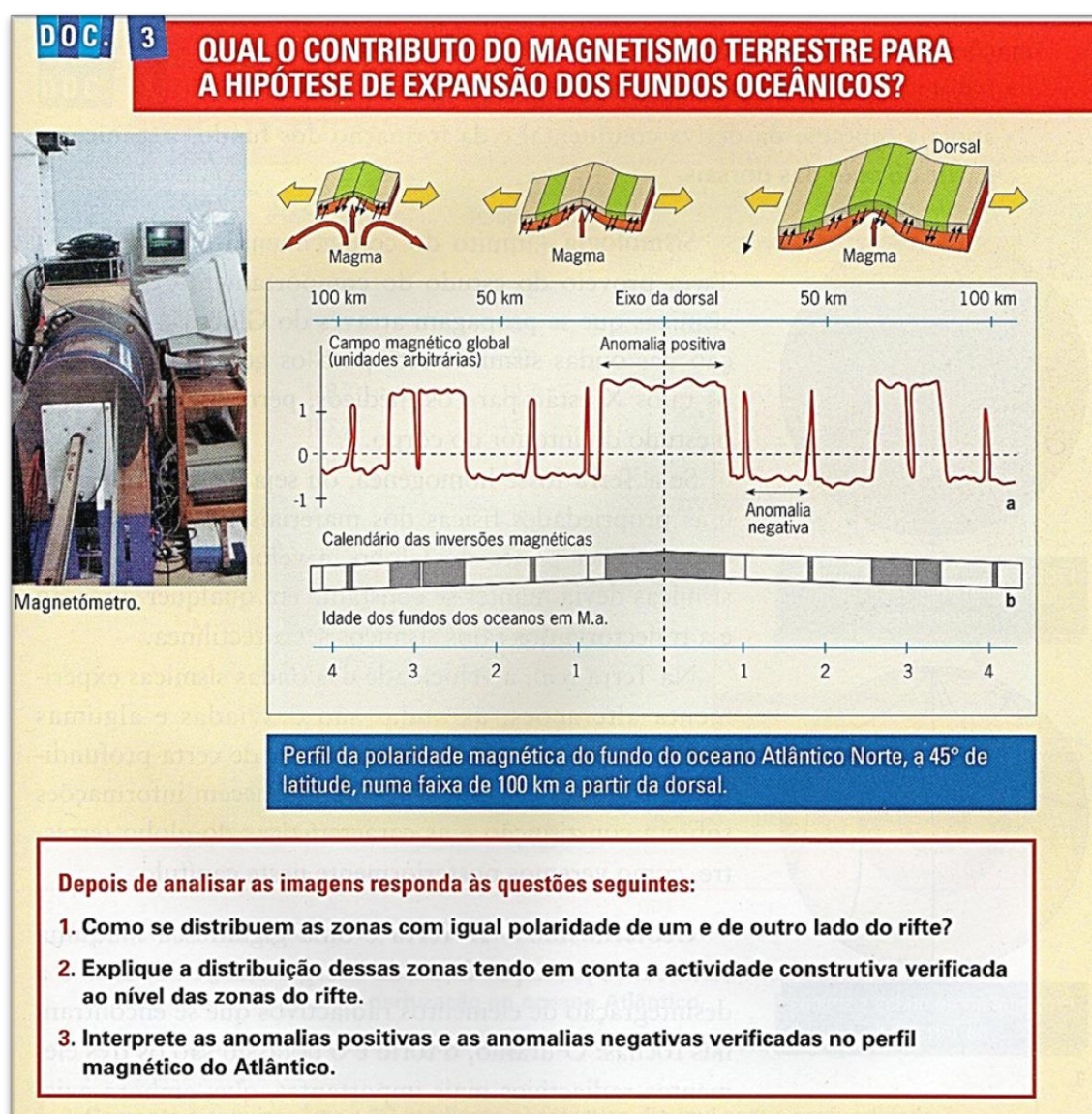


Figura 63 – Excerto da página 119 do manual 10E.

Neste contexto, a singularidade evidenciada pelo manual 10E vem corroborar a nossa opinião sobre a importância da inclusão de conceitos no âmbito do paleomagnetismo, aquando da lecionação do campo magnético terrestre, como método indireto para o estudo do interior da geosfera.

A inclusão das atividades junto ao texto que demonstra o conhecimento que elas pretendem explorar, também merece a nossa atenção. Assim, no que respeita às atividades prioritárias, prevê-se que se encontrem inseridas no corpo do texto explicativo. Em contrapartida, para as de carácter livre/facultativo, quer por se localizarem no final da

unidade, quer por integrarem o caderno de atividades, é compreensível e previsível a ausência de informação temática na sua proximidade.

Como tal, a única atividade prioritária registada (M10E: 119) segue a regra por nós considerada e localiza-se integrada. Posteriormente a esta matéria, é apresentada uma explicação que permite aos alunos com mais dificuldades, colmatar as lacunas que tenham revelado durante a sua realização. Uma metodologia que consideramos correta, pois possibilita ao estudante ultrapassar as suas dificuldades, ao mesmo tempo que o incentiva a explorar o manual.

Quanto às atividades livres/facultativas, três integram o manual (M10A: 156; M10E:179, 180) e outras três, os respetivos cadernos de atividades (M10C: 21; M10E: 30, 31). Naturalmente, estas não se encontram integradas em textos explicativos, mas o caderno de atividades que acompanha o manual 10C tem a particularidade de possuir uma pequena síntese introdutória ao conjunto de todas as atividades propostas para o tema programático (10C: 28⁶², 29⁶²).

No que respeita à *Tipologia*, verifica-se uma preferência pelas atividades que envolvem: a) a ‘Análise de dados’, quer de desenhos (M10C: 21⁶²; M10E: 30), quer de gráficos (M10E: 180, 31⁶²). Neste item também se encontram atividades em que é possível conciliar diferentes formas de informação de dados, como, p. ex., desenhos, gráficos e fotografias (M10E: 119) (Fig. 49); b) as de ‘Leitura guiada’ de texto (M10A: 156); c) a resposta de escolha múltipla integrada na categoria ‘Outro’ (M10E: 179).

A diversidade de pictogramas na elaboração de atividades está em acordo com o que anteriormente foi referido⁶³ sobre a importância das representações pictóricas para o ensino das Geociências.

Assinale-se que todas as atividades propostas pelos manuais do 10.º ano se caracterizam pelo recurso ao uso de lápis e papel. Pode considerar-se uma situação normal, na medida em que a importância e o grau de aprofundamento necessários a este nível de ensino para esta temática, tornam inviável, ou mesmo escusada, a realização de atividades práticas laboratoriais e/ou de campo.

⁶² Esta página corresponde ao caderno de atividades que acompanha o manual.

⁶³ Vide pp. 88-90.

Geologia - 12.º Ano

No que diz respeito à primeira subcategoria, *Obrigatoriedade ou não na sua realização*, as ‘Atividades prioritárias’ são globalmente menos frequentes (f=4) do que as que possuem um carácter livre/facultativo (f=15) (Tabela 15).

Tabela 15 - Resultados da análise da categoria “*Proposta de atividades envolvendo o paleomagnetismo*” em manuais de Geologia do 12.º ano (f).

Subcategoria	Item	Manuais		
		12A	12B	12C
Obrigatoriedade ou não na sua realização	Atividades prioritárias	1	1	2
	Atividades livres/facultativas	4	3	8
Tipologia	Leitura guiada	---	---	1
	Pesquisa bibliográfica	---	---	---
	Realização de experiências	1	---	1
	Análise de dados	1	2	6
	Outro	3	2	3
Total		10	8	21

Atendendo ao grau de ensino para o qual estes manuais foram elaborados, considerarmos estes resultados adequados. No último ano do ensino secundário, numa área disciplinar que pressupõe a continuidade de estudos para o ensino superior, esperam-se alunos mais autónomos e responsáveis, cabendo ao professor assumir, essencialmente, um papel de agente orientador.

Particularmente, o manual 12C é o que regista um maior número quer de ‘Atividades prioritárias’ (f=2), quer de ‘Atividades livres/facultativas’ (f=8). Neste segundo item, considerando a sua distribuição pelos recursos pedagógicos disponíveis, as oito atividades encontram-se repartidas da seguinte forma: três no corpo do manual principal e cinco no caderno de atividades que o acompanha.

Quando analisamos a localização das atividades prioritárias nos manuais, em função da proximidade do texto, verificamos que a maioria as integra numa posição próxima deste. Num dos casos, a atividade surge depois do texto (M12B: 33); noutros dois, os exemplos enquadram-se anteriormente ao texto exploratório (M12A: 33 e M12C: 22). A metodologia adotada pelos manuais 12A e 12C parece-nos a mais adequada, pois incentiva a autonomia do aluno e promove a autodescoberta, facilitando, deste modo, a compreensão dos conceitos e a construção de conhecimento.

O quarto exemplo integra o manual 12C e constitui uma exceção ao descrito anteriormente. A atividade da página 32 possui uma localização que é posterior às páginas em que é abordado o conceito específico de paleomagnetismo (M12C: 25-28). Esta exceção poderá ser devida ao facto das atividades aludidas acabam por corresponder a uma súmula de diversos conceitos abordados em toda a unidade curricular analisada, na qual, como é sabido, se incluem os estudos paleomagnéticos.

Extrapolando esta análise para as atividades livres/facultativa, é expectável que os dados não sigam a mesma matriz pois a sua localização, no final do capítulo ou nos cadernos de atividades⁶⁴, não justifica a inclusão de textos explicativos da matéria.

No manual 12C encontramos uma pequena síntese introdutória ao conjunto de todas as atividades propostas. No caso do manual 12A, o caderno de atividades é constituído, unicamente, por propostas de atividades sem registo de qualquer conteúdo teórico.

Relativamente à *Tipologia* verificamos que as que envolvem a ‘Análise de dados’ (f=9) e ‘Outro’ (f=8) são comuns a todos os manuais. Em oposição, temos as de ‘Leitura guiada’ que apenas se encontram no manual 12C (M12C: 21^{65,66}). Com uma frequência igualmente baixa (f=2), assinalamos as de ‘Realização de experiências’ que estão presentes, unicamente, nos manuais 12A (M12A: 33) e 12C (M12C: 32). Esta presença residual poderá justificar-se com a dificuldade em criar situações em contexto sala de aula, que exemplifiquem os processos de paleomagnetismo.

⁶⁴ Recorde-se que o manual 12B não se faz acompanhar do caderno de atividades.

⁶⁵ Esta página corresponde ao caderno de atividades que acompanha o manual.

⁶⁶ Nesta atividade existem duas fontes de informação, um texto e dois esquemas, contudo consideramos que estes últimos surgem como complemento ao texto, daí a sua inclusão na referida categoria.

A informação que serve de base às atividades de ‘Análise de dados’ são gráficos (M12A: 19⁶⁵; M12B: 33, 67; M12C: 72) e desenhos (M12C: 70; M12C: 11⁶⁵, 12⁶⁵, 67). Verifica-se ainda um exemplo em que se regista uma conjugação de diferentes fontes de informação, como gráfico(s) e desenhos (M12C: 23). As atividades que agrupamos com as características de ‘Outro’ distribuem-se da seguinte forma: manual 12A (M12A: 46⁶⁷, 18⁶⁵); manual 12B (M12B: 66⁶⁷) e manual 12C (M12C: 70, 74, 14⁶⁵). Neste grupo predominam as propostas de atividades de escolha múltipla (p. ex. M12B: 66) (Fig. 64) ou as de resposta simples, a algumas subquestões sequenciadas (p. ex. M12A: 18⁶⁵) (Fig. 65).

2. Transcreva a letra correspondente à opção que contém os termos que permitem preencher correctamente os espaços.

2.1. Certos minerais existentes nas rochas vulcânicas, como a [...], podem registar o campo [...] antigo da Terra, ou seja [...].

- a) magnetite [...] magnético [...] o paleomagnetismo.
- b) olivina [...] gravítico [...] o paleomagnetismo.
- c) olivina [...] magnético [...] o paleoclima.
- d) magnetite [...] magnético [...] o paleoclima.

Figura 64 – Excerto da página 66 do manual 12B.

⁶⁷ Nesta página, encontramos duas atividades distintas que recorrem a esquemas, como fonte de informação para a sua resolução.

2. Vine e Matthews, na década de 60 do século XX, realizaram estudos sobre a inversão da polaridade magnética em rochas.
 - 2.1. Indique o tipo de rocha predominante nas dorsais oceânicas.
 - 2.2. Refira que tipo de minerais são susceptíveis de sofrer a influência do magnetismo.
 - 2.3. Verifique se existe alguma relação entre os minerais indicados na resposta anterior e a constituição mineralógica da rocha mais comum das dorsais.
 - 2.4. O campo magnético terrestre origina-se...
 - A. nos pólos.
 - B. no equador.
 - C. por interacção entre o núcleo interno e o núcleo externo.
 - D. por interacção entre o núcleo e o manto.(Seleccione a opção correcta.)
 - 2.5. Explique por que razão varia a intensidade do campo magnético terrestre ao longo do tempo.

Figura 65 – Excerto da página 18 do caderno de atividades que acompanha o manual 12A.

Com a leitura destes dados fica patente a importância das diversas imagens nos manuais para o ensino das Geociências.

Saliente-se a total ausência de propostas de atividades de campo⁶⁸, contrariando desta forma as orientações curriculares. Conscientes de que o paleomagnetismo não é um conteúdo que, individualmente, seja de fácil desenvolvimento em ambiente natural, pensamos que poderá integrar uma aula de campo com carácter transversal.

Numa reflexão final, verificamos que, neste nível de ensino, também se continua a dar preferência ao uso de lápis e papel, nas atividades propostas.

2.5. Representação pictórica e relação com a linguagem verbal

Tal como referimos, as representações pictóricas são um elemento fundamental em todos os manuais escolares e, em particular, nos respeitantes ao ensino das ciências. As representações congregam as preferências sempre que em ciência se pretende exhibir relações e

⁶⁸ Aquando da elaboração da grelha de análise, utilizada neste estudo qualitativo, uma primeira avaliação dos manuais mostrou ser desnecessária a inclusão de um item que contemplasse as atividades de campo na subcategoria *Tipologia das atividades*.

processos que, de outra maneira, seriam difíceis de descrever (Cook, 2011). Relativamente às geociências, este valor, tem vindo a ser evidenciado neste estudo, durante a análise de algumas das categorias atrás apresentadas. No entanto, não importa apenas a quantidade e qualidade gráfica das imagens. A sua eficácia e valorização para o processo de ensino e aprendizagem devem centrar-se na forma como estão integradas e contextualizadas, de modo a potenciar uma relação adequada entre a representação pictórica e a linguagem verbal.

Uma primeira análise pela maioria dos manuais de geociências parece indiciar uma preocupação crescente com o aspeto gráfico. Algo que se deduz, simplesmente, porque se observam imagens mais atrativas, por ex. de maior dimensão, mais coloridas e nítidas. Mas será que esta preocupação tem que ver com o querer aumentar a qualidade didática e científica deste recurso?

Mayer (1993), num estudo sobre a importância da imagem como auxiliar da aprendizagem, concluiu que as imagens associadas a uma explicação verbal descritiva despoletam um maior nível de processamento cognitivo. Acrescenta, ainda, que o mesmo já não sucede quando são utilizadas imagens coloridas com intuito ilustrativo, sucedendo aí uma desvalorização das representações pictóricas que apenas servem para embelezar e, aparentemente, tornar mais atrativo o suporte da mensagem.

Num estudo mais recente, Park e Lim (2007) concluíram igualmente que as ilustrações que pretendem promover o interesse e a motivação não contribuem para a melhoria da aprendizagem dos alunos. Como tal, na categoria, “*Representação pictórica e relação com a linguagem verbal*” pretende-se avaliar a existência, ou não, de uma preocupação dos autores de manuais escolares em estabelecerem a ligação entre a imagem e o texto a que reporta o conhecimento a explorar, em vez de refletir sobre a adequada dimensão e cor da imagem ou mesmo se transmitem o conceito científico-didático que se pretende atingir com a sua utilização. Deste modo, cada subcategoria irá corresponder a um maior ou menor grau de preocupação, com um valor mínimo quando, *O texto não faz referência à representação pictórica que o acompanha*; e um valor máximo quando, *O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha, descrevendo alguns aspetos do conteúdo que esta pretende representar*. Com o objetivo de facilitar a descrição da análise e leitura das tabelas 16 e 18, cada uma destas subcategorias será, doravante, representado pelas letras N, S e S⁺, devidamente reconhecidas nas tabelas respetivas.

Atentando à diversidade de tipologias pictóricas identificadas (Fotografias, desenhos/ilustrações, esquemas⁶⁹, gráficos e mapas), considerou-se pertinente acrescentar informação sobre a sua frequência por tipologia considerada (Tabelas 17 e 19).

Biologia e Geologia - 10.º Ano

Uma leitura vertical da tabela 16 permite afirmar que três dos manuais analisados, registam uma frequência que consideramos ser relevante e muito semelhante de representações pictóricas, 10A (f=14), 10D (f=15) e 10E (f=15). No que respeita ao valor da frequência total dos itens representados, verifica-se um domínio do item S⁺ (f=34) relativamente a N (f=23) e duas únicas referências ao item intermédio, S (f=2). Estes dados poderiam indiciar algum cuidado por parte dos autores de manuais escolares, em relacionar adequadamente a imagem e o texto.

Tabela 16 - Resultados da análise da categoria “*Representação pictórica e relação com a linguagem verbal*” em manuais de BG do 10.º ano (f).

Subcategoria	Manuais				
	10A	10B	10C	10D	10E
N - O texto não faz referência à representação pictórica que o acompanha	3	4	6	2	8
S - O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha	1	----	----	----	1
S ⁺ - O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha, descrevendo alguns aspetos do conteúdo que esta pretende representar	10	1	4	13	6
Total	14	5	10	15	15

Contudo, uma análise mais pormenorizada mostra que esta preocupação não é geral. Assim, para três dos manuais, o valor de frequência do item N (M10B=4; M10C=6; M10E=8) é superior ao valor de S⁺ (M10B=1; M10C=4; M10E=6). Apenas os manuais 10A (f_(N)=3;

⁶⁹ Estruturalmente, os esquemas constituem, geralmente, conjuntos de palavras ou ideias chave, por vezes, hierarquizadas ou discriminadas no espaço. Poderá, ainda, incluir alguns elementos de separação dos termos ou ideias-chave (Parreiral, 2011).

$f_{(S^+)}=10$) e 10D ($f_{(N)}=2$; $f_{(S^+)}=13$) contrariam esta relação. A título de exemplo, observem-se as imagens das figuras 66 e 67 que correspondem, respetivamente, aos itens N e S⁺.

Estes resultados merecem uma reflexão, na medida em que a relação representada pelo item S⁺, apenas valorizada nos manuais 10A e 10D, é a que deve ser considerada a mais adequada. E, portanto, se por um lado, os manuais apresentam uma quantidade relevante de imagens, por outro, evidenciam pouca preocupação em relacioná-las com o texto que as acompanha. Deste modo, pode levantar-se a questão sobre a verdadeira utilidade da sua incorporação. Estaremos perante razões que se prendem unicamente com a mancha gráfica de prender/ganhar a atenção dos alunos? Se considerarmos a opinião de Mason *et al.* (2006), esta questão terá uma resposta negativa. Estes autores referem que o uso de imagens científicas, e no caso dos manuais escolares poderemos considerá-las assim, não se destinam a chamar à atenção ou entreter o leitor, pois ele já estará interessado e canalizará toda a sua atenção para a sua interpretação.

Em suma, é inegável a importância da imagem enquanto complemento do código ótico-grafemático. Quanto à pertinência científica, essa será da responsabilidade dos autores e, *a posteriori*, dos utilizadores e dependerá de como os manuais serão aproveitados.

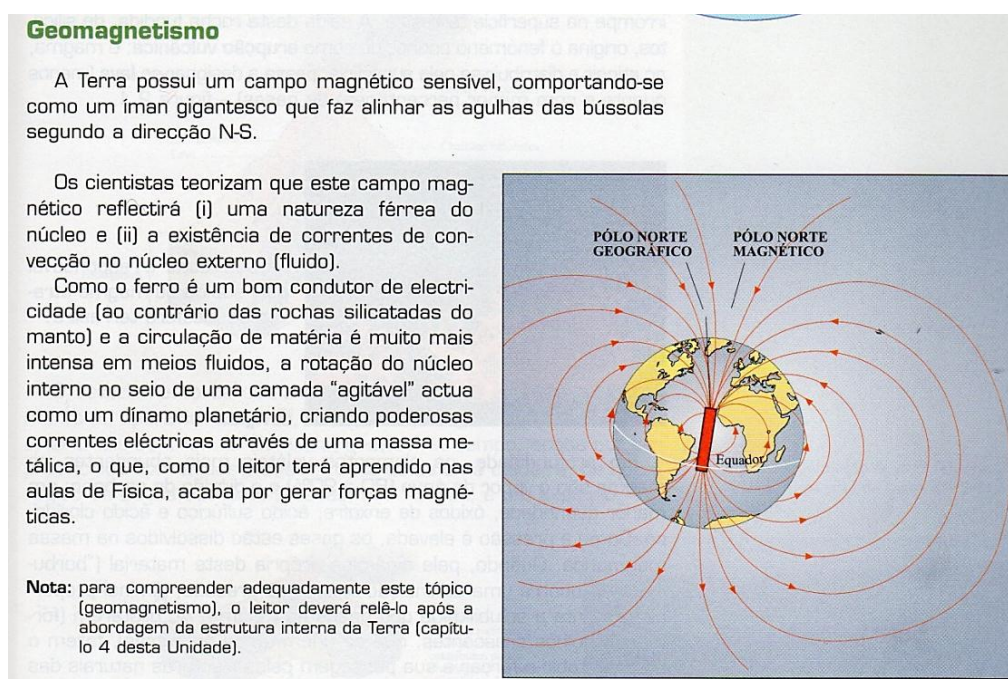


Figura 66 – Excerto da página 166 do manual 10D.

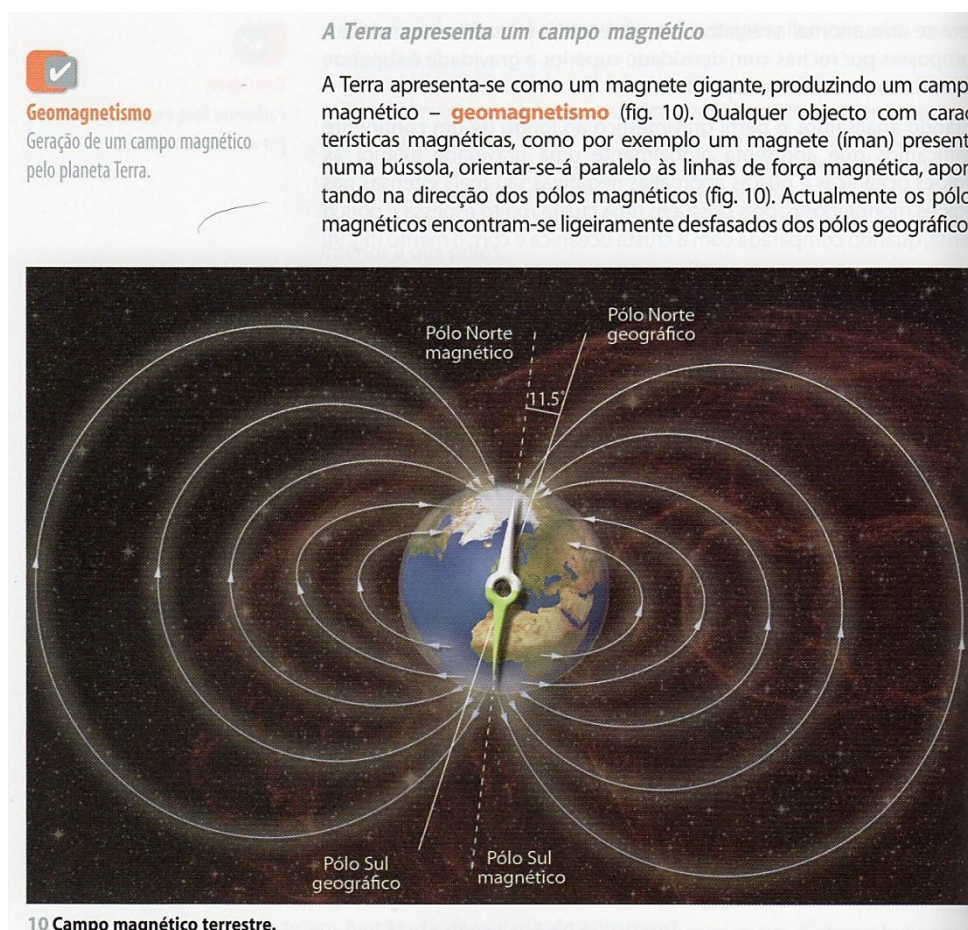


Figura 67 – Excerto da página 117 do manual 10B.

Relativamente à tipologia das representações pictóricas (Tabela 17), registamos que há um predomínio do uso de ‘Desenhos’ (f=34) e de ‘Gráficos’ (f=17). Por outro lado, com uma frequência muito reduzida, encontramos as tipologias ‘Fotografias’ (f=4), ‘Mapas’ (f=3) e ‘Esquemas’ (f=2).

Tabela 17 – Tipologia das representações pictóricas nos manuais de BG do 10.º ano (f).

Total	Tipologia					
	Fotografias	Desenhos	Esquemas	Gráficos	Mapas	Associação de tipologias
64 ⁷⁰	4 ⁷¹	34	2	17	3	4

⁷⁰ Valor correspondente ao somatório dos vários elementos pictóricos que compõe cada figura contabilizada na tabela 16.

⁷¹ Nesta contabilização apenas estão incluídas as figuras que se encontram individualizadas.

Tendo em conta o nível de escolaridade e a área científica específica em que se enquadram os conteúdos alvo de estudo, consideramos adequado a prevalência dos pictogramas desenhos e gráficos. Porém, julgamos deficitária a frequência dos outros pictogramas, nomeadamente de ‘Esquemas’, uma vez que são essenciais para a apresentação sistematizada de conceitos. A falta de fotografias também é de assinalar. Contudo, a sua baixa frequência poder-se-á dever à especificidade deste conteúdo programático que se refere a conceitos difíceis de fotografar. Por exemplo, o campo magnético terrestre é um conceito invisível e intocável, o que, naturalmente, impossibilita a obtenção de imagens fotográficas. A este respeito, no manual 10E (M10E: 118) pode visualizar-se uma fotografia que pretende representar a ação do campo magnético com o recurso a uma bússola e uma rocha rica em minerais ferromagnéticos. Num outro manual (M10C: 142) pode observar-se o mesmo efeito, mas num desenho, com o recurso a um íman e limalha de ferro.

Perante estes resultados fica evidente que, de um modo geral, não há muita preocupação em diversificar as tipologias de pictogramas utilizados. Especificamente, o manual 10A, que integra imagens de fotografias, desenhos, esquemas, gráficos e mapas, é aquele que regista maior diversidade de tipologias. No extremo oposto, assinalamos o manual 10B que apenas apresenta desenhos. De entre as tipologias consideradas, apenas a de ‘Desenhos’ está representada em todos os manuais analisados.

Por vezes, algumas imagens correspondem à associação de várias tipologias ($f=4$), como p. ex. gráficos e desenhos (M10D: 42⁷²; M10E: 31⁷²), ou ainda a associação destes com fotografias (M10E: 118, 119). Evidências que mostram a importância da conjugação de diferentes pictogramas para expor ou evidenciar/clarificar um determinado conceito científico.

Geologia - 12.º Ano

Da análise da categoria *Representação pictórica e relação com a linguagem verbal* (Tabela 18), verifica-se que a totalidade dos manuais de Geologia do 12.º ano valoriza a inclusão de imagens (M12A=24; M12B=18; M12C=26). Contudo, essa valorização não se verifica quando se analisa a importância da sua relação com a descrição dos conteúdos a que se referem. Assinale-se a elevada frequência com que o item N é registado nos manuais 12A ($f=22$) e 12B ($f=18$), em detrimento do item S⁺ (M12A=2; M12B=0). Estes dados evidenciam

⁷² Esta página corresponde ao caderno de atividades que acompanha o manual.

uma tendência generalizada para a falta de cuidado com a integração das representações pictóricas no texto a que estão associadas.

Tabela 18 - Resultados da análise da categoria “*Representação pictórica e relação com a linguagem verbal*” em manuais de Geologia do 12.º ano (f).

Subcategoria	Manuais		
	12A	12B	12C
N - O texto não faz referência à representação pictórica que o acompanha	22	18	9
S - O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha	----	----	1
S ⁺ - O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha, descrevendo alguns aspetos do conteúdo que esta pretende representar	2	----	16
Total	24	18	26

Em oposição, o manual 12C ($f_{(N)}=9$; $f_{(S^+)}=16$), talvez por ser o de edição mais recente, parece inverter esta tendência e a maioria das representações pictóricas já se encontram devidamente identificadas e contextualizadas no texto que as acompanha.

Analisando a tabela 19, que diz respeito à distribuição por tipologia, verificamos que há um predomínio no uso de ‘Desenhos’ ($f=39$) e de ‘Fotografias’ ($f=13$).

No que respeita à diversidade, os dados da tabela 19 mostram que não existe uma grande preocupação em diversificar a seleção de imagens. Particularmente, pode afirmar-se que este *modus operandi* é ainda notório no facto de se encontrarem as mesmas imagens em: a) manuais de diferentes anos escolares, mas pertencentes à mesma editora (Fig. 68); b) manuais do mesmo ano de escolaridade e de editoras diferentes (M12A: 26; M12C: 76)⁷³.

⁷³ Vide as fotografias das imagens das figuras 57 e 58, da pág. 117, correspondentes ao geólogo Harry Hess.

Tabela 19 – Tipologia das representações pictóricas nos manuais de Geologia do 12.º ano (f).

Total	Tipologia					
	Fotografias	Desenhos	Esquemas	Gráficos	Mapas	Associação de tipologias
75 ⁷⁴	13 ⁷⁵	39	0	4	12	7

Destaca-se igualmente a fraca representatividade da tipologia ‘Gráficos’ (f=4), bem como a ausência total de ‘Esquemas’ (f=0), representações que consideramos fundamentais para o ensino das Geociências. Os primeiros são importantes pois implicam um grau de abstração e desenvolvimento cognitivo que deverá estar presente nas competências dos alunos, no final do ensino secundário. Os segundos, porque permitem a sistematização hierarquizada da matéria.

Nos manuais do 12.º ano, também nos deparamos com imagens que correspondem a uma associação de diferentes tipologias pictóricas (f=7). Neste caso, observa-se a relação entre: fotografias e desenhos (M12C: 26); gráficos e mapas (M12B: 28, 67); desenhos e mapas (M12B: 35) (M12C: 29; 11⁷²); ou, ainda, três tipologias associadas - mapa, desenho e gráfico (M12C: 23) - como formas escolhidas pelos autores para melhor expor a informação.

⁷⁴ Valor correspondente ao somatório dos vários elementos pictóricos que compõe cada figura contabilizada na tabela 18.

⁷⁵ Nesta contabilização apenas estão incluídas as figuras que se encontram individualizadas.

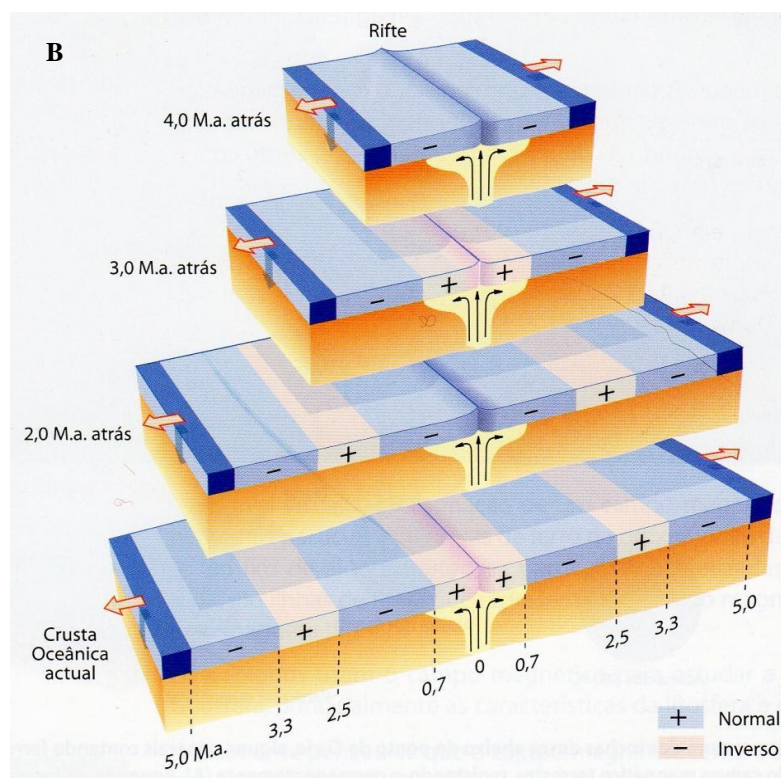
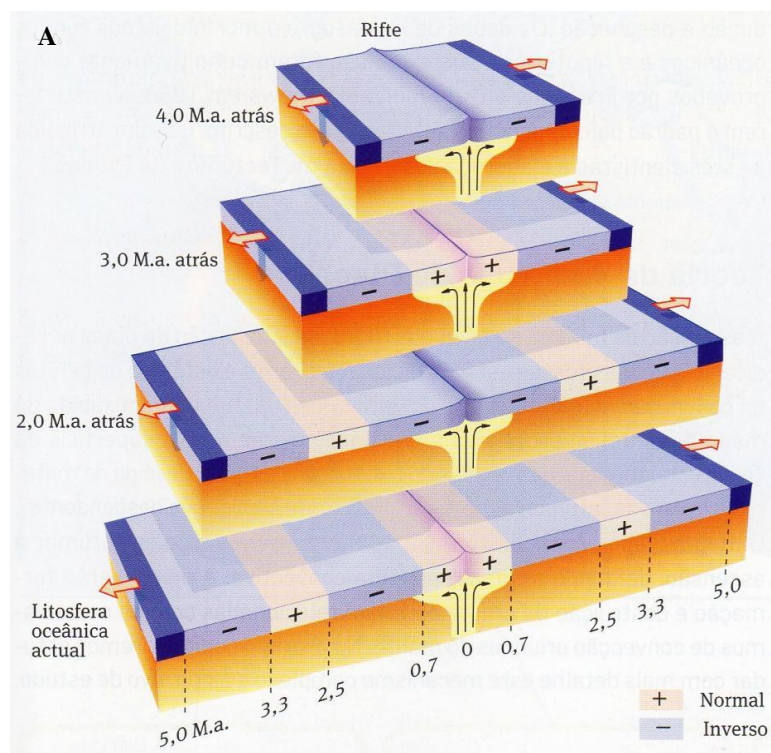


Figura 68 – Excerto das páginas, 27 do manual 12C (A) e 168 do manual 10D (B).

2.6. Aspetos relativos às representações pictóricas

A utilização de imagens deve ser acompanhada de uma legenda e, em alguns casos, a imagem deve ter escala.

Em geociências estas particularidades são ainda mais relevantes, na medida em que podem condicionar a leitura e utilização da informação veiculada. Verificamos, com frequência, existir uma preocupação com algumas características da imagem como, por exemplo, a cor ou nitidez, mas a ausência de legenda ou indicação da escala e orientação.

Atualmente, os manuais escolares surgem, cada vez mais, enriquecidos pictograficamente. Esta tendência tem vindo a acentuar-se desde as últimas três décadas do séc. XX e que ficou patente nos dados relativos à categoria avaliada anteriormente. Neste contexto, na categoria “*Aspetos relativos às representações pictóricas*”, iremos avaliar a presença/ausência de legenda e/ou escala nas representações pictóricas consideradas na categoria anterior. Subdividimos esta categoria em duas subcategorias: *Legenda* e *Escala espacial*.

A primeira foi aplicada a todas as representações pictóricas consideradas neste estudo (fotografias, desenhos, esquemas, gráficos e mapas) da unidade curricular selecionada para cada um dos anos letivos. Nos itens avaliativos considera-se: ‘Sem legenda (SL)’, quando a imagem não possui qualquer legenda; ‘Legenda simples (LS)’, se há uma referência ao conteúdo ou processo representado, mas não há uma descrição; ‘Legenda descritiva (LD)’, sempre que é feita uma descrição pormenorizada de representação.

Relativamente à segunda subcategoria, para a qual foram consideradas apenas as fotografias, considera-se: ‘Sem escala (SE)’, quando não existe qualquer escala natural⁷⁶ ou colocada pelo autor⁷⁷; ‘Com escala (CE)’, quando é apresentada uma escala que permita, por comparação, identificar corretamente a dimensão do objeto ou da estrutura que a fotografia pretende evidenciar.

Biologia e Geologia - 10.º Ano

De acordo com os dados registados na tabela 20, e no que respeita à primeira subcategoria, *Legenda*, a maioria das imagens faz-se acompanhar por uma legenda, já que o

⁷⁶ Por exemplo, construções humanas, vegetação ou outros seres vivos.

⁷⁷ Por exemplo, martelo de geólogo, relógio de pulso, régua e moedas.

valor da frequência total do somatório dos itens ‘LS+LD’ (f=35) é superior ao do item ‘SL’ (f=25). Esta evidência poderia levar a concluir que nos manuais analisados, e para o conteúdo selecionado, houve uma preocupação em associar a representação pictórica à respectiva legenda. No entanto, quando estabelecemos uma comparação entre a frequência dos itens ‘Legenda simples’ (f=26) e ‘Legenda descritiva’ (f=9), constatamos que esta preocupação residiu apenas em identificar o objeto ou estrutura na imagem sem, no entanto, acrescentar qualquer descrição ou conteúdo científico.

Tabela 20 - Resultados da análise da categoria *Aspetos relativos às representações pictóricas* em manuais de BG do 10.º ano (f).

Subcategoria	Item	Manuais				
		10A	10B	10C	10D	10E
Legenda	Sem legenda (SL)	2	5	5	3	10
	Legenda simples (LS)	8	----	5	8	5
	Legenda descritiva (LD)	4	----	----	5	----
Escala espacial	Sem escala (SE)	1	----	1	1	----
	Com escala (CE)	----	----	----	----	2
Total		15	5	11	17	17

Sublinhe-se que o item ‘Sem legenda’ é o único que se encontra representado em todos os manuais. A sua frequência varia entre 2 (M10A) e 10 (M10E), induzindo à conclusão de que nenhum dos manuais analisados coloca legenda na totalidade das suas representações.

Individualmente, assinalamos o manual 10E como aquele que integra mais imagens ‘Sem legenda’ (f=10) e no qual as restantes apenas possuem uma ‘Legenda simples’ (f=5). O manual 10B também merece destaque, na medida em que todos os seus pictogramas se incluem na subcategoria ‘Sem legenda’ (f=5).

Em coerência com os resultados evidenciados na tabela 16⁷⁸, constatamos que os manuais reveladores de uma maior preocupação em integrar a imagem no texto (M10A e M10D) são, igualmente, os que apresentam uma menor frequência de imagens ‘Sem legenda’

⁷⁸ Vide pág. 134.

(M10A=2; M10D=3), muito embora privilegiem as ‘Legendas simples’ (M10A=8; M10D=8) em prejuízo das ‘Legendas descritivas’ (M10A=4; M10D=5). Sem dúvida são estes dois manuais que revelam um maior cuidado em usar a imagem no contexto do código ótico-grafemático. Contudo, desconhecendo nós a razão por tal opção, acabam por se revelar simplistas no seu uso ao não efetuarem a descrição pormenorizada do conteúdo ou processo representado.

Relativamente a este assunto, defendemos a necessidade de uma correta legendagem, embora, reconhecemos que nem sempre essa possa corresponder a uma maior explicação. Assim, se há casos em que uma legendagem descritiva veicula informação, potenciando uma clara interpretação, outros há em que uma legenda simples poderá ser a mais adequada. Por exemplo, quando um professor pretende avaliar a capacidade interpretativa de um aluno sobre um pictograma, uma legenda descritiva poderá impedir o aluno de desenvolver essa competência.

Em relação à subcategoria *Escala espacial*, verificamos que a maioria das fotografias figura ‘Sem escala’ (f=3) não sendo possível avaliar a dimensão real do seu conteúdo (M10A: 156; M10C: 147; M10D: 169).

Embora a representatividade das imagens contabilizadas nesta subcategoria se afigure baixa (f=5), avaliamos este resultado como sendo preocupante, em função dos fatores já enunciados sobre a importância de uma escala para a interpretação do registo fotográfico em geociências.

O manual 10E encerra as únicas fotografias que, na nossa amostra, apresentam uma escala (M10E: 118, 119). Pela observação da imagem somos tentados a afirmar que a presença de escala é acidental, uma vez que correspondem: no primeiro caso, à bússola utilizada para determinar a orientação dos minerais magnéticos; no segundo, ao mobiliário do espaço em que se encontra o objeto fotografado (Fig. 56⁷⁹).

Geologia - 12.º Ano

Os resultados da análise aos manuais do 12.º ano (Tabela 21), mostram que nos recursos M12A e M12C há alguma preocupação em legendar as imagens, uma vez que a frequência do

⁷⁹ Vide pág. 116.

item ‘SL’ (M12A=4; M12C=10) é inferior ao somatório da frequência de ‘LS+LD’ (M12A=20; M12C=16). Contudo, não se verifica o cuidado em legendar o conteúdo pictográfico. Nomeadamente, o manual 12A que, embora possua o maior número de pictogramas legendados (f=20), apenas uma minoria deles corresponde a uma legenda descritiva (f=4).

Tabela 21 - Resultados da análise da categoria *Aspetos relativos às representações pictóricas* em manuais de Geologia do 12.º ano (f).

Subcategoria	Item	Manuais		
		12A	12B	12C
Legenda	Sem legenda (SL)	4	9	10
	Legenda simples (LS)	16	8	8
	Legenda descritiva (LD)	4	1	8
Escala espacial	Sem escala (SE)	2	3	2
	Com escala (CE)	3	----	4
Total		29	21	32

Os dados referentes à subcategoria *Escala espacial* mostram uma igualdade de frequência na presença e ausência de escala, ‘SE’ (f=7) e ‘CE’ (f=7). O manual 12B é aquele que disponibiliza mais representações fotográficas sem escala (f=3) (M12B: 25, 32, 65⁸⁰).

As imagens sem escala correspondem essencialmente, a fotografias de equipamentos (M12A: 35; M12B: 25, 32; M12C: 26, 20⁸¹). Uma outra corresponde a uma fotografia aérea (M12B: 65⁸⁰). Neste item, inclui-se ainda uma fotografia de um afloramento sem escala, legenda ou relação com o conteúdo da página e que, aparentemente, apenas possui uma utilidade motivacional (M12A: 18⁸¹).

As imagens com escala correspondem, integralmente ao registo fotográfico de personalidades associadas à História da Ciência (M12A: 26, 29, 35; M12C: 76⁸²). Esta

⁸⁰ Informação relativa à última imagem da página.

⁸¹ Esta página corresponde ao caderno de atividades que acompanha o manual.

⁸² Nesta página encontramos quatro fotografias.

constatação permite-nos afirmar que os autores destes manuais escolares, para o conteúdo curricular selecionado, não revelam qualquer preocupação em utilizar fotografias que permitam a correta identificação da dimensão real do objeto ou estrutura geológica que pretendem evidenciar.

CAPÍTULO 3 – PLANIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE RECURSOS E ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS

Face aos dados obtidos na análise qualitativa aos manuais escolares de Geologia do 12.º ano de escolaridade e identificada a ausência de atividades que permitam a concretização de metodologias e estratégias previstas no respetivo programa curricular⁸³, apresenta-se uma proposta de planificação para o conteúdo conceptual: *Os primeiros passos de uma nova teoria – A Teoria da Tectónica de Placas* (Tabela 22).

Tendo por base as categorias pré-definidas na metodologia, as lacunas identificadas relacionam-se essencialmente com a ausência de conteúdo informativo, com a falta de propostas de atividades sobre a História da Ciência e de atividades práticas, sobretudo de campo e laboratoriais.

A diagnose efetuada também identificou a ausência de atividades de enriquecimento e desenvolvimento. Considerando o ano terminal do ensino secundário e o carácter opcional da disciplina de Geologia, julgamos que nos manuais escolares deveriam existir mais conteúdos complementares que, embora tendo por base as orientações curriculares, fossem mais além e permitissem o natural progresso dos alunos com diferentes níveis cognitivos e de interesse e com diferentes expectativas.

Assim, neste capítulo são sugeridas algumas atividades que visam colmatar lacunas atrás referidas e, para as quais, foram construídos recursos pedagógicos que servirão de apoio à sua concretização.

As propostas apresentadas não pretendem substituir as dos manuais escolares, representam apenas sugestões complementares e adaptáveis às necessidades e contextos específicos de cada escola/turma. Como se pode verificar na proposta de planificação (Tabela 22), um dos recursos é o *manual adotado*.

⁸³ Amador e Silva, 2004.

Neste contexto, para cada atividade é disponibilizado um guião com as propostas seguintes: a) justificação tendo em conta as orientações curriculares para o ano e disciplina em causa; b) descrição da metodologia/estratégia; c) competências prévias necessárias para que o aluno possa realizar essa atividade; d) recursos necessários à sua concretização e) número de aulas previstas. Por fim, são ainda apresentadas sugestões de uma ficha de avaliação diagnóstica, formativa e de conhecimentos.

Além disso, sugere-se, ainda, uma sinopse da distribuição horária e dos recursos que se encontram sequenciados de acordo com a organização curricular (Tabela 23).

3.1. Planificação

Tabela 22 - Proposta de planificação para o conteúdo conceptual: *Os primeiros passos de uma nova teoria – A Teoria da Tectónica de Placas.*



Ano letivo: 2011/2012

Área curricular disciplinar: Geologia

Ano de escolaridade: 12.º

Tema: *Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas. A Dinâmica da Litosfera*

Conteúdo Conceptual: *Os primeiros passos de uma nova teoria – A Teoria da Tectónica de Placas*

Situação-problema: *As teorias científicas são entidades imutáveis no tempo?*

CONTEÚDOS PROCEDIMENTAIS*	CONTEÚDOS ATITUDINAIS*	METODOLOGIA	RECURSOS/ INSTRUMENTOS	PALAVRAS- CHAVE*	N.º DE AULAS PREVISTAS (BLOCOS 45MIN)*
<ul style="list-style-type: none"> • Analisar textos e identificar o tipo de argumentação utilizada pelos seus autores; • Identificar elementos constitutivos da situação-problema; • Problematizar e formular hipóteses; • Testar e validar ideias; • Planear e realizar pequenas investigações teoricamente enquadradas; • Observar e interpretar dados; • Usar fontes bibliográficas de forma autónoma – pesquisando, organizando e tratando informação; • Utilizar diferentes formas de comunicação, oral e escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceitar que muitos problemas podem ser abordados e explicados a partir de diferentes pontos de vista; • Assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias; • Ver na investigação científica, também, uma via importante que pode contribuir para a resolução de muitos problemas; • Desenvolver atitudes e valores inerentes ao trabalho individual e cooperativo; • Assumir atitudes de defesa do património geológico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação diagnóstica; • Exposição oral e diálogo com os alunos com recurso a material audiovisual; • Desenvolvimento de trabalho prático. • Realização de atividades teórico-práticas. • Avaliação formativa; • Avaliação contínua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de avaliação diagnóstica; • Documentos em PowerPoint; • Fichas informativas; • Guia da aula de campo; • Carta Geológica folha 14-A ; • Protocolo laboratorial; • Ficha de trabalho; • Manual adotado; • Ficha de Avaliação formativa; • Ficha de avaliação de conhecimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Teoria da Tectónica de Placas • Placa litosférica • Paleomagnetismo • Inversões de polaridade • Planície abissal • Dorsal médio-ocênica, • Riftte • Ilhas vulcânicas 	13

* Integranes do programa curricular de Geologia do 12.º ano de escolaridades (Amador e Silva, 2004).

Tabela 23 – Sinopse das atividades práticas e recursos/instrumentos e sequência temporal da sua aplicação.

Atividade	Recursos/instrumentos	Tempo (min)
Avaliação diagnóstica	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de avaliação diagnóstica; • Proposta de resolução da ficha de avaliação diagnóstica; 	30
História da Ciência	<ul style="list-style-type: none"> • Documento em PowerPoint; • Ficha informativa; 	45
Campo	<ul style="list-style-type: none"> • Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena; • Proposta de resolução; • Grelha de observação da aula de campo; • Ficha informativa sobre as regras gerais de elaboração de um relatório de campo; 	45 + 240 (ou 60) + 45
Laboratorial	<ul style="list-style-type: none"> • Documento em PowerPoint para a preparação da aula laboratorial; • Protocolo; • Grelha de observação da atividade laboratorial; • Ficha informativa sobre as regras gerais de elaboração de um relatório científico; 	45 + 135
Enriquecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de trabalho; • Proposta de resolução; 	90
Avaliação formativa	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de avaliação formativa; • Proposta de resolução; 	30
Avaliação de conhecimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de avaliação de conhecimentos; • Proposta de resolução; 	30

3.2. Recursos pedagógicos

3.2.1. Atividade sobre a História da Ciência - Os primeiros passos da Teoria da Tectónica de Placas: Génese e Evolução Histórica

Justificação

As autoras do programa de Geologia do 12.º ano de escolaridade referem que “À compreensão de conceitos e teorias está subjacente o conhecimento da sua formação e desenvolvimento” (Amador e Silva, 2004: 3), salientando, ainda, que

“saber geologia não deverá corresponder apenas ao conhecimento dos referenciais teóricos aceites pela comunidade científica, mas também à percepção de que a geologia é um conhecimento em constante evolução” (Amador e Silva, 2004: 19).

Esta necessidade de incluir a História da Ciência (HC) no ensino é de igual modo defendida por outros autores, tais como Matthews (1994), Silva (2001), Leite (2002a) e Pereira e Amador (2007).

Metodologia/estratégia

- A iniciação ao conteúdo-objetivo da aula é feita com a apresentação/discussão do documento em PowerPoint (Fig. 69), no qual é feita uma breve resenha histórica sobre as personalidades mais representativas na génese e evolução do conhecimento científico para a evolução e construção da Teoria da Tectónica de Placas. Na tabela 24 são propostas questões orientadoras para a sua lecionação.
- O professor deverá chamar à atenção para o facto desta teoria ser o resultado do contributo de diversas personalidades, não existindo um autor pioneiro ou uma data exata para a sua formulação. É igualmente importante, salientar que os trabalhos desenvolvidos surgiram de ambos os lados do Atlântico.
- A conclusão da consolidação dos conteúdos planificados para a aula é feita com o levantamento das dificuldades dos alunos, recorrendo a questões orais, e a identificação de estratégias de remediação.

- A ficha informativa (Fig. 70) será disponibilizada aos alunos através da plataforma Moodle (ou similar) como documento de apoio à aula, ao mesmo tempo que se promove o recurso às TIC, uma das metodologias privilegiadas no programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º.

Competências prévias para que o aluno possa realizar a atividade

- Conhecer que a disposição dos continentes no globo terrestre tem vindo a sofrer alterações ao longo da história da Terra.
- Ter conhecimento de que a dificuldade em apresentar evidências que justificavam a sua mobilidade foi sempre uma condicionante à evolução do conhecimento científico.
- Reconhecer que o conhecimento resulta de um acumular de contribuições individuais e/ou em grupo e que este, embora progressivo, não é linear.

Recorde-se que a unidade onde se enquadra esta temática apresenta a situação-problema, *As teorias científicas são entidades imutáveis no tempo?*, pelo que, no momento de lecionação, os alunos já terão tido oportunidade de ter construído alguns conhecimentos no âmbito da HC, nomeadamente, sobre o contexto humano, social e religioso, bem como as principais figuras que marcaram o período pré-Wegeneriano e Wegeneriano. Estes pressupostos foram tidos em conta aquando da planificação da atividade HC.

Recursos

- Documento em PowerPoint (Fig. 69).
- Ficha informativa (Fig. 70).
- Projetor de vídeo.
- Plataforma Moodle (ou outra similar).

Número de aulas

Para o desenvolvimento desta atividade propõe-se uma aula de 45 minutos.

Tabela 24 – Questões orientadoras para a lecionação da atividade sobre a História da Ciência.

- Que fatores poderão influenciar a mutabilidade das teorias científicas?
 - De que modo a sociedade pode ser condicionante para a evolução do conhecimento científico?
 - Qual (quais) a(s) razão(ões) para que uma teoria seja posta em causa?
 - Qual a importância da divulgação global do conhecimento científico?
 - Quais os argumentos que apoiavam as ideias mobilistas?
 - Quais os fatores que condicionaram a não-aceitação da Deriva Continental?
 - Qual a relação entre um cenário pós-guerra e o conhecimento científico?
 - De que forma o desenvolvimento da frota submarina alemã, durante a 2.^a Guerra Mundial, foi um acontecimento que chamou a atenção para a importância do estudo dos fundos oceânicos?
 - Qual a importância de cartografar os fundos oceânicos?
 - Que relação existe entre a Deriva Continental e a Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos?
 - De que forma os dados paleomagnéticos contribuíram para a formulação da Teoria da Tectónica de Placas?
 - Quais as semelhanças e diferenças entre a Deriva Continental e a Tectónica de Placas?
 - Qual a importância do trabalho colaborativo na formulação da Teoria da Tectónica de Placas?
 - Qual a ‘nacionalidade’ da Teoria da Tectónica de Placas?
 - Como explica a ausência de personalidades alemãs na formulação da Teoria da Tectónica de Placas?
-

The figure displays four slides from a PowerPoint presentation. The top-left slide features the logo of the Ministry of Education and Science and the title 'Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas', with a sub-point 'Génese e evolução histórica'. The top-right slide asks 'As teorias científicas são entidades imutáveis no tempo?'. The bottom-left slide is titled 'Evolução do conhecimento científico:' and lists several factors: Contexto social, Progresso tecnológico, Enquadramento económico, Encontrar um problema, Construir modelos, Explicar o funcionamento dos modelos, Convencer os membros da comunidade científica, and Divulgar ao mundo global. The bottom-right slide is titled 'Um pouco de história...' and features a portrait of Abraham Ortelius (1527-1598), a Dutch geographer, with a list of his contributions: being a Dutch geographer, suggesting in 1596 that continents should not always be in the same position, and that American, European, and African continents would have been united in past periods.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas

- Génese e evolução histórica

Gina Pereira Correia
Geologia 12.º ano
2011/2012

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas

- Génese e evolução histórica

As teorias científicas são entidades imutáveis no tempo?

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas

- Génese e evolução histórica

Evolução do conhecimento científico:

- Contexto social
 - Progresso tecnológico
- Enquadramento económico
- Encontrar um problema
- Construir modelos
 - Explicar o funcionamento dos modelos
- Convencer os membros da comunidade científica
 - Divulgar ao mundo global

Um pouco de história...



Abraham Ortelius
(1527–1598)

- Geógrafo holandês;
- 1596 – sugeriu que os continentes não deveriam ter tido sempre a mesma posição;
- Continentes, Americano, Europeu e Africano terão estado unidos em períodos passados.

1

Figura 69 – Documento em PowerPoint sobre a História da Ciência.

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
• Génese e evolução histórica


Um pouco de história...

 **Rev. Osmond Fisher**
(1817–1914)

- Geólogo britânico;
- 1881 – publicou a obra "The physics of the Earth's Crust";
- Considerada o primeiro tratado da Geofísica;
- Previu a mobilidade de uma crosta sólida assente num interior da Terra em fusão.

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
• Génese e evolução histórica


Um pouco de história...

 **Alfred Wegener**
(1880–1930)

- Meteorologista alemão;
- 1912 – publicou dois artigos científicos nos quais afirmava que, há cerca de 200 Ma atrás, terá existido um único supercontinente – Pangeia;
- Posteriormente esta ter-se-á fraturado, dando origem à disposição atual dos continentes - **Teoria da Deriva Continental**;
- Não conseguiu provar qual era o 'motor' da mobilidade destas grandes massas continentais.

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
• Génese e evolução histórica

Um pouco de história...

 **2.ª Guerra Mundial**
(1939-1945)



 **Submarino Alemão.**

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
• Génese e evolução histórica

Um pouco de história...



 **Harry Hess**
(1906-1969)

- Geólogo americano;
- Desenvolveu estudos na área da morfologia dos fundos oceânicos, em particular os arcos de ilhas com vulcanismo ativo e intenso;
- 1962 - surge a **Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos** de Hess.

Figura 69 – Documento em PowerPoint sobre a História da Ciência (Cont.).

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
• Genese e evolução histórica

Um pouco de história...



Fred Vine
(1939-)

Drummond Matthews
(1931-1997)




- Geólogos marinhos e geofísicos ingleses;
- Com o contributo dos dados paleomagnéticos, comprovaram os estudos de Harry Hess e contribuíram para a formulação da Teoria da Tectónica de Placas.

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
• Genese e evolução histórica

Um pouco de história...

- Também contribuíram para a formulação da Teoria da Tectónica de Placas...




Entre outros...



Lawrence Morley
(1920-)
Geofísico canadiano

Tuzo Wilson
(1908-1993)
Geofísico canadiano

Allan V. Cox
(1926-1987)
Geofísico americano



William J. Morgan
(1935-)
Geofísico americano

Xavier Le Pichon
(1937-)
Geofísico francês

Dan McKenzie
(1942-)
Geofísico britânico

3

Figura 69 – Documento em PowerPoint sobre a História da Ciência (Cont.).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

FICHA INFORMATIVA

Tema: *Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas. A dinâmica da litosfera.*

Assunto: *Os primeiros passos de uma nova teoria – a Teoria da Tectónica de Placas.*

Objetivo: - Reconhecer a importância da História da Ciência na construção do conhecimento;
- Compreender a importância das CTSA na evolução do conhecimento.

A organização da superfície do globo terrestre em placas tectónicas teve a sua origem no século XX, com a Teoria da Tectónica de Placas. Pode considerar-se que o desenvolvimento desta teoria marcou o avanço do conhecimento geocientífico nos últimos 50 anos (Ribeiro, 2011a). Contudo, o percurso até aqui não foi fácil nem retilíneo. Muitos foram os percalços, os avanços e os recuos nos conhecimentos e conceitos que, à época, foram sendo apresentados e aceites pela comunidade científica.



Ortelius (Fig. 1), geógrafo holandês, sugeriu, em 1596, que os continentes não deveriam ter tido sempre a mesma posição. As costas dos continentes Americano, Europeu e Africano suscitaram-lhe a ideia de que terão de alguma forma estado unidas em períodos passados (Frisch *et al.*, 2011).

Fig. 1 - Abraham Ortelius (1527–1598)

(<http://atlantipedia.ie>)

Em 1881, o Rev. Osmond Fisher (Fig. 2) publicou a obra “The physics of the Earth’s Crust” considerada o primeiro tratado da Geofísica. Nesta previu a mobilidade de uma crosta sólida assente num interior da Terra em fusão.

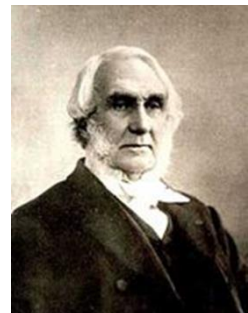


Fig. 2 – Rev. Osmond Fisher (1817–1914)

(<http://pt.wikipedia.org>)



O meteorologista alemão, Wegener (Fig. 3) publicou, em 1912, dois artigos científicos nos quais afirmava que, há cerca de 200 Ma, terá existido um único supercontinente – Pangeia. Posteriormente este ter-se-ia fraturado, dando origem à disposição atual dos continentes - **Teoria da Deriva dos Continentes** ou Teoria da Deriva Continental. Contudo, não conseguiu provar qual o ‘motor’ da mobilidade das grandes massas continentais.

Fig. 3 - Alfred Wegener (1880-1930)

(Deutsches Museum, Archiv In <http://www.environmentandsociety.org>)

1



Fig. 4 - Harry Hess (1906-1969)

(<http://www.velikovsky.info>)

Hess (Fig. 4), foi um geólogo americano que desenvolveu estudos na área da morfologia dos fundos oceânicos, em particular os arcos de ilhas com vulcanismo ativo e intenso. Os dados obtidos permitiram-lhe apoiar a expansão dos fundos oceânicos ao nível dos ríftes e a sua destruição nas fossas oceânicas. Assim, em 1962, surge a **Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos**.

Vine e Matthews (Fig. 5 e 6), ambos geólogos marinhos e geofísicos ingleses, que com o contributo dos dados paleomagnéticos, vieram comprovar os estudos de Hess e tiveram um papel relevante na formulação da **Teoria da Tectónica de Placas**.



Fig. 5 - Fred Vine (1939-)

<http://www.uea.ac.uk>

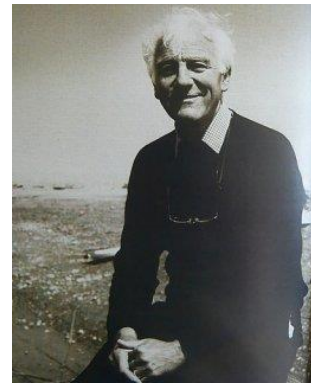


Fig. 6 - Drummond Matthews (1931-1997)

(History of Science, 2009)

Entre outros, colaboraram para a sua formulação, os geofísicos canadianos Lawrence Morley (1920-) e Tuzo Wilson (1908-1993), o geofísico americano, William J. Morgan (1935-), o geofísico britânico e professor da universidade de Cambridge, Dan McKenzie (1942-), ou o geofísico francês, Xavier Le Pichon (1937-).

A **Teoria da Tectónica de Placas** tornou-se a teoria dominante para a explicação da dinâmica da litosfera. Esta é uma teoria global, constituindo o ‘núcleo’ precursor do estudo do planeta Terra, como um sistema dinâmico e aberto (Ribeiro, 2011a, b). O seu desenvolvimento foi essencial para a compreensão de mecanismos como, por exemplo, os associados aos sismos, vulcões e formação de cadeias montanhosas.

Bibliografia:

Frisch, W.; Meschede, M. & Blakey, R. (2011). Plate Tectonics. Continental Drift and Mountain Building. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

History of Science (2009). London: Third Millenium Publishing.

Ribeiro, A. (2011a). Tectónica de placas. Geonovas, 23 e 24: 95-96.

Ribeiro, A. (2011b). Deriva dos continentes. **In:** Martins-Loução, M.A.(Coord.). A Aventura da Terra – um planeta em evolução: 31-36. Esfera do Caos Editores. 2

Figura 70 – Ficha informativa sobre História da Ciência (Cont.).

3.2.2. Trabalho de campo

Justificação

Um dos princípios do programa de Geologia do 12.º ano é que *As atividades práticas, de campo (...), desempenham um papel particularmente importante na aprendizagem das ciências* (Amador e Silva, 2004: 4). No ensino das geociências, a aprendizagem pode tornar-se mais complexa fora do seu ambiente natural. Assim, e neste contexto, *destaca-se a importância da observação in situ de exemplos da Geologia, porque podem ilustrar aqueles que foram estudados na sala de aula e facilitar a interpretação das grandezas físicas envolvidas nos processos geológicos* (Correia e Gomes, 2011: 186).

Sublinha-se também a importância das aulas de campo como um meio de aproximação à realidade local, de utilização dos recursos locais, de importância e motivação para os discentes, durante o estudo de exemplos da Geologia que lhes são próximos (Correia e Gomes, 2011), e/ou como aula de suporte a atividades laboratoriais. Este suporte poderá ser efetuado antes ou depois da aula de campo. Nesta proposta pretende-se que a aula de campo seja o suporte de uma atividade laboratorial, pois um dos objetivos será a recolha de amostras de rochas básicas para posterior uso laboratorial.

A calendarização desta atividade, para as primeiras semanas de aulas do ano letivo⁸⁴, permitirá efetuar uma diagnose e relembrar muitos dos conceitos gerais da Geologia que os alunos aprenderam, ao longo do seu percurso escolar, no ensino secundário e fundamentais para o entendimento e desenvolvimento dos conteúdos relativos ao 12.º ano

A proposta apresentada tem ainda em linha de conta algumas limitações que, muitas vezes, condicionam a realização deste tipo de iniciativas, nomeadamente a distância entre a escola e o local da aula de campo, que acarreta encargos financeiros. Por isso, na nossa proposta, a aula de campo é realizada numa área próxima da Escola, minimizando não só as limitações a que aludimos, mas também permite uma melhor gestão do tempo letivo. A aula de campo foi planeada para a região de Lamego, porque a investigadora lecionava nesta área geográfica aquando da realização deste estudo.

⁸⁴ De acordo com o programa da disciplina de Geologia do 12.º ano, o conteúdo apresentado será lecionado nas primeiras semanas do 1.º período.

Metodologia/estratégia

Sugere-se que a planificação do trabalho de campo siga as orientações do modelo de Orion (1989; 1993; 2001). Assim, propõe-se o desenvolvimento das seguintes etapas:

I - Fase de preparação (Pré-viagem - antes da aula de campo e em contexto de sala de aula):

- Análise prévia do percurso com os discentes, acompanhada da iniciação à leitura e análise da Carta Geológica de Lamego 14-A (Teixeira *et al.*, 1969).
- Identificação do percurso no site Google Earth.
- Observação de fotografias obtidas durante o trabalho de campo realizado previamente pela professora.

Este conjunto de ações terá como objetivo familiarizar o aluno com o espaço da aula de campo e minimizar o “*novelty space*”⁸⁵.

- Definição das regras a adotar; dos princípios éticos de atuação do geólogo no campo; das medidas de segurança; do vestuário a usar durante a aula de campo, roupa e calçado leve e boné; dos materiais necessários para fazer fotografia e amostrar as litologias observadas, máquina fotográfica, sacos de plástico, jornais velhos, etiquetas autocolantes/marcador (Fig. 71).
- Informação aos alunos sobre a necessidade de responder a questões incluídas no livro guia da aula de campo, bem como a anotação na caderneta de campo, de toda a informação relevante, por exemplo, observações, medidas, identificação de estruturas, para a discussão em grande grupo na aula pós-viagem. Assim, espera-se que os alunos compreendam que deverão fazer uma preparação adequada para a aula de campo, por exemplo, com a realização de uma pesquisa bibliográfica sobre a geologia da área em estudo.

O professor responsável deverá propor aos alunos a realização de um relatório da aula de campo, no qual deverão responder às questões que o professor for colocando nas várias paragens (Tabela 25). Para a concretização desta proposta é apresentada uma sugestão de uma ficha informativa com as “Regras gerais de elaboração de um relatório de uma Aula de Campo” (Fig. 73). Esta ficha

⁸⁵ “espaço-novidade”, (Orion, 1989, 1993, 2001).

informativa deverá ser fornecida aos alunos nesta fase, ou seja, antes da realização da atividade de exterior.

II - Aula de campo

- Em cada paragem, os alunos deverão, individualmente, observar, interpretar e responder às questões colocadas no livro guia da aula de campo (Fig. 71). A proposta de resposta a estas questões estão indicadas na tabela 26.
- Ao longo do percurso o professor deverá colocar as questões orientadoras (Tabela 25) para a interpretação do que vão observando, bem como indicar a tarefa a realizar. A discussão terá de ser alargada ao grupo-turma, de modo a que todos os alunos participem e possam esclarecer as possíveis dúvidas.
- Nas paragens, os alunos procederão à recolha de amostras de mão e ao registo fotográfico sempre que acharem relevante. A recolha de amostras de mão deverá realizar-se em todas as paragens, de modo que os alunos as transportem para as outras paragens para comparar com as rochas seguintes. No final devem levá-las para a Escola, devidamente catalogadas e localizadas, para enriquecer a coleção da Escola, ou iniciá-la caso não exista. Posteriormente poderá ser dada a conhecer à comunidade educativa. O professor terá um papel fundamental no acompanhamento e orientação destas tarefas. Na paragem 5 (Fig. 71) proceder-se-á à recolha de amostras de rocha básica, para o desenvolvimento da atividade laboratorial proposta na planificação (Tabela 22). A amostra de rocha básica tem de ser orientada *in situ*, com colocação de uma referência orientada em relação ao Norte geográfico e ao plano horizontal. Portanto, é necessário registar uma direção e uma inclinação.

III - Fase de síntese (Pós-viagem - após a aula de campo e em contexto de sala de aula):

- Catalogação e identificação das amostras colhidas, recorrendo a uma análise macroscópica e à comparação as com as amostras de mão existentes na Escola.
- Análise final da atividade com identificação das vantagens e dos constrangimentos.

Propõe-se que as respostas dos alunos ao livro guia da aula de campo e a grelha de observação de aula (Fig. 72) sejam classificadas e contabilizadas conjuntamente, para a avaliação sumativa da disciplina.

Competências prévias para que o aluno possa realizar a atividade

- Conhecer e identificar as características gerais dos três grandes grupos de rochas.
- Ter presente a génese dos três grandes grupos de rochas.
- Reconhecer a ação dos agentes erosivos nas rochas.
- Identificar paisagens geológicas.
- Ler e interpretar mapas e escalas.
- Conhecer a geologia geral do percurso.
- Saber ser e estar em ambiente exterior à sala de aula.
- Reconhecer a importância da preservação do património natural e construído.

Recursos

- Livro guia da aula de campo e respetivo material inerente à sua realização (Fig. 71).
- Bússola de Geólogo.
- Grelha de observação da aula de campo (Fig. 72).
- Transporte rodoviário.

Número de aulas

O roteiro de aula de campo apresentado tem como referência uma escola que dista aproximadamente 18 km do local de recolha da amostra de rocha básica, pelo que a sua duração depende das condições em que se possa realizar a aula. Assim, para a execução na íntegra e de acordo com as condições apresentadas (Tabela 23), uma parte do percurso deverá ser percorrido de autocarro e uma outra a pé pelo que o tempo de duração corresponderá a cerca de 240 min (uma manhã ou tarde). A este período de tempo acrescem 90 min, distribuídos por uma aula destinada à sua preparação (45 min) e uma aula posterior para a respetiva síntese (45 min). Contudo, o itinerário também poderá ser encurtado no caso de se pretender apenas cumprir o objetivo da recolha da amostra de rocha básica (Fig. 71 - Paragem

5), neste caso o percurso demorará cerca de 60 minutos de autocarro, considerando a ida e volta.

Tabela 25 – Questões orientadoras a colocar e tarefas (T) a cumprir em cada paragem.

Paragem 1: Estrada de acesso ao lugar do Cristo-Rei

- Descreva geomorfologicamente a paisagem (montes, vales, linhas de água).
- Qual será a sequência cronológica dos acontecimentos que permitiram a formação da geomorfologia da paisagem envolvente.
- Indique o nome da unidade litológica e a sua posição na escala geocronológica.
- Qual o tipo de vegetação dominante?
- Como explica o domínio da vegetação de pequeno porte?
- Será relevante recolher uma amostra da litologia envolvente para se estudar o campo paleomagnético?

T1 – Recolher uma amostra de mão devidamente localizada e catalogada.

T2 – Recolher imagens com escala.

Paragem 2: Lugar do Cristo-Rei

- Qual a génese do quartzito?
- É possível relacionar a génese do quartzito com a proximidade ao maciço granítico?
- Apresente uma justificação para a diferença da textura e da cor entre os granitos (Paragem 1) e o quartzito (Paragem 2).
- Indique o nome da unidade litológica e a sua posição na escala geocronológica.
- Como atua o agente erosivo biológico identificado sobre as rochas quartzíticas?
- Será relevante recolher uma amostra da litologia envolvente para se estudar o campo paleomagnético?

T1 – Recolher uma amostra de mão devidamente localizada e catalogada.

T2 – Recolher imagens com escala.

Paragem 3: EN n.º 1168 (Aldeia de Várzea da Serra)

- Qual o grau do metamorfismo que os xistos luzentos sofreram?
 - Qual a composição mineralógica dos xistos luzentos?
-

- Indique o nome da unidade litológica e a sua posição na escala geocronológica.
- Como explica as diferentes granulometrias registadas nos sedimentos?
- Qual a responsabilidade da ação da água no aspeto do afloramento?
- De que forma a intervenção antrópica tem responsabilidade nas características morfológicas observadas?
- Será relevante recolher uma amostra da litologia envolvente para se estudar o campo paleomagnético?

T1 – Recolher uma amostra de mão devidamente localizada e catalogada.

T2 – Recolher imagens com escala.

Paragem 4: EN n.º2 (Aldeia do Mezio)

- Indique o nome da unidade litológica e a sua posição na escala geocronológica.
- Qual é o grau de alteração da rocha em afloramento?
- É possível estabelecer uma relação entre o aparecimento de diáclases e as grandes amplitudes térmicas sentidas na região?
- Como caracteriza o tipo de vegetação dominante?
- Como explica a formação desta textura granítica?

T1 – Recolher uma amostra de mão devidamente localizada e catalogada.

T2 – Recolher imagens com escala.

Paragem 5: Afloramento de rochas básicas

- Caracterize a textura e a cor da rocha básica.
- Explique o processo de formação do filão da rocha básica.
- Indique o nome da unidade litológica e a sua posição na escala geocronológica.
- Qual o princípio estratigráfico que identifica neste afloramento?
- Indique a relevância de se recolherem amostras do filão de rocha básica para estudar o campo paleomagnético contemporâneo da sua formação.

T1 – Medir a direção do filão (direção e pendor).

T2 – Recolher amostras orientadas para paleomagnetismo.

T3 – Recolher imagens com escala.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

Livro guia da aula de campo para a região da

SERRA DE SANTA HELENA



Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena.

1	Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena.
Índice	
	Pág.
1. Introdução	2
2. Objetivos	2
3. Enquadramento geográfico e acessos	2
4. Enquadramento geológico	3
5. Material	5
6. Itinerário	5
7. Bibliografia	10

Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena (cont.).

1. Introdução

A Serra de Santa Helena, localizada num dos contrafortes da Serra de Montemuro, pertence ao distrito de Viseu, concelho de Tarouca e situa-se a WSW desta cidade. Alonga-se segundo a direção NW-SE, atingindo a sua maior altitude, com 1091 m, na capela de Santa Helena. Apresenta um cimo aplanado e vertentes íngremes para os lados de Tarouca e Lalim (Lamego). A separá-la da Serra de Bigorne encontra-se o extenso patamar de Bigorne e do Mezio, com amplas zonas aplanadas (Fig. 1).

Com uma panorâmica única no país, os miradouros desta Serra permitem o vislumbre de um vale intitulado de “encantado”, rico em património arquitetónico e com um registo geológico variado.

2. Objetivos

- Observar a geomorfologia geral da Serra de Santa Helena.
- Visualizar e identificar acidentes tectónicos.
- Identificar *in situ* diferentes tipos de rochas.
- Recolher amostras de mão.
- Consolidar e aplicar aprendizagens realizadas ao longo dos ensinios, básico e secundário.

3. Enquadramento geográfico e acessos

A totalidade do percurso, de aproximadamente 18 km, inclui paragens em locais pertencentes a três concelhos, Tarouca, Castro Daire e Lamego. O ponto mais elevado deste itinerário encontra-se a uma altitude de 1048 m e situa-se num ponto mediano entre as aldeias de Várzea da Serra e Vale Abrigoso (Fig. 1).

O acesso, a partir de Tarouca, é feito pela Estrada Nacional n.º 1173 até Gondomar, de onde se segue em direção ao lugar do Cristo Rei. A estrada de acesso ao Cristo-Rei é asfaltada, derivando desta várias caminhos florestais, que se ramificam um pouco por toda a serra, facilitando o acesso a diversos locais. A partir do Cristo-Rei, o percurso terá de ser feito a pé, por um estradão de terra batida, num total de aproximadamente 3,6 km, até à aldeia de Várzea da Serra. Nesta povoação retoma-se a viagem de autocarro, pela EN n.º1168, até ao Mezio. A partir do Mezio, toma-se a EN n.º2 até ao ponto mais distante do percurso – Bigorne (Fig. 1).

Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena (cont.).

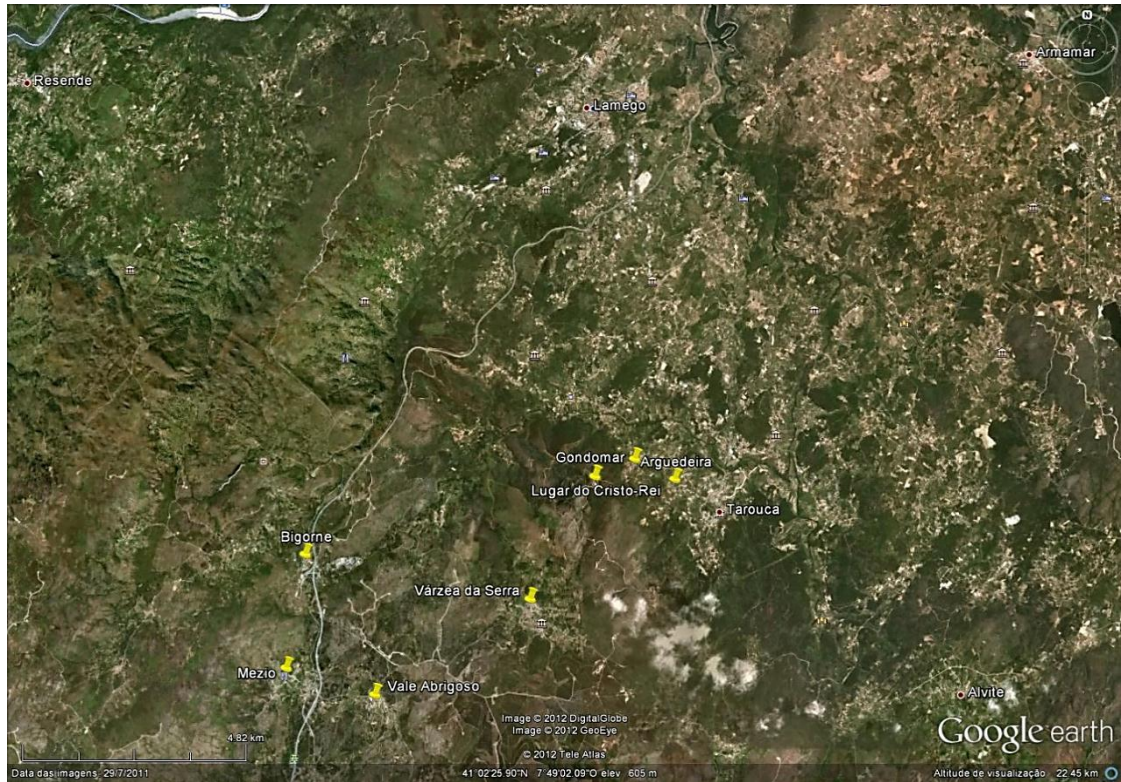


Fig. 1 – Localização geográfica da região da Serra de Santa Helena (Google Earth, 2008).

4. Enquadramento geológico

A área em apreço é constituída principalmente por afloramentos de rochas graníticas e algumas manchas de rochas metamórficas, entre as quais de quartzitos do Paleozoico. Assim, encontramos granito monzonítico predominantemente biotítico de grão médio porfiroide. De entre os minerais essenciais do granito, salienta-se o quartzo, o feldspato, a biotite e alguma moscovite. O quartzo apresenta-se, por vezes, fraturado e recristalizado e a biotite, de um modo geral, encontra-se sã. Este granito contacta, a Norte e Nordeste, com a série xistenta de idade silúrica. A Sul de Gondomar pode-se observar quartzitos com bilobites do Ordovícico. As unidades do Complexo Xisto-Grauváquico, que forma a mancha de Várzea da Serra, apresentam uma forma alongada, com uma orientação aproximadamente Norte-Sul e encontram-se muito metamorfizadas. A ocidente, contacta com o granito porfiroide grosseiro e a leste com o granito fino a médio (Teixeira *et al.*, 1969) (Fig. 2).

Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena (cont.).

4 Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena.

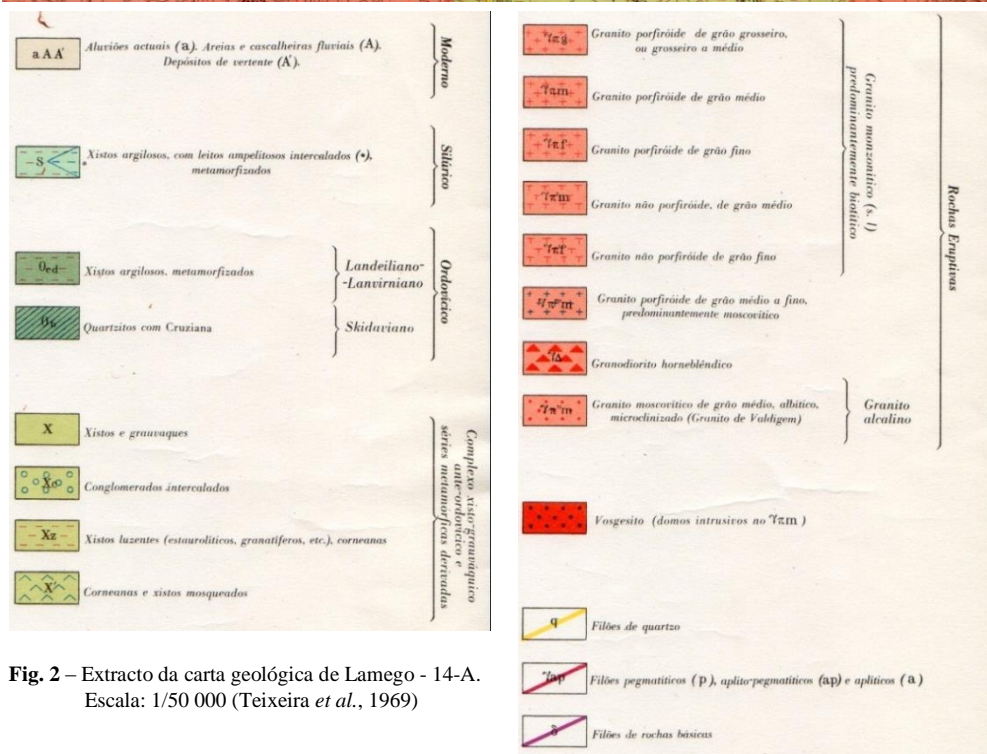
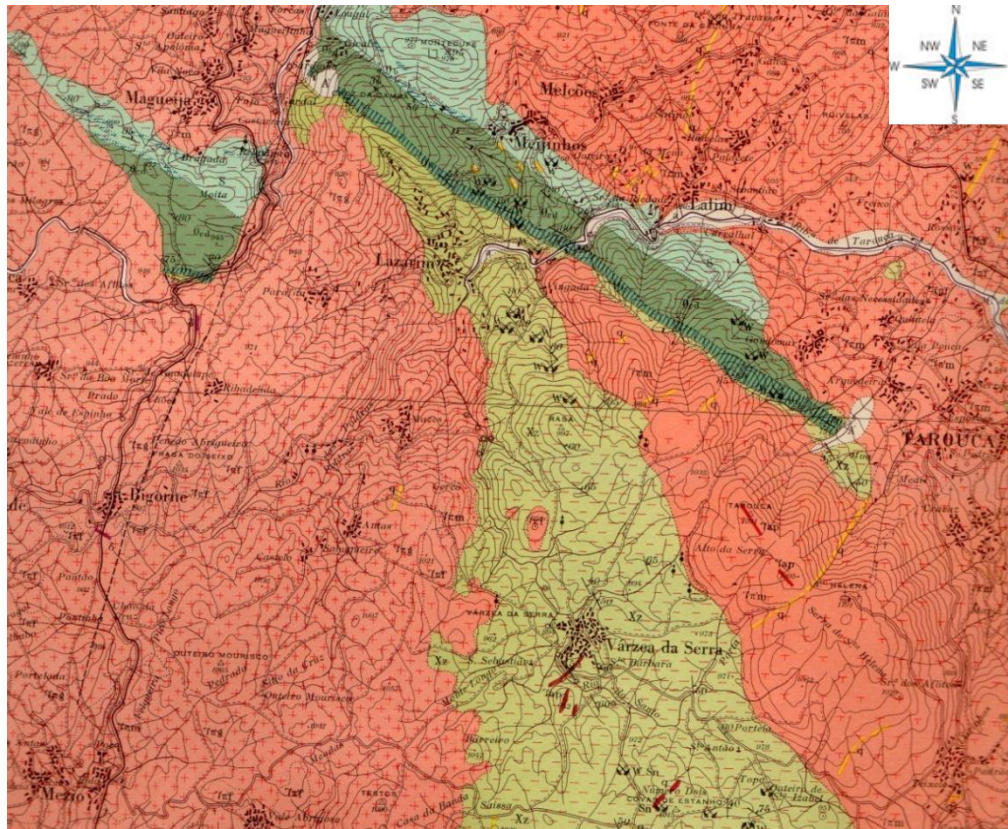


Fig. 2 – Extracto da carta geológica de Lamego - 14-A. Escala: 1/50 000 (Teixeira et al., 1969)

Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena (cont.).

5 Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena.

5. Material

- o Caderneta de campo.
- o Máquina fotográfica.
- o Etiquetas autocolantes.
- o Marcador.
- o Guia da aula de campo.
- o Martelo de geólogo.
- o Jornais velhos.
- o Sacos de plásticos.

6. Itinerário

O itinerário escolhido compreende 5 paragens (Fig. 3).

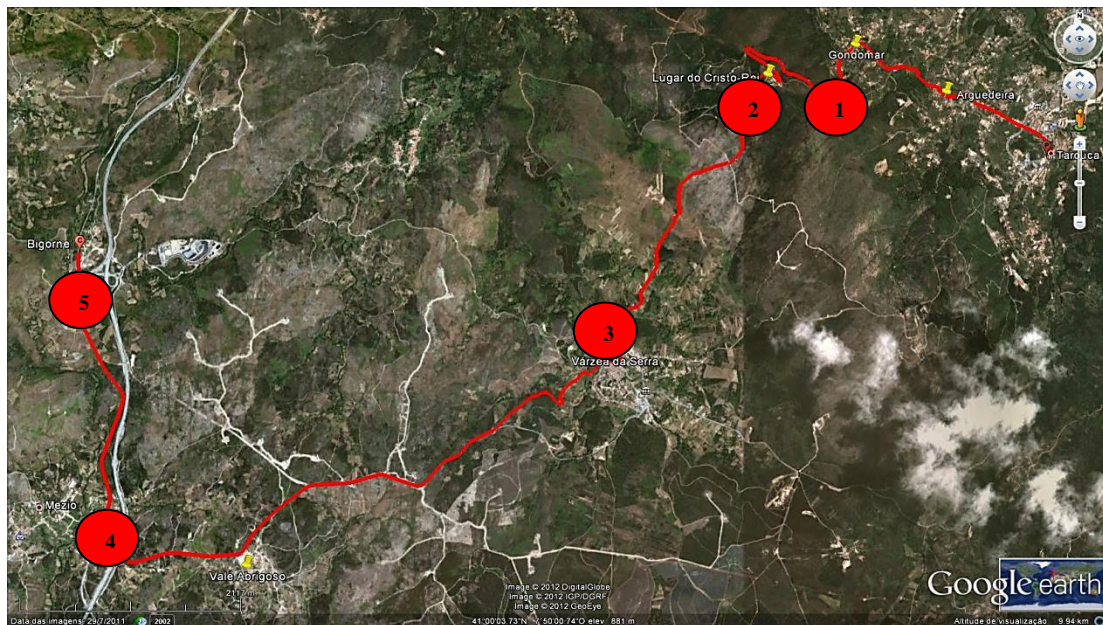


Fig. 3 – Itinerário com localização das paragens. (Adaptado de Google Earth, 2008).

➤ **Paragem 1: Estrada de acesso ao lugar do Cristo-Rei**

Conceitos importantes

Diáclases – Rotura num corpo rochoso sem deslocamento nos compartimentos em confronto.

Granito – Plutonito granular rico em sílica (+ 70%) com quartzo essencial expresso em abundância (20 a 40%), feldspato alcalino (ortóclase, microclina, albite). Como mineral ferromagnésiano contém, geralmente, a biotite. Entre acessórios destacam-se apatite, zircão e magnetite.

Geomorfologia: Estudo das formas da paisagem e sua evolução como resultado da dinâmica da litosfera.

Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena (cont.).

6 Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena.

Aspetos a observar (Fig. 4)

- Morfologia da Serra de Santa Helena.
- Paisagem granítica.
- Caos de blocos.



Fig. 4 – Paisagem granítica.

Q1: **Esquematize** a morfologia geral da Serra de St^a Helena.

Q2: **Refira** o nome da paisagem geológica que domina a área envolvente. _____.

Q3: **Explique** o processo de formação desta paisagem geológica. _____

Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena (cont.).

➤ **Paragem 2: Lugar do Cristo-Rei**

Conceitos importantes

Agentes erosivos – processos físicos, químicos e biológicos responsáveis pelo desgaste das rochas e relevos terrestres e que promovem o transporte e acumulação dos materiais resultantes.

Quartzito – Rocha metamórfica, compacta e dura, constituída por mais de 80% de grãos de quartzo recristalizados.

Aspetos a observar (Fig. 5)

- Cristas quartzíticas.



Fig. 5 – Cristas quartzíticas junto à capela do Cristo-Rei.

Q4: **Indique** o tipo de rocha a que pertencem os quartzitos. _____.

Q5: **Identifique** o agente erosivo cuja ação pode observar e que afeta as rochas quartzíticas.

_____.

➤ **Paragem 3: EN n.º 1168 (aldeia de Várzea da Serra)**

Conceitos importante:

Complexo-Xisto-Grauváquico – Unidade estratigráfica de rochas metamórficas que apresentam um maior ou menor grau de metamorfismo.

Xistos luzentos (ou filitos) – xisto sericítico ou clorítico de baixo grau de metamorfismo.

Metamorfismo – Processo geodinâmico realizado no interior da crosta, no estado sólido, por ação do calor e/ou pressão conduzindo a modificações na textura das rochas afetadas e, muitas vezes, na composição.

Aspetos a observar (Fig. 6)

- Diferentes granulometrias das rochas.
- Erosão das rochas.



Fig. 6 – Xistos Luzentes em Várzea da Serra.

Q6: **Identifique** as rochas que observa em afloramento. _____.

Q7: **Classifique** o tipo de metamorfismo ocorrido. _____.

➤ **Paragem 4: EN n.º 2 (aldeia do Mezio)**

Conceitos importantes

Diáclases (Ver paragem 1)

Agente erosivo (Ver paragem 2)

Granito (Ver paragem 1)

Aspetos a observar (Fig. 7)

- Diáclases.
- Arenização das rochas.
- Vegetação no afloramento granítico.
- Granitos.

9

Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena.



Fig. 7 – Granito porfiroide de grão médio.

Q8: **Identifique** as rochas que observa em afloramento. _____.

Q9: **Identifique** e **observe** diáclases no afloramento. **Explique** porque se formam as diáclases.

_____.

Q10: **Identifique** o processo de alteração do granito. _____.

Q11: **Refira** um ser vivo que habita neste afloramento granítico. _____.

Q12: **Identifique** a textura visível neste granito. _____.

➤ **Paragem 5: Afloramento de rochas básicas**

Conceitos importantes

Filão – Modo de jazida de minerais ou de rochas, caracterizado pela forma alongada e estreita, ocupando fissuras nas rochas encaixantes.

Rocha básica - Rocha ígnea com um teor de SiO_2 entre 40% e 50%, relativamente ricas em Fe, Mg e Ca, como o gabro (plutónica) e o basalto (vulcânica).

Aspetos a observar (Fig. 8)

- Filão de rochas básicas.

Figura 71 – Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena (cont.).

10 Livro guia da aula de campo para a região da Serra de Santa Helena.



Fig. 8 – Filão de rocha básica num afloramento granítico.

Q13: **Identifique** a rocha encaixante. _____.

Q14: **Indique** qual é mais antigo, se o filão ou a rocha encaixante. _____.

7. Bibliografia

Galopim de Carvalho, A.M. (2011). Dicionário de Geologia. Lisboa: Âncora Editora.

Google Earth (2008) - <http://earth.google.com> (consultado em abril/2012).

Teixeira, C.; Medeiros, A.C. & Fernandes, A.P. (1969). *Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, Notícia Explicativa Folha 14-A Lamego*. Direção-Geral de Minas e Serviços Geológicos de Portugal. Alcobça: Tipografia Alcobacence, Lda.

Nota: Todas as fotografias deste livro guia da aula de campo são da autoria da investigadora.

GRELHA DE OBSERVAÇÃO DA AULA DE CAMPO								
Aluno (N.º)	Faz-se acompanhar do material necessário	Identifica o local da paragem	Usa escala para fotografar	Recolhe e armazena as amostras de mão adequadamente	Rigor científico na linguagem	Interesse/atenção	Mostra respeito pelo meio envolvente	Total
1								
2								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Escala: 0 – Não cumpre 1 – Cumpre parcialmente 2 – Cumpre integralmente

Total: 14 - 13 Excelente; 12 - 10 Muito Bom 9 – 7 Suficiente 6 – 0 Insuficiente

Correspondência para uma escala de 20 valores: $\frac{20 \times Total}{14}$

Figura 72 – Grelha de observação da aula de campo.

Tabela 26 – Proposta de resolução das questões apresentadas no Livro guia da aula de campo.

Q1 – Resposta livre (12pt).

Q2 – Caos de blocos (12pt).

Q3 – A génese da paisagem ‘caos de blocos’ decorre da erosão que acontece ao longo das fraturas e que tende a arredondar as arestas, suavizando as formas. Comumente as fraturas existentes são subperpendiculares e formam-se basicamente por descompressão da massa rochosa quando esta atinge zonas menos profundas da litosfera. Inicialmente os blocos apresentam uma forma de paralelepípedo, que tende a formar esferas dispostas caoticamente na paisagem (25pt).

Q4 – Rocha metamórfica (13pt).

Q5 – Seres vivos (vegetação) (13pt).

Q6 – Xistos luzentos (12pt).

Q7 – Metamorfismo de contacto (13pt).

Q8 – Granito (12pt).

Q9 – As diáclases formam-se por rutura das rochas, como resultado de um campo de tensões aplicado nestas. Assim, podem resultar da expansão sofrida pelas rochas devido à descompressão provocada pela erosão dos materiais que as cobrem, ou da contração provocada pela cristalização magmática (25pt).

Q10 – Alteração física e química (14pt).

Q11 – Giesta/Tojo (*Ulex sp.*) /Pinheiro (*Pinus sp.*) (12pt).

Q12 – Textura fanerítica (12pt).

Q13 – Granito (12pt).

Q14 – A rocha encaixante (13pt).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

FICHA INFORMATIVA

Regras gerais para a elaboração de um relatório de uma aula de campo

O relatório da aula de campo deverá sistematizar todas as paragens do itinerário percorrido, bem como incluir informação sobre a localização geográfica e geologia geral da região. Deverá ainda contemplar a importância dessa aula de campo para o contexto curricular do aluno. Deve redigir-se na terceira pessoa do singular ou do plural do pretérito perfeito.

Partes constituintes de um relatório de uma aula de campo:

- **Apresentação (Capa)**

1. Nome da escola onde o trabalho é realizado.
2. Título - deve corresponder ao trabalho desenvolvido. Deve ser informativo e criativo.
3. Nome do autor ou autores, acompanhado do n.º, da turma e ano de escolaridade.
4. Local e data de realização.

- **Introdução**

Esta secção deve incluir, de uma forma sumária, o âmbito em que se realizou a aula de campo, uma descrição do local e a relevância e justificação da referida aula (com pesquisa bibliográfica), bem como a definição dos objetivos a alcançar.

- **Enquadramento geográfico**

Identificação da localização geográfica, com indicação p. ex. da freguesia, do concelho e do distrito da área estudada. Deverá ainda incluir uma descrição detalhada do trajeto percorrido para chegar ao local de início do itinerário. No caso de ser possível, indicar as coordenadas GPS. Deverá fazer-se acompanhar de um mapa, devidamente legendado, com escala e orientação.

- **Enquadramento geológico**

Descrição da Geologia da região envolvente da área estudada. Deverá fazer-se acompanhar de um extrato da carta geológica respetiva.

- **Itinerário**

Descrição pormenorizada e individualizada de cada uma das paragens identificadas no livro guia da aula de campo. Em cada paragem, deverá dar resposta às questões que a professora foi colocando. Sempre que possível e pertinente deverá fazer-se acompanhar de uma imagem fotográfica.

- **Conclusão**

Avaliação do cumprimento dos objetivos inicialmente propostos para a aula de campo e da sua contribuição para a consolidação das matérias lecionadas. Neste parâmetro, poderá ainda referir-se o que não correu tão bem e incluir sugestões de melhoria.

- **Glossário**

Lista alfabética e respetiva definição dos termos e conceitos relacionados com a temática e desenvolvidos no relatório da aula de campo.

Figura 73 – Normas para a elaboração do relatório da aula de campo.

• **Bibliografia**

Enumeração da lista de toda a documentação consultada, de acordo com normas seguintes:

Livro - Autor (apelido seguido de nome próprio) (ano de publicação). Título. Local de publicação: editor. Ex:

Carta geológica:

Teixeira, C.; Medeiros, A.C. & Fernandes, A.P. (1969). Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, Notícia Explicativa Folha 14-A Lamego. Direção-Geral de Minas e Serviços Geológicos de Portugal. Alcobaca: Tipografia Alcobacence, Lda.

Internet – Endereço da página web consultada (indicar a página consultada e não o motor de busca usado!), bem como a data da consulta:

<http://www.varzeadaserra.pt.vu/> - consultado a dezembro de 2011.

No seu relatório, a forma como redige tem muita importância. Assim:

- Procure apresentar as suas ideias de forma estruturada, com clareza e rigor;
- As frases e os parágrafos não devem ser extensos;
- A expressão deve ser correta e clara. Procure fazer várias revisões para evitar erros ou frases mal construídas.

Atenção ao cumprimento do prazo fixado pelo professor! Se entregar um relatório fora do prazo é penalizado.

A apresentação gráfica do relatório é também relevante, devendo pautar-se pela discrição e pela uniformização. Apresentam-se algumas sugestões:

- Tipo de letra: Times New Roman ou Arial;
- Tamanho: os textos devem ter o tamanho 12; as notas de rodapé devem ser escritas em tamanho 8;
- Os títulos devem ser escritos a *bold* (negrito) e hierarquizados, isto é, usando diferentes tamanhos para os títulos e os subtítulos;
- Todas as figuras devem estar devidamente legendadas (usando um tamanho de letra inferior ao do texto) e estar referenciadas no texto;
- Espaçamento: 1,5;
- Margens: Superior e inferior - 2,5 cm;
Esquerda e direita - 3 cm;
- Tipo de papel: A4 branco.

Na avaliação do relatório da aula de campo serão considerados os seguintes indicadores:

- a) Organização do relatório;
- b) Correção e clareza da linguagem;
- c) Rigor científico, incluindo a utilização de conceitos relacionados com a aula de campo;
- d) Criatividade;
- e) Descrição das paragens do itinerário;
- f) Apreciação crítica da aula de campo.

3.2.3. Atividade laboratorial

Justificação

O ensino das geociências pressupõe o recurso a atividades laboratoriais experimentais, ou não, uma vez que permitem a simulação de processos naturais que, por razões de escala de espaço e tempo, são impossíveis de observar em ambiente natural acabando por serem de difícil perceção para os alunos.

Para a unidade em apreço, o programa de Geologia do 12.º ano propõe que seja realizada a simulação laboratorial da expansão dos fundos oceânicos em zonas de dorsal, bem como do comportamento das placas em zonas de subducção, atividades que se podem realizar a partir de protocolos disponibilizados em dois dos três manuais disponíveis no mercado (M12 A: 33 e M12C: 32).

Considerando que os estudos paleomagnéticos foram essenciais no avanço do conhecimento científico que levou à construção da Teoria da Tectónica de Placas, neste trabalho propõe-se a realização de uma atividade, na qual se possam experimentar conceitos no âmbito do paleomagnetismo. Em primeiro lugar, porque este é um assunto sobre o qual os alunos revelam particular dificuldade de compreensão. Depois, porque nenhum dos manuais existentes apresenta atividades laboratoriais sobre esta temática.

Assim, pretende-se que esta seja uma atividade complementar às propostas nos manuais escolares e complementar à atividade de campo, uma vez que se poderão utilizar amostras de rocha básica recolhidas na aula de campo.

Metodologia/estratégia

- A atividade laboratorial deverá ocorrer posteriormente à aula de campo, se se pretender usar as amostras de rocha básica.
- Antes da aula laboratorial dever-se-á realizar, conjuntamente com os alunos, a preparação da atividade com: a apresentação dos objetivos a desenvolver; a definição de conceitos, como por exemplo, o da suscetibilidade magnética e de magnetização remanescente natural e magnetização remanescente primária; a explicação de como efetuar as determinações e cálculo dos valores da suscetibilidade magnética, da magnetização remanescente, declinação e inclinação magnéticas. Para o efeito sugere-se que seja utilizado o documento em PowerPoint da figura 74. Através deste

os alunos terão o primeiro contacto visual com os equipamentos e aprenderão a calcular os parâmetros atrás referidos.

- Esta atividade será feita em grupos, pelo que a sua definição também deverá ser efetuada antecipadamente, devendo a metodologia escolhida ficar ao critério de cada professor. Este poderá distribuir os grupos de acordo com dinâmicas próprias dos alunos, de acordo com resultados obtidos a partir de testes de avaliação de competências ou ainda seguir orientações validadas por autores⁸⁶.
- A aula seguinte dever-se-á iniciar com o relançamento das matérias lecionadas anteriormente, recorrendo à leitura/exploração da introdução do protocolo experimental (Fig. 75). O professor deverá discutir com os alunos as questões de investigação que pretende respondidas com a atividade (Tabela 27).
- Para a execução da parte B do protocolo, os alunos deverão ser informados que as amostras a preparar deveriam ser esféricas, por ser a forma que melhor permitiria obter os valores que se pretendem determinar. Contudo, serão cilíndricas, por ser a forma geométrica mais próxima e, ainda, pela necessidade de serem compatíveis com a configuração física dos equipamentos. O recurso a um molde cilíndrico, em cartão, para a solidificação da mistura de vela líquida e de rocha triturada (Fig. 75 – Parte B), impedirá que a caixa de plástico, de uso específico para os aparelhos das determinações dos parâmetros magnéticos, fique inutilizada para futuras aplicações.
- A amostra de rocha triturada a utilizar na parte B do procedimento deverá ter uma granulometria $\leq 2 \text{ mm}$ ⁸⁷. A rocha já deverá ter sido triturada pelo professor, por exemplo, no laboratório do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.
- Na figura 77 podem visualizar-se algumas fotografias do desenvolvimento da Parte B da atividade laboratorial proposta.

⁸⁶ P. ex. Leite e Santos (2004) apresentam algumas possibilidades de agrupar os alunos, para a realização de trabalho de projeto, algumas das quais também poderão ser válidas nesta tipologia de atividade. Assim, os grupos, de 3 a 5 elementos, poderão definir-se tendo em conta: as características pessoais (a heterogeneidade enriquece); a escolha afetiva das amizades; ou, através de um jogo de acaso.

⁸⁷ De acordo com o trabalho desenvolvido por Correia (2006). O tamanho do grão influencia as propriedades magnéticas da amostra e, como tal, os seus parâmetros magnéticos, nomeadamente a suscetibilidade magnética (Dearing, 1999).

- Acompanhamento do desenvolvimento da atividade com a discussão, em pequeno grupo, dos resultados obtidos, bem como a orientação para o preenchimento das tabelas do protocolo (Fig. 75).
- Após a recolha de dados, o professor poderá reutilizar o documento em PowerPoint (Fig. 74), em que explica quais os cálculos matemáticos necessários ao tratamento dos dados laboratoriais.
- Conclusão da aula com a discussão, em grande grupo, dos resultados obtidos e grau de cumprimento dos objetivos definidos para esta atividade.
- Aos alunos deverá ser solicitada a elaboração de um relatório, pelo que o professor necessitará de orientar e indicar os pontos a realçar. Seguidamente ao protocolo laboratorial é apresentada uma proposta de normas a utilizar pelos alunos para a elaboração do respetivo relatório (Fig. 78). Esta ficha informativa deverá ser entregue aos alunos na aula de preparação. É igualmente apresentada uma proposta de grelha a utilizar pelo professor para avaliar a aula laboratorial (Fig. 76).

Competências prévias para que o aluno possa realizar a atividade

- Conhecer que a Terra possui um campo magnético que fica registado nas rochas aquando da sua formação, e que as rochas podem preservar este registo na forma de magnetização remanescente natural.
- Reconhecer que o campo magnético terrestre tem sofrido alterações que o permitem classificar de normal ou inverso.
- Saber que a leitura e a interpretação deste registo paleomagnético foram fundamentais para a formulação da Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos e da Teoria da Tectónica de Placas.

Recursos

- Documento em PowerPoint (Fig. 74).
- Protocolo e respetivo material para a sua realização (Fig. 75).
- Grelha de observação da aula de laboratorial (Fig. 76).
- Laboratório.

Esta atividade terá de ser desenvolvida em parceria com um organismo universitário, para que seja possível a utilização dos equipamentos, Ponte de suscetibilidade Bartington MS2, Magnetómetro rotativo Molspin e desmagnetizador por campos magnéticos alternos, que permitem a determinação dos parâmetros magnéticos (Parte C do protocolo experimental). Esta colaboração deverá efetuar-se pela deslocação dos alunos à instituição de ensino superior para realizar as determinações (P. ex., Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra).


Número de aulas

O desenvolvimento desta atividade pressupõe uma aula de 135 minutos, precedida de uma outra de 45 min para a sua preparação.

Tabela 27 – Questões de investigação que poderão servir de orientação à realização da atividade laboratorial.

- A que é que se assemelha o comportamento da limalha de ferro?
 - Como reagem os minerais ferromagnéticos que constituem as rochas na presença de um campo magnético?
 - De que modo a utilização de uma mistura de vela líquida e rocha triturada pretende simular a formação de uma rocha sedimentar em que a vela liquefeita corresponde ao cimento (fase ligante) e a rocha triturada aos sedimentos?
 - Qual a vantagem de se construir um molde em cartão para colocar a mistura da vela com a rocha triturada?
 - Porque se subtrai o valor da massa do cilindro em cartão ao valor total da amostra?
 - De que forma a determinação dos parâmetros magnéticos de amostra permite concluir acerca da presença do campo magnético terrestre?
-

Atividade Laboratorial


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas

Paleomagnetismo – Determinação da magnetização remanescente das rochas

♦ Fase de preparação

Gina Peralta Correia
Geologia 12.º ano
2011/2012

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
Paleomagnetismo – Determinação da magnetização remanescente das rochas
Fase de preparação

Objetivos da atividade:

- **Identificar** a ocorrência de um campo geomagnético e paleomagnético.
- **Determinar** a suscetibilidade magnética e a magnetização numa amostra de rocha básica.

Figura 74 – Documento em PowerPoint de preparação para a aula laboratorial.

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
Paleomagnetismo – Determinação de magnetização remanescente das rochas
Fase de preparação

Avaliação das propriedades magnéticas:

- Suscetibilidade magnética - χ

⇒ Capacidade que uma substância tem de adquirir uma magnetização, quando colocada na presença de um campo magnético.



Ponte de suscetibilidade Bartington e sensor MS2B

⇒ Cálculo dos Valores da Suscetibilidade Magnética a diferentes frequências: χ_{lf} e χ_{hf} (χ em m^3/kg).

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
Paleomagnetismo – Determinação de magnetização remanescente das rochas
Fase de preparação

Avaliação das propriedades magnéticas:

- Magnetização remanescente natural - MRN

⇒ Corresponde ao momento magnético permanente de uma rocha/solo.

⇒ Possui uma componente primária que é contemporânea da formação da rocha.

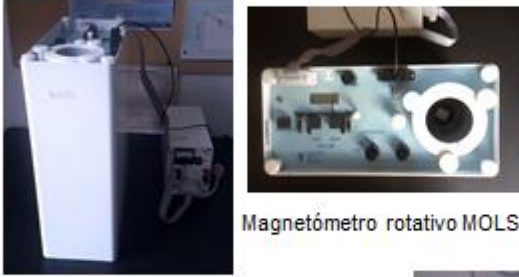
⇒ Esta componente fornece-nos, p. ex., a polaridade do campo geomagnético.

Figura 74 – Documento em PowerPoint de preparação para a aula laboratorial (cont.).


Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
Paleomagnetismo – Determinação de magnetização remanescente das rochas
Fase de preparação

Avaliação das propriedades magnéticas:

- Magnetização remanescente natural - MRN



Magnetômetro rotativo MOLSPIN Minispin



Desmagnetizador por campos magnéticos alternos

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
Paleomagnetismo – Determinação de magnetização remanescente das rochas
Fase de preparação

- Declinação magnética
 - ⇒ ângulo formado entre a norte magnético e o norte geográfico.
- Inclinação magnética
 - ⇒ ângulo da direção do campo nesse ponto, isto é, o ângulo da agulha da bússola com o horizonte. Grandeza expressa em graus N ou S, conforme a ponta N ou S da agulha fica abaixo do horizonte, e conta-se positivamente quando a ponta N fica abaixo do horizonte. No equador magnético a inclinação é de zero graus e nos polos magnéticos é vertical.

Figura 74 – Documento em PowerPoint de preparação para a aula laboratorial (cont.).

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
 Paleomagnetismo – Determinação da magnetização remanescente das rochas
 Fase de preparação

⇒ Valores da Suscetibilidade magnética

Por ex.:

Nº amostra	P _{caixa}	P _{amostra}	Ar1	χ_{r1}	Ar2	χ_{r2}	Ar3	χ_{r3}	Ar4
M1	4,19g	6,49g	-0,2	19,7	-0,2	19,7	0	19,7	0

$$\chi_{r1} = 19,7 - \left[\frac{-0,2 + (-0,2)}{2} \right] = 19,9$$

$$\chi_{r2} = 19,7 - \left[\frac{-0,2 + 0}{2} \right] = 19,8$$

No final ainda é necessário calcular a Média de todas as amostras em lf e hf

χ_{lf} = Média da χ_{lf} de todas as amostras, ou seja: $\chi_{lf} = \frac{\chi_{lf1} + \chi_{lf2} + \chi_{lf3}}{3}$

Os primeiros passos de uma nova teoria: a Teoria da Tectónica de Placas
 Paleomagnetismo – Determinação da magnetização remanescente das rochas
 Fase de preparação

- Suscetibilidade magnética a diferentes frequências (χ em m³/kg)

$$\chi_{massa} = \frac{\chi_{lf} \times V_{caixa} (m^3)}{M_{amostra} (kg)}$$

$$\chi_{massa} = \frac{\chi_{hf} \times V_{caixa} (m^3)}{M_{amostra} (kg)}$$

Em que:

χ_{lf} e χ_{hf} = valores determinados na ponte de suscetibilidade.

$V_{caixa} = 1 \times 10^{-5} m^3$.

$M_{amostra}$ = massa da amostra, em kg, corresponde à massa da amostra por si só.

Figura 74 – Documento em PowerPoint de preparação para a aula laboratorial (cont.).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

PROTOCOLO

Tema: *Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas. A dinâmica da litosfera.*

Assunto: Campo geomagnético e Paleomagnetismo.

Objetivo: - Identificar a ocorrência de um campo geomagnético e paleomagnético.

- Determinar a suscetibilidade magnética e a magnetização numa amostra de rocha básica.

Introdução

“O Paleomagnetismo é a área do saber que se ocupa com o estudo da configuração do campo magnético no passado geológico” (Gomes, 1996: 10), e cujo principal objetivo é obter um registo das configurações antigas do campo geomagnético (Butler, 1992).

O campo geomagnético, tal como o gravítico, não pode ser visto ou tocado, apenas sentido. É considerado uma das componentes mais complexas do sistema Terra, uma vez que interage com a atmosfera, a biosfera, o manto profundo e o núcleo interno (Tauxe, 2005).

Em estudos paleomagnéticos, recorre-se com maior frequência a afloramentos de rochas ígneas e sedimentares do que às rochas metamórficas, devido às suas características.

A suscetibilidade magnética (χ) pode ser definida como a magnetizabilidade, ou seja, a capacidade que uma substância tem de adquirir uma magnetização (J ou M), quando colocada na presença de um campo magnético (H). A suscetibilidade magnética fornece informações sobre a mineralogia e a geoquímica dos constituintes do ambiente.

Na ausência de um campo aplicado, algumas substâncias apresentam uma magnetização designada por magnetização remanescente natural (MRN) que, comumente, é constituída pelo somatório de duas componentes, uma primária (relevante para os estudos paleomagnéticos) e uma secundária.

A – Identificação da ocorrência de um campo geomagnético e paleomagnético

Material

- Amostras de rocha¹;
- Íman;
- Bússola;
- Limalha de ferro;
- Placa de vidro.

Procedimento

- 1 - **Coloque** a placa de vidro, com a limalha de ferro, em cima do íman e **movimente-a**.
- 2 - **Registe** o comportamento da limalha de ferro junto do íman.
- 3 - **Coloque** a bússola junto da amostra e registe o seu comportamento.

¹ Rocha básica recolhida na aula de campo ou, em substituição, um basalto

Figura 75 – Protocolo laboratorial.

B - Preparação da amostra de rocha para determinação da suscetibilidade magnética e da magnetização remanescente natural

Material

- 1 Vela grande (parafina);
- Caixa de plástico cilíndrica (10 cm³);
- Cartão;
- Espátula;
- Gobelé de 100 ml;
- Papel de limpeza.
- Placa de aquecimento ou lamparina;
- Rocha triturada¹;
- Vareta de vidro.

Procedimento

- 1 - **Derreta** a vela no interior do gobelé.
- 2 - Com a espátula **deite** a rocha triturada no gobelé e, com a ajuda da vareta de vidro, proceda à sua mistura.
- 3 - Com o cartão, **molde** um cilindro com a dimensão adequada para caber na caixa de plástico de 10 cm³. **Determine** a massa do cilindro.
- 4 - **Encha** o cilindro com a mistura preparada em 2.
- 5 - **Deixe** solidificar e proceda à determinação da massa. Ao valor obtido subtraia o valor da massa do cilindro para obter o valor da amostra. **Registe** o resultado nas tabelas 1 e 2.

C – Determinação da suscetibilidade magnética e da magnetização remanescente natural

Material

- Caixa de plástico com os cilindros de rocha triturada em vela liquefeita;
- Desmagnetizador por campos magnéticos alternos;
- Magnetómetro rotativo Molspin;
- Ponte/balança de suscetibilidade Bartington MS2.

Procedimento:

- 1 - **Leia** o manual da ponte de suscetibilidade ou suscetibilímetro Bartington MS2.
- 2 - **Introduza** a caixa cilíndrica na ponte de suscetibilidade.
- 3 - **Efetue** três determinações em baixa frequência (χ_{lf}) = 0,46 KHz e alta frequência (χ_{hf}) = 4,6 KHz, intercalando sempre com medições do ar.
- 4 - **Registe** os valores nas tabelas 1 e 2 respetivamente.
- 5 - **Calcule** os valores de χ_{lf} e χ_{hf} .
- 6 - **Introduza** a caixa cilíndrica no desmagnetizador.
- 7 - **Introduza** a caixa cilíndrica no magnetómetro.
- 8 - **Determine** os valores da declinação, inclinação e intensidade da magnetização e **registe** na tabela 3.

Bibliografia

- Butler, R.F. (1992). Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Electronic Edition.
- Gomes, C.S.R. (1996). Observações Paleomagnéticas no Quadro da Bacia Lusitaniana -1ª Fase de Rifting (Estudo da Estabilidade da Magnetização Remanescente Natural). Tese de Doutoramento. Coimbra: Centro de Geociências, Departamento de Ciências da Terra e Instituto Geofísico, FCT, Universidade de Coimbra.
- Tauxe, L. (2005). Lectures in Paleomagnetism - Web Edition 1.0 (March 18, 2009).

Tabela 1 – Registo dos valores da suscetibilidade a baixa frequência (χ_{lf})

Amostra		χ_{lf}						
P caixa	P amostra	Ar ₁	χ_{lf1}	Ar ₂	χ_{lf2}	Ar ₃	χ_{lf3}	Ar ₄

Tabela 2 – Registo dos valores da suscetibilidade a alta frequência (χ_{hf})

Amostra		χ_{hf}						
P caixa	P amostra	Ar ₁	χ_{hf1}	Ar ₂	χ_{hf2}	Ar ₃	χ_{hf3}	Ar ₄

Tabela 3 – Registo dos valores da declinação, inclinação e intensidade da magnetização

Amostra	Declinação				Inclinação				MRN			
	M ₁	M ₂	M ₃	Média	M ₁	M ₂	M ₃	Média	M ₁	M ₂	M ₃	Média

GRELHA DE OBSERVAÇÃO DA AULA LABORATORIAL								
Aluno (N.º)	Conhecimento do protocolo	Autonomia	Conhecimento do material de laboratório	Domínio de técnicas e procedimentos	Rigor científico na linguagem	Interesse/atenção	Limpeza e arrumação do material	Total
1								
2								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Escala: 0 – Não cumpre 1 – Cumpre parcialmente 2 – Cumpre integralmente

Total: 14 - 13 Excelente; 12 - 10 Muito Bom 9 – 7 Suficiente 6 – 0 Insuficiente

Correspondência para uma escala de 20 valores: $\frac{20 \times Total}{14}$

Figura 76 – Grelha de observação da aula laboratorial.

Parte B - Preparação da amostra de rocha para a determinação dos parâmetros magnéticos

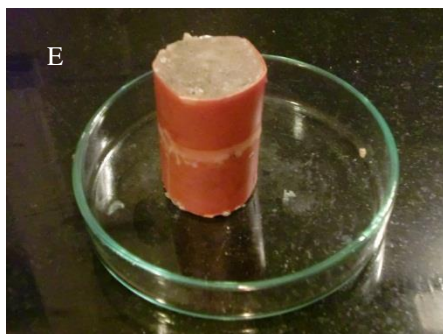
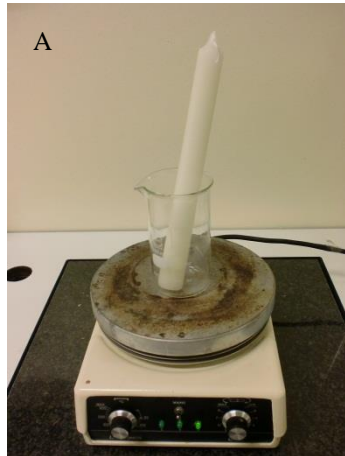


Figura 77 – Fotografias do desenvolvimento da atividade laboratorial. A - Processo de obtenção da vela (parafina) líquida (início do processo); B – Processo de obtenção da vela (parafina) líquida passados 20 min; C e D – Processo de mistura da rocha triturada na vela liquefeita; E e F – Processo de obtenção do cilindro com o preparado da vela misturada com a rocha triturada.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

FICHA INFORMATIVA

Regras gerais para a elaboração de um relatório científico

O relatório científico é a forma utilizada: para registar as diferentes fases do trabalho laboratorial e para permitir a comunicação universal organizada do saber. Deve redigir-se na terceira pessoa do singular ou do plural do pretérito perfeito.

Partes constituintes de um relatório científico:

- **Apresentação (Capa)**

1. Nome da escola onde o trabalho é realizado.
2. Título - deve corresponder ao trabalho desenvolvido. Curto e preciso pode, por vezes, apresentar-se sob a forma de interrogação.
3. Nome do autor ou autores, acompanhado do n.º, da turma e ano de escolaridade.
4. Local e data de realização.

- **Introdução**

Esta secção deve incluir, de uma forma sumária, o problema em estudo enquadrado no conhecimento existente (com pesquisa bibliográfica), a justificação do seu estudo e a definição dos objetivos a alcançar.

- **Material**

Registar a lista do material (de laboratório, biológico, ...) utilizado.

- **Método/Procedimento**

Descrição detalhada e explícita da metodologia realizada para a execução do trabalho prático, de forma a permitir a repetição correta da atividade. Deve ser constituído por relatos objetivos.

- **Resultados**

Devem ser apresentados sem quaisquer comentários interpretativos sob a forma de quadros, tabelas, gráficos, esquemas, figuras (sem esquecer p. ex.: valor total da ampliação, legenda da figura, título da tabela em cabeçalho).

- **Discussão**

Análise e interpretação dos resultados tendo em vista os objetivos inicialmente propostos e a resposta às questões de investigação que visam dar resposta ao problema inicial. É aqui que o relatório perde o carácter impessoal, podendo refletir a opinião do autor.

- **Conclusão**

Síntese da discussão dos resultados obtidos em relação aos objetivos iniciais. Deve considerar-se se o problema ficou, ou não, esclarecido. É o ponto de chegada mas, poderá constituir, simultaneamente, o começo de novas dúvidas.

- **Bibliografia**

Enumeração da lista de toda a documentação consultada, de acordo com as normas seguintes:

1

Figura 78 – Normas para a elaboração do relatório científico.

Livro - Autor (apelido seguido de nome próprio) (ano de publicação). Título. Local de publicação: editor. Ex:

Butler, R.F. (1992). Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Electronic Edition.

Internet – Endereço da página web consultada (indicar a página consultada e não o motor de busca usado!), bem como a data da consulta:

[http://www.infopedia.pt/\\$paleomagnetismo](http://www.infopedia.pt/$paleomagnetismo) - consultado a dezembro de 2011

No seu relatório, a forma como redige tem muita importância. Assim:

- Procure apresentar as suas ideias de forma estruturada, com clareza e rigor;
- As frases e os parágrafos não devem ser extensos;
- A expressão deve ser correta e clara. Procure fazer várias revisões para evitar erros ou frases mal construídas.

Atenção ao cumprimento do prazo fixado pelo professor! Se entregar um relatório fora do prazo é penalizado.

A apresentação gráfica do relatório é também relevante, devendo pautar-se pela discricção e pela uniformização. Apresentam-se algumas sugestões:

- Tipo de letra: Times New Roman ou Arial;
- Tamanho: os textos devem ter o tamanho 12; as notas de rodapé devem ser escritas em tamanho 8;
- Os títulos devem ser escritos a *bold* (negrito) e hierarquizados, isto é, usando diferentes tamanhos para os títulos e os subtítulos;
- Todas as figuras devem estar devidamente legendadas (usando um tamanho de letra inferior ao do texto) e estar referenciadas no texto;
- Espaçamento: 1,5;
- Margens: Superior e inferior - 2,5 cm;
Esquerda e direita - 3 cm;
- Tipo de papel: A4 branco.

Na avaliação do relatório científico serão considerados os seguintes indicadores:

- a) Organização do relatório;
- b) Correção e clareza da linguagem;
- c) Rigor científico, incluindo a utilização de conceitos relacionados com a atividade laboratorial;
- d) Criatividade;
- e) Descrição e justificação dos procedimentos utilizados;
- f) Apresentação dos resultados;
- g) Apreciação crítica da atividade laboratorial.

Figura 78 – Normas para a elaboração do relatório científico (cont.).

3.2.4. Atividade de enriquecimento (Ficha de trabalho)

Justificação

A resolução de fichas de trabalho é uma metodologia que permite aos alunos a aquisição, aplicação e/ou a consolidação de conceitos, mas também pode constituir um mecanismo de desenvolvimento, que permita ao aluno a aprendizagem de competências complementares às definidas nos programas das áreas curriculares.

No 12.º ano de escolaridade e numa via de ensino que pressupõe a progressão de estudos para o ensino superior, a introdução de conceitos de desenvolvimento numa disciplina específica e de carácter opcional, como é o caso da Geologia, poderá constituir uma motivação adicional para os alunos. Neste contexto, pretende-se que esta proposta de atividade tenha como propósito, para além de permitir a consolidação de conceitos lecionados, uma função complementar de desenvolvimento.

Os conceitos de '*Inclinação magnética*' e '*paleolatitute*' não incorporam o programa geral de Geologia do 12.º ano. Contudo, a sua leitura e aplicação são informação relevante que permite comprovar a variação da configuração e distribuição dos continentes no globo terrestre ao longo da história da Terra e, assim, a movimentação da litosfera.

Na elaboração da ficha de trabalho são utilizados dados reais, obtidos por uma investigadora nacional em estudos efetuados em território português no âmbito do paleomagnetismo que, pela sua veracidade e proximidade geográfica, também poderão tornar mais apelativa e interessante a aquisição destes conceitos.

Por fim, esta proposta é também um desejável trabalho interdisciplinar, na medida em que estabelece uma ligação com a área disciplinar de Matemática. Com o recurso a funções trigonométricas para efetuar os cálculos que nos permitam obter paleolatitudes, relembra-se aos alunos que as diversas ciências não são fechadas em si mesmas, mas que existe uma estreita ligação e complementaridade entre elas.

Metodologia/estratégia

- Iniciação ao conteúdo-objetivo da aula com o estabelecimento da ligação entre os conceitos a estudar na ficha de trabalho (Fig. 79) e o tipo de determinações efetuadas na atividade laboratorial realizada na aula anterior. Recorde-se que na atividade laboratorial foi determinado o valor da inclinação magnética da amostra.

- Desenvolvimento do conteúdo-objetivo da aula com a resolução/discussão da ficha de trabalho (Fig. 79)⁸⁸.
- Levantamento das dificuldades dos alunos com questões orais e indicação de estratégias de remediação.

Competências prévias para que o aluno possa realizar a atividade

- Conhecer o conceito de polaridade normal/inversa.
- Saber ler e interpretar a coluna cronostratigráfica.
- Calcular funções trigonométricas.

Recursos

- Ficha de trabalho (Fig. 79).

Número de aulas

O desenvolvimento desta atividade pressupõe uma aula de 90 minutos.

⁸⁸ Os docentes que tiverem adotado o manual 12B podem, como complemento à ficha de trabalho, discutir/analisar a figura 16 da pág. 30, bem como dos respetivos conceitos que se encontram no texto da mesma página. O mesmo acontece com os docentes que estiverem a usar o manual 12C, que poderão complementar a informação da ficha de trabalho com a figura 9 da pág. 25. No entanto, neste último manual não é apresentada qualquer definição de conceitos complementares.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

FICHA DE TRABALHO

Tema: *Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas. A dinâmica da litosfera.*

Assunto: Paleomagnetismo.

Objetivo: - Leitura e interpretação de dados paleomagnéticos.

- Calcular paleolatitudes.

Introdução:

Como já estudou anteriormente, os estudos paleomagnéticos foram fundamentais para comprovar a mobilidade da litosfera e ‘abriram a porta’ à ciência, para a descoberta da existência de placas tectónicas em movimento.

O valor da inclinação do campo magnético, aquando da formação das rochas, permite calcular a latitude à data, ou seja a paleolatidade, e assim determinar geograficamente a posição em que se encontrava a rocha na altura da sua formação. A partir destes, é possível construir mapas paleogeográficos que nos permitem visualizar a disposição dos continentes ao longo da história da Terra.

Estudos efetuados por Gomes (1996) em rochas sedimentares da **Formação de Monsarros**, uma das unidades estratigráficas da Bacia do Buçaco (centro de Portugal) (Fig. 1), permitiram a obtenção dos dados registados na tabela 1.

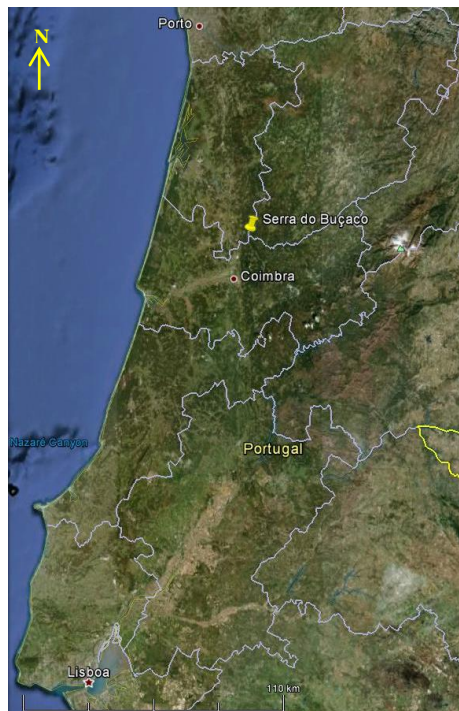


Figura 1 – Localização geográfica da Serra do Buçaco.

<http://earth.google.com> (imagem modificada).

1

Figura 79 – Ficha de trabalho.

Tabela 1 – Dados obtidos no Formação de Monsarros.

Local	Período	Polaridade dominante	Declinação ¹	Inclinação ²
Formação de Monsarros	Carbónico superior	Inversa	343,0°	- 9,1°

Nota: Campo inverso; hemisfério sul.

Tenha em atenção a informação disponibilizada e responda às questões que se seguem.

1. **Localize**, na tabela cronostratigráfica, a Era a que pertence o período datado para as rochas sedimentares da Formação de Monsarros.

Eon	Era	Período	Milhões de anos
Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	1.6
		Terciário	
	Mesozóico	Cretáceo	64,4
		Jurássico	140
		Triássico	205
	Paleozóico	Permiano	250
		Carbónico	290
		Devoniano	355
		Siluriano	410
		Ordoviciano	438
Proterozóico	Paleoproterozóico	Cambriano	510
		Neoproterozóico	540(570)
		Mesoproterozóico	1.000
Arcaico			1.600
			2.500
			4.500

Figura 2 – Tabela cronostratigráfica (Tabela da Geological TimeScale Foundation simplificada)

2. **Indique** a idade aproximada dessas rochas.
3. **Justifique** a designação *polaridade inversa*.

¹Declinação magnética – é o ângulo formado entre a norte magnético e o norte geográfico.

²Inclinação magnética – é o ângulo da direção do campo nesse ponto, isto é o ângulo da agulha da bússola com o horizonte. Esta grandeza é expressa em graus N ou S, conforme a ponta N ou S da agulha fica abaixo do horizonte, e conta-se positivamente quando a ponta N fica abaixo do horizonte. No equador magnético a inclinação é de zero graus e nos polos magnéticos é vertical.

4. Tenha em atenção a seguinte fórmula:

$$\tan Inc = 2 \tan Lat^2$$

4.1. **Calcule** a paleolatidade para o local considerado.

5. De acordo com os cálculos que efetuou, **assinale** com um **X**, no globo representado na figura 3, o paralelo que se situa mais próximo do valor obtido em 4.1..



Figura 3 – Distribuição dos paralelos no hemisfério Norte.

6. Com base na análise da figura 3, **indique** aproximadamente a latitude a que se encontra a Formação de Monsarros na atualidade.

7. **Conclua** da importância que este tipo de estudos possuem para a fundamentação da Teoria da Tectónica de Placas.

Nota: As imagens das figuras 2 e 3 foram retiradas do site Google imagens (www.google.com).

Bibliografia:

Gomes, C.S.R. (1996). Observações Paleomagnéticas no Quadro da Bacia Lusitaniana - 1ª Fase de Rifting (Estudo da Estabilidade da Magnetização Remanescente Natural). Tese de Doutoramento. Coimbra: Centro de Geociências, Departamento de Ciências da Terra e Instituto Geofísico, FCT, Universidade de Coimbra.

Google Earth, (2008) - <http://earth.google.com> (consultado em outubro/2011).

² tan – Tangente; Inc – Inclinação; Lat – Latitude.

Tabela 28 – Proposta de resolução da Ficha de trabalho.

1. Era Paleozoica.
2. 290 Ma.
3. A polaridade inversa corresponde à configuração do campo magnético oposta ao do tempo atual, ou seja em o polo norte magnético se aproxima do polo sul geográfico.

4.

4.1. $tg\ Inc = 2tg\ Lat$

$$tg - 9,1 = 2tg\ Lat$$

$$tg\ Lat = \frac{tg-9,1}{2}$$

$$Lat = tg^{-1}\left(\frac{tg-9,1}{2}\right)$$

$$Lat = -4,58^\circ\ (2cd)$$

5.

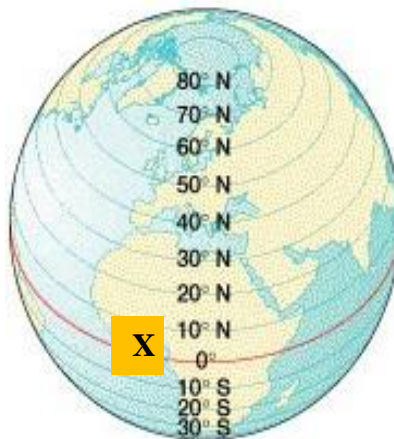


Figura 3 – Distribuição dos paralelos no hemisfério Norte.

6. Atualmente a Formação de Monsarros localiza-se numa latitude próxima do paralelo 40° (mais concretamente a 38° N).
7. O estudo das paleolatitudes permite confirmar que os continentes sofreram mobilidade e já ocuparam posições distintas das que possuem atualmente. Como se sabe que os continentes são parte integrante das placas tectónicas (litosfera), então pode concluir-se que estas últimas se têm movimentado desde tempos ancestrais.

3.2.5. Fichas de avaliação

Justificação

A avaliação é um mecanismo intrínseco ao processo de ensino e aprendizagem, uma vez que é *“uma actividade caracterizada pela identificação de erros ou dificuldades, tentativas de compreensão das suas causas e tomadas de decisões com o objectivo de os corrigir”* (Amador e Silva, 2004: 10). Na avaliação estão envolvidos professores e alunos, num processo bilateral, no sentido em que ambas as partes colaboram no objetivo final. Todavia, ambos os interlocutores possuem funções distintas. O professor num sentido orientador e identificador das dificuldades reveladas e o aluno numa atitude autoavaliativa que lhe permita identificar e colmatar os obstáculos na sua aprendizagem.

Para este trabalho propõe-se a realização de avaliação diagnóstica, formativa e de conhecimentos.

A avaliação diagnóstica é a primeira dessas etapas avaliativas e *“conduz à adopção de estratégias de diferenciação pedagógica”* (Despacho normativo n.º14/2011, de 18 de novembro, n.º 18), a partir das quais o professor estrutura as suas aulas e opta por estratégias e metodologias adequadas ao grupo de alunos com o qual está a trabalhar. Para o aluno esta é igualmente uma etapa fundamental na medida em que *“o diagnóstico dos seus erros e dificuldades também deve ser um gerador de dúvidas e interrogações”* (Amador e Silva, 2004: 11). Esta avaliação poderá decorrer em diversos momentos. O professor poderá optar pelo seu recurso no início do ano letivo, fazendo uma diagnose global, ou então, optar por uma diagnose no início de cada tema, de cada unidade curricular ou ainda no início de cada aula. A metodologia adotada também poderá ser diversificada. Poderá optar por uma avaliação diagnóstica oral, generalizada ao grupo turma. Uma outra opção é uma diagnose escrita, por exemplo, com a realização de uma ficha de avaliação ou de um trabalho científico. A proposta apresentada pretende que seja aplicada no início da leccionação do conteúdo *“Os primeiros passos de uma nova teoria. A Teoria da Tectónica de Placas”*, sobre o qual este estudo incide. Apresenta-se sob a forma de ficha de avaliação escrita, por se considerar que esta é a forma mais uniformizada para se realizar este tipo de avaliação e, neste caso particular, adequada à dimensão do conteúdo programático.

Articulada com a avaliação diagnóstica, a avaliação formativa,

“assume carácter contínuo e sistemático e visa a regulação do ensino e da aprendizagem, recorrendo a uma variedade de instrumentos de recolha de informação, de acordo com a natureza das aprendizagens e dos contextos em que ocorrem.” (Despacho normativo n.º14/2011, de 18 de novembro, n.º 19).

Assim, a avaliação formativa deverá decorrer em todas as aulas e incidir não apenas no domínio cognitivo, mas igualmente nos domínios do procedimento e das atitudes e valores. De um modo mais formal, o professor poderá recorrer a um momento mais alargado de avaliação formativa, escrita ou oral, no final de cada conteúdo ou unidade curricular. Em sequência, é apresentada uma proposta para uma ficha de avaliação formativa que se propõe realizar no final da lecionação do conteúdo curricular que serve de base a este trabalho.

A avaliação sumativa é de longe o processo avaliativo que domina as nossas escolas. A estruturação do ensino português ainda necessita que se recorra a este tipo de avaliação para que se possa validar a efetiva progressão do aluno. De acordo com a legislação em vigor *“A avaliação sumativa consiste na formulação de um juízo globalizante sobre o desenvolvimento das aprendizagens do aluno e das competências definidas para cada disciplina e área curricular”* (Despacho normativo n.º14/2011, de 18 de novembro, n.º 24). Como tal, esta avaliação resulta de um processo contínuo e terá de incidir nos diversos domínios: cognitivo, procedimentos, atitudes e valores. Para este efeito, poderão ser instrumentos de avaliação: relatórios de atividades práticas e laboratoriais; grelhas de observação, para um conjunto de aulas, ou grelhas específicas e adaptadas, como p. ex., aulas de campo e laboratoriais; portfólios; e fichas de avaliação de conhecimentos. O somatório de todos estes elementos, tendo em conta os critérios específicos da área disciplinar e ano curricular, originará uma avaliação sumativa⁸⁹.

Ao longo do desenvolvimento da planificação foram sendo sugeridos alguns recursos que contribuirão para a avaliação sumativa, aos quais se acrescenta, para realizar no final da unidade curricular, uma ficha de avaliação de conhecimentos.

⁸⁹ Sobre esta matéria dever-se-á ter em atenção o novo diploma, DL n.º 139/2012, de 5 de julho, Artigo 24.º, que entrou em vigor no ano letivo 2012-2013.

Metodologia/estratégia

- Todas as questões propostas nas fichas que se seguem obedecem à tipologia utilizada pelo Gabinete de Avaliação Educacional (GAVE)⁹⁰ nos exames nacionais do ensino secundário. Assim, também as propostas de correção foram criadas tendo em conta as normas utilizadas por este organismo educacional.
- Para as fichas de avaliação diagnóstica e formativa, os descritores de nível de desempenho apresentam-se com o objetivo único do professor aplicador dar a conhecer aos alunos os critérios específicos de avaliação. Em nenhuma das fichas é apresentada uma proposta real de pontuação, pois pressupõe-se que os exercícios sugeridos incorporem um global de conteúdos mais extensos.
- De acordo com a sequência temporal da aplicação dos recursos (Tabela 23) e do pressuposto deste ato avaliativo, a ficha de avaliação diagnóstica terá de ser aplicada no início da lecionação desta unidade.
- A resolução das fichas de avaliação formativa e diagnóstica deverá ser feita no próprio enunciado, atendendo que estas não são alvo de uma classificação quantitativa por parte do professor. Enquanto a ficha de avaliação de conhecimentos já pressupõe a sua resolução numa folha à parte.
- Por opção do professor aplicador, cada uma das fichas produzidas poderá ser transformada de forma a obter duas versões (1 e 2).

Recursos

- Fichas de avaliação diversas: diagnóstica (Fig. 80), formativa (Fig. 81) e de conhecimentos (Fig. 82).

Número de aulas

O desenvolvimento de qualquer uma das fichas de avaliação apresentadas pressupõe um período de 30 minutos. Este intervalo de tempo foi estipulado tendo em conta que esta temática nunca será considerada como tema único, em qualquer um destes tipos de fichas avaliativas.

⁹⁰ GAVE: <http://www.gave.min-edu.pt/> (consultada em outubro de 2011).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

Ficha de Avaliação Diagnóstica

Nome: _____ N.º: ____ Turma: _____

A Professora: _____

1. A evolução do conhecimento não se faz de atos isolados ou unipessoais. Deve-se antes a uma sequência de acontecimentos e trabalhos de vários cientistas que, com o passado e o presente, constroem o futuro.

1.1. **Classifique** como verdadeira (**V**) ou falsa (**F**) cada uma das seguintes afirmações, relativas a episódios históricos da construção da Teoria da Tectónica de Placas.

___ A) A Teoria da Tectónica de Placas precedeu a Deriva dos Continentes.

___ B) A 2.^a Guerra Mundial abriu ‘portas’ ao conhecimento dos fundos oceânicos.

___ C) O Paleomagnetismo foi importante para os estudos de Alfred Wegener e para a formulação da sua Teoria da Deriva dos Continentes.

___ D) A Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos de Hess foi fundamental para a construção da Teoria da Tectónica de Placas.

___ E) De acordo com a Teoria da Tectónica de Placas a Terra é constituída por um conjunto de placas tectónicas que se encaixam como um puzzle.

___ F) A Teoria da Tectónica de Placas foi apresentada por Alfred Wegener.

___ G) Argumentos paleontológicos, geológicos e paleoclimáticos são informação que permite apoiar a Teoria da Tectónica de Placas.

___ H) A Teoria da Tectónica de Placas surgiu na segunda metade do Séc. XX.

1.2. **Transforme** em verdadeiras as opções que considerou falsas. **Não use a negação.**

2. **Leia** com atenção a seguinte notícia e depois responda de um modo correto e completo às questões que lhe são colocadas.

“Ferramentas mais primitivas, da tradição Olduvai, estão associadas com o ancestral humano *Homo habilis*. “As primeiras ferramentas acheulenses associadas a fósseis humanos na África são do *Homo erectus* e *Homo ergaster*, por isso provavelmente houve um segundo êxodo da África para a Eurásia dessas espécies há cerca de 1 milhão de anos, mas nós não sabemos qual foi o homínido que produziu essas ferramentas (...). Se um novo achado revelar um crânio humano, teremos a resposta”, disse Gilbert.

1

Figura 80 – Ficha de avaliação diagnóstica.

O novo estudo foi feito com base no paleomagnetismo de rochas dos sítios. Certos minerais preservam a orientação magnética da época em que se formaram. Como o campo magnético do planeta muda ao longo do tempo – com a agulha da bússola apontando ora para o norte, como hoje, ora para o sul -, essas rochas indicam a idade dos fósseis e artefatos preservados nas suas camadas.

“A melhor técnica em termos de resolução que podemos usar nesses dois sítios é o paleomagnetismo. Infelizmente, não há rochas vulcânicas em nenhum dos dois lugares, por isso não podemos usar técnicas de melhor resolução como a datação baseada em isótopos (variantes de um mesmo elemento químico)”, afirma Gilbert.

“O paleomagnetismo pode bem ser preciso se os objetos ou sítios a serem datados estiverem próximos de uma fronteira de polaridade magnética”, diz. Este é o caso de Solana. Sabemos que a última inversão magnética completa ocorreu há 780 mil anos, e nós identificamos essa mudança lá.”

In <http://www.ambientebrasil.com.br> (notícias de 16 set 2009) (adaptado)

2.1. **Defina** Paleomagnetismo.

2.2. De acordo com o texto, **identifique, justificando**, a(s) litologias(s) mais favorável(is) à ‘leitura’ de dados paleomagnéticos.

2.3. No texto fala em êxodo dos *Homo erectus e Homo ergaster*, da África para a Eurásia há cerca de 1 milhão de anos, como justificação do aparecimento das primeiras ferramentas acheulenses neste último continente.

2.3.1. **Indique** qual a possibilidade de também ter havido a migração para o continente americano. **Justifique** a sua resposta.

2.4. Para além de ser significativamente importante para o estudo dos fósseis, o paleomagnetismo tem utilidades noutras vertentes das geociências. **Infira** sobre a importância dos dados paleomagnéticos para o estudo do movimento das placas litosféricas.

Tabela 29 – Proposta de resolução da Ficha de avaliação diagnóstica.

1.		
1.1. Afirmações Verdadeiras B); D); E); H), G)		
Afirmações Falsas: A); C); F).		
Nível	Número de afirmações assinaladas corretamente	Pontuação
4	7 ou 8	Valor integral da pontuação
3	5 ou 6	2/3 da pontuação
2	3 ou 4	1/3 da pontuação
1	0 ou 1 ou 2	0
1.2.		
A) A Teoria da Deriva dos Continentes precedeu a Teoria da Tectónica de Placas.		
C) O paleomagnetismo foi importante para os estudos de Fred Vine e Drummond Matthews, entre outros cientistas, para a formulação da Teoria da Tectónica de Placas.		
F) A Teoria da Deriva dos Continentes foi apresentada por Alfred Wegener.		
G) Argumentos paleontológicos, geológicos e paleoclimáticos são informações que permitem apoiar a Teoria da Deriva dos Continentes.		
2.		
2.1. O Paleomagnetismo é a área do saber que se ocupa com o estudo da configuração do campo magnético no passado geológico.		
2.2. De acordo com o texto, a litologia mais favorável à ‘leitura’ de dados paleomagnéticos é a das rochas vulcânicas. Isto porque durante a sua génese, certos minerais (aqueles ricos em ferro) preservam a orientação do campo magnético terrestre vigente no momento da solidificação.		
2.3.		
2.3.1. A resposta deve contemplar os seguintes tópicos:		
<ul style="list-style-type: none"> • O oceano Atlântico já estaria formado e a mobilidade destes ancestrais do Homem não lhe permitiria atravessá-lo. • A possibilidade de migração de <i>Homo erectus</i> e <i>Homo ergaster</i> para o continente americano é quase nula. 		
		1

Tabela 29 – Proposta de resolução da Ficha de avaliação diagnóstica (cont.).

2.4. A resposta deve contemplar os seguintes tópicos:

- O estudo de dados paleomagnéticos foi importante para a construção da Teoria da Tectónica de Placas, pois permitiu concluir que ao nível dos riftes se formava crosta oceânica.
- A contínua formação de crosta oceânica levaria ao afastamento das placas tectónicas (litosfera) e, conseqüentemente, ao afastamento dos continentes.

A classificação das respostas às questões:

2.3.1 e 2.4

é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor do nível de desempenho no domínio específico da disciplina	Pontuação
4	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • os dois tópicos de referência; • organização coerente dos conteúdos; • linguagem científica adequada. 	Valor integral da pontuação
3	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • os dois tópicos de referência; • falhas de coerência na organização dos conteúdos e/ou falhas na aplicação da linguagem científica. 	$\frac{3}{4}$ da pontuação
2	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • um dos tópicos de referência; • linguagem científica adequada. 	$\frac{1}{2}$ da pontuação
1	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • um dos tópicos de referência; • falhas na aplicação da linguagem científica. 	$\frac{1}{4}$ da pontuação



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

Ficha de Avaliação Formativa

Nome: _____ N.º: ____ Turma: _____

Classificação: _____ A Professora: _____

1. **Ordene** as letras de **A** a **F**, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos referentes à História da Ciência na construção da Teoria da Tectónica de Placas.

(A) Apresentação à comunidade científica da Teoria da Deriva dos Continentes.

(B) Formulação da Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos por Harry Hess.

(C) Desenvolvimento da técnica do Sonar (**S**ound **n**avigation and **r**anging).

(D) Descoberta do campo magnético terrestre.

(E) Formulação da Teoria da Tectónica de Placas

(F) Desenvolvimento de estudos paleomagnéticos por Fred Vine e Drummond Matthews.

2. O estudo do campo magnético terrestre remonta a tempos ancestrais, contudo o seu conhecimento teve uma grande evolução no séc. XX.

2.1. **Assinale** com um **X** a única opção que permite obter uma afirmação correta:

2.1.1. A designação atribuída ao estudo do campo magnético ancestral é...

___ (A) ... paleomagnetismo.

___ (B) ... geomagnetismo.

___ (C) ... campo geomagnético.

___ (D) ... magnetismo ambiental.

2.1.2. A designação atribuída à polaridade quando não é '*normal*' é...

___ (A) ... anormal.

___ (B) ... invertida.

___ (C) ... contrária.

___ (D) ... inversa.

Figura 81 – Ficha de avaliação formativa.

2.2. Atualmente pode afirmar-se que o campo magnético terrestre possui polaridade normal.

Explique o significado da expressão sublinhada.

2.3. **Refleta** sobre a importância do estudo do campo magnético para a evolução do conhecimento e construção da Teoria da Tectónica de Placas.

3. A mobilidade dos continentes é um fato comprovado da ciência. As zonas de rifte correspondem a locais de produção de crosta oceânica. **Observe** atentamente a figura 1 e responda às questões que se seguem.

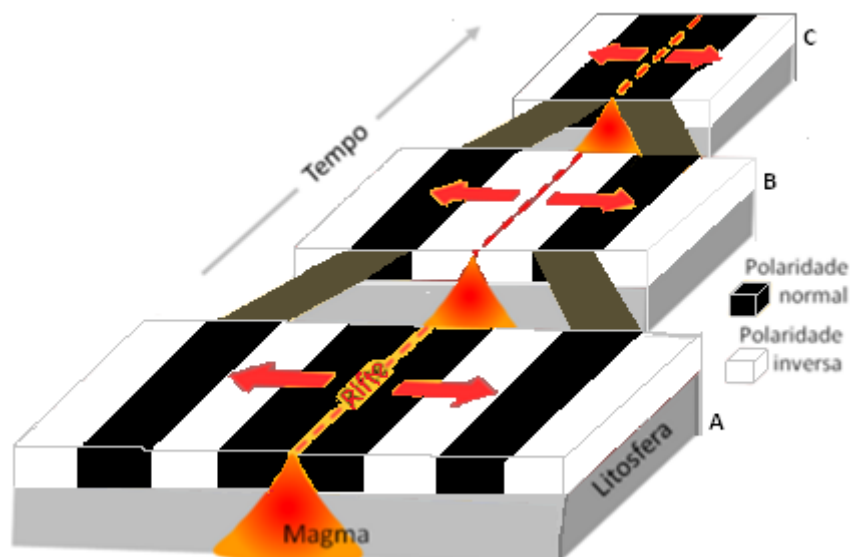


Fig. 1 - Representação esquemática da evolução temporal da polaridade magnética nos fundos oceânicos.

In Guerner Dias, A.; Freitas, C.; Guedes, F.; Bastos, C. (2011). WikiCiências, 2(05): 0337 (imagem modificada) (consultada em abril/2012).

2

Figura 81 – Ficha de avaliação formativa (cont.).

3.1. Para cada uma das questões que se seguem, **assinale** com um **X** a única opção que permite obter uma afirmação correta:

3.1.1. Se pretender estabelecer uma relação entre idade das rochas e a distância ao rifte, pode afirmar que...

(A) ... é sempre igual.

(B) ... diminui.

(C) ... aumenta.

(D) ... é impossível estabelecer uma relação.

3.1.2. A orientação da polaridade na época correspondente à figura 1-B era...

(A) ... normal.

(B) ... inversa.

(C) ... positiva.

(D) ... negativa.

3.1.3. O número de inversões de polaridade registado na figura 1-A é...

(A) ... 5.

(B) ... 4.

(C) ... 3.

(D) ... 2.

3.1.4. Tendo em conta os conhecimentos que possui, o nome da rocha formado ao nível do rifte é...

(A) ... mármore.

(B) ... gnaisse.

(C) ... basalto.

(D) ... granito.

3.2. Considere o processo de formação das rochas magmáticas e **explique** a importância deste tipo de litologias para o registo do campo magnético terrestre.

3

Figura 81 – Ficha de avaliação formativa (cont.).

Tabela 30 – Proposta de resolução da Ficha de avaliação formativa.

1. D - A - C – B – F – E.

2.

2.1.

2.1.1. Opção (A).

2.1.2. Opção (D).

2.2. A polaridade normal corresponde à configuração do campo magnético nos tempos atuais, ou seja, em o polo norte magnético se aproxima do polo norte geográfico.

2.3. A resposta deve contemplar os seguintes tópicos:

- O estudo do campo magnético, nomeadamente do geomagnetismo ancestral foi fundamental para a construção da Teoria da Tectónica de Placas, uma vez que permitiu concluir que ao nível dos rifts se formava crosta oceânica de um modo contínuo.
- A ‘leitura’ dos valores paleomagnéticos nessa crosta mostra a existência de uma simetria em ambos os bordos do rifte e permite concluir que ocorre o afastamento das placas tectónicas e consequentemente dos continentes.

Nível	Descritor do nível de desempenho no domínio específico da disciplina	Pontuação
4	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • os dois tópicos de referência; • organização coerente dos conteúdos; • linguagem científica adequada. 	Valor integral da pontuação
3	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • os dois tópicos de referência; • falhas de coerência na organização dos conteúdos e/ou falhas na aplicação da linguagem científica. 	¾ da pontuação
2	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • um dos tópicos de referência; • linguagem científica adequada. 	½ da pontuação
1	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • um dos tópicos de referência; • falhas na aplicação da linguagem científica. 	¼ da pontuação

3.

3.1.

3.1.1. Opção (C).

Tabela 30 – Proposta de resolução da Ficha de avaliação formativa (cont.).

3.1.2. Opção (B).

3.1.3. Opção (C).

3.1.4. Opção (C).


3.2. A resposta deve contemplar os seguintes tópicos:

- A rocha basáltica é um exemplo de rocha magmática rica em minerais de ferro, com propriedades ferromagnéticas.
- Estes minerais são facilmente magnetizáveis, pelo que, aquando do arrefecimento, orientam-se na direção do campo magnético contemporâneo.
- Posteriormente, a leitura das camadas de lava permitem a construção de uma escala de tempos de polaridade.

Descritor do nível de desempenho no domínio da comunicação escrita em língua portuguesa		Níveis			
		1	2	3	
Descritor do nível de desempenho no domínio específico da disciplina					
Níveis	5	A resposta apresenta: • os três tópicos de referência; • organização coerente dos conteúdos; • linguagem científica adequada.	13	14	15
	4	A resposta apresenta: • os três tópicos de referência; • falhas de coerência na organização dos conteúdos e/ou falhas na aplicação da linguagem científica.	11	12	13
	3	A resposta apresenta: • apenas dois dos tópicos de referência; • organização coerente dos conteúdos; • linguagem científica adequada.	8	9	10
	2	A resposta apresenta: • apenas dois dos tópicos de referência; • falhas de coerência na organização dos conteúdos e/ou falhas na aplicação da linguagem científica.	6	7	8
	1	A resposta apresenta: • apenas um dos tópicos de referência; • linguagem científica adequada.	3	4	5

Níveis	Descritor do nível de desempenho no domínio da comunicação escrita em língua portuguesa
1	Composição bem estruturada, sem erros de sintaxe, de pontuação e/ou de ortografia, ou com erros esporádicos, cuja gravidade não implique perda de inteligibilidade e/ou de sentido.
2	Composição razoavelmente estruturada, com alguns erros de sintaxe, de pontuação e/ou de ortografia, cuja gravidade não implique perda de inteligibilidade e/ou de sentido.
3	Composição sem estruturação aparente, com erros graves de sintaxe, de pontuação e/ou de ortografia, cuja gravidade implique perda frequente de inteligibilidade e/ou de sentido.

3



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

Ficha de Avaliação de Conhecimentos

Nome: _____ N.º: ____ Turma: _____

Classificação: _____ A Professora: _____

Antes de começar esta Ficha de Avaliação de Conhecimentos, concentre-se.

Leia os TEXTOS e as PERGUNTAS com atenção e, só depois, responda de modo correto e completo às questões que lhe são apresentadas

1. **Faça corresponder** cada um dos nomes expressos na coluna B ao respetivo feito que consta da coluna A. **Escreva**, na folha de respostas, as letras e os números correspondentes. Utilize cada letra e cada número apenas uma vez.

COLUNA A	COLUNA B
(a) Propôs, em 1859 e pela primeira vez, o movimento vertical dos continentes.	(1) Harry Hess
(b) Propôs a Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos.	(2) Alfred Wegener
(c) Contribuíram para a apresentação da Teoria da Tectónica de Placas.	(3) António Snider-Pellegrini
(d) Sugeriu, no séc. XVI, que os continentes não deveriam ter tido sempre a mesma posição.	(4) Tuzo Wilson
(e) Propôs a Deriva dos Continentes.	(5) Vine e Matthews
	(6) Arthur Holmes
	(7) Frank B. Taylor
	(8) Abraham Ortelius

2. As afirmações seguintes são referentes ao campo magnético terrestre. **Selecione** a alternativa que as avalia corretamente.

1. A orientação do campo magnético terrestre tem-se mantido inalterada desde a formação do planeta Terra.
2. O estudo das inversões de polaridade foi fundamental para as conclusões apresentadas por Alfred Wegener, sobre a mobilidade dos continentes.
3. O atual campo magnético apresenta polaridade normal.

(A) 3 é verdadeira; 1 e 2 são falsas.
 (B) 1 e 2 são verdadeiras; 3 é falsa.
 (C) 2 e 3 são verdadeiras; 1 é falsa.
 (D) 1 é verdadeira; 2 e 3 são falsas.

Figura 82 – Ficha de avaliação de conhecimentos.

3. **Leia** atentamente o seguinte texto.

Buracos no campo magnético do planeta sugerem que os polos podem ‘trocar’ de lugar

“O Polo Norte está a mudar. Cientistas encontraram grandes buracos no campo magnético da Terra, sugerindo que os Polos Norte e Sul se estão a preparar para trocar de posição numa guinada magnética (O campo geomagnético parece evoluir para uma inversão de polaridade).

Um período de caos poderia ser iminente, no qual as bússolas não apontariam mais para o Norte, os animais migratórios seguiriam o rumo errado e os satélites seriam queimados pela radiação solar.

Os buracos estão sobre o sul do Atlântico e do Ártico. As mudanças foram divulgadas depois da análise de dados detalhados do satélite dinamarquês Orsted (...).

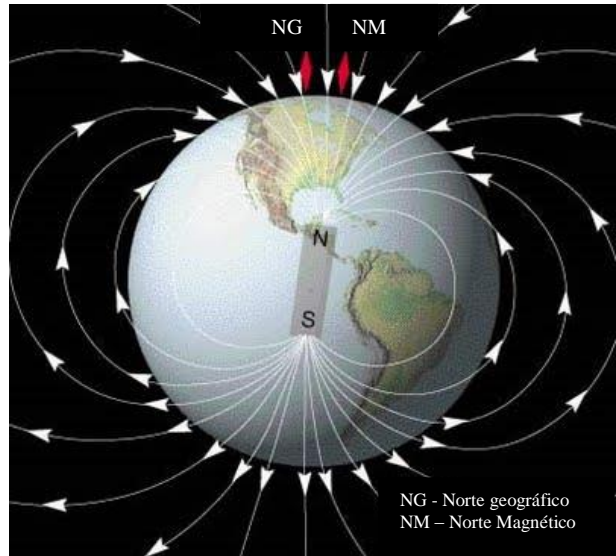
A velocidade da mudança surpreendeu os cientistas. Nils Olsen, do Centro para a Ciência Planetária da Dinamarca (...), afirmou que o núcleo da Terra parece estar a passar por mudanças dramáticas. “Esta poderia ser a situação em que o geodínamo (...) opera antes de se inverter”, diz o pesquisador.

O geodínamo é o processo pelo qual o campo magnético é produzido: por correntes de ferro derretido fluindo em torno de um núcleo sólido. Às vezes, turbilhões gigantes formam-se no metal líquido, com o poder de mudar ou mesmo inverter os campos magnéticos acima deles.

A equipa de Olson acredita que se formaram turbilhões sob o Polo Norte e o Sul do Atlântico. Se eles se tornarem suficientemente fortes, poderão inverter todas as outras correntes, levando os polos Norte e Sul a trocar de lugar.

Andy Jackson, especialista em geomagnetismo da Universidade de Leeds, Inglaterra, disse que a mudança está atrasada: “Tais guinadas (As inversões do campo) normalmente acontecem a cada 500 mil anos, mas já se passaram 750 mil desde a última.”

Jonathan Leake *in* The Sunday Times (12 jan 2003) (adaptado).



3.1. Para cada uma das questões que se seguem, **selecione** a única opção que permite obter uma afirmação correta:

3.1.1. Jonathan Leake afirma que o Polo Norte está a mudar porque ...

- (A) ... o planeta Terra está prestes a inverter a sua posição geográfica atual.
- (B) ... os cientistas descobriram um buraco magnético no campo geomagnético.
- (C) ... irá ocorrer uma inversão de polaridade.
- (D) ... A mobilidade das placas tectónicas irá deslocar o Polo Norte para outra posição.

3.1.2. De acordo com a informação do texto uma inversão de polaridade provocaria ...

- (A) ... a extinção da maioria dos seres vivos do planeta Terra.
- (B) ... aumento da temperatura média do globo terrestre.
- (C) ... alteração no movimento de translação da Terra.
- (D) ... alteração nos rumos migratórios de diversos seres vivos.

3.2. **Explique** de que modo a geosfera seria uma testemunha futura desta possível inversão de polaridade.

3.3. **Comente** a seguinte afirmação:

A inversão de polaridade é um processo repetitivo e a sua descoberta foi fundamental para a construção da Teoria da Tectónica de Placas.

4. Ao longo desta unidade curricular efetuou uma aula de campo, para a qual teve de ter em conta alguns procedimentos. **Indique três** procedimentos que um geólogo deve ter em atenção durante uma aula de campo.

3

Figura 82 – Ficha de avaliação de conhecimentos (cont.).

Tabela 31 – Proposta de resolução da Ficha de avaliação de conhecimentos.

1. (a) – (3); (b) – (1); (c) – (5); (d) – (8); (e) – (2).

Nível	Número de correspondências assinaladas corretamente	Pontuação
2	4 ou 5	Valor integral da pontuação
1	2 ou 3	½ da pontuação

2. Opção (A).

3.

3.1.

3.1.1. Opção (C).

3.1.2. Opção (D).

3.2. A resposta deve contemplar os seguintes tópicos:

- As rochas que constituem a crosta oceânica registariam, para memória futura, a alteração no campo geomagnético.
- Estas rochas estão em constante formação ao nível dos riftes.

Nível	Descritor do nível de desempenho no domínio específico da disciplina	Pontuação
4	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • os dois tópicos de referência; • organização coerente dos conteúdos; • linguagem científica adequada. 	Valor integral da pontuação
3	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • os dois tópicos de referência; • falhas de coerência na organização dos conteúdos e/ou falhas na aplicação da linguagem científica. 	¾ da pontuação
2	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • um dos tópicos de referência; • linguagem científica adequada. 	½ da pontuação
1	A resposta apresenta: <ul style="list-style-type: none"> • um dos tópicos de referência; • falhas na aplicação da linguagem científica. 	¼ da pontuação

Tabela 31 – Proposta de resolução da Ficha de avaliação de conhecimentos.

3.3. A resposta deve contemplar os seguintes tópicos:

- O estudo do campo magnético aos longo da existência do planeta Terra - estudos paleomagnéticos - têm comprovado que, de um modo repetitivo embora sem intervalos precisos ou de igual duração, o campo magnético terrestre tem sofrido inversões.
- As inversões leem-se a partir de informação registadas nas rochas magmáticas.
- De ambos os lados do rifte e de um modo simétrico, formam-se rochas magmáticas que obrigam ao afastamento das placas tectónicas ao nível das dorsais oceânicas.

Descritor do nível de desempenho no domínio da comunicação escrita em língua portuguesa		Níveis			
		1	2	3	
Descritor do nível de desempenho no domínio específico da disciplina					
Níveis	5	A resposta apresenta: • os três tópicos de referência; • organização coerente dos conteúdos; • linguagem científica adequada.	13	14	15
	4	A resposta apresenta: • os três tópicos de referência; • falhas de coerência na organização dos conteúdos e/ou falhas na aplicação da linguagem científica.	11	12	13
	3	A resposta apresenta: • apenas dois dos tópicos de referência; • organização coerente dos conteúdos; • linguagem científica adequada.	8	9	10
	2	A resposta apresenta: • apenas dois dos tópicos de referência; • falhas de coerência na organização dos conteúdos e/ou falhas na aplicação da linguagem científica.	6	7	8
	1	A resposta apresenta: • apenas um dos tópicos de referência; • linguagem científica adequada.	3	4	5

Níveis	Descritor do nível de desempenho no domínio da comunicação escrita em língua portuguesa
1	Composição bem estruturada, sem erros de sintaxe, de pontuação e/ou de ortografia, ou com erros esporádicos, cuja gravidade não implique perda de inteligibilidade e/ou de sentido.
2	Composição razoavelmente estruturada, com alguns erros de sintaxe, de pontuação e/ou de ortografia, cuja gravidade não implique perda de inteligibilidade e/ou de sentido.
3	Composição sem estruturação aparente, com erros graves de sintaxe, de pontuação e/ou de ortografia, cuja gravidade implique perda frequente de inteligibilidade e/ou de sentido.

4. Durante uma aula de campo o Geólogo deverá ter em atenção diversos princípios éticos de atuação, entre os quais: grande contenção na destruição de afloramentos e colheita de amostras; não devastar material vegetal; ou, não deixar lixo nos locais de visita.

3.3. Avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados

Após a elaboração dos recursos pedagógicos, procedeu-se à sua avaliação e validação, junto de um grupo de docentes que lecionavam, ou já tinham lecionado a área disciplinar de Geologia do 12.º ano de escolaridade.

Assim, cumpriu-se a recolha de dados tendo como objetivos:

1. avaliar os recursos pedagógicos produzidos no âmbito da presente investigação;
2. validar os recursos pedagógicos produzidos no âmbito da presente investigação;
3. avaliar a perceção dos professores sobre o aprofundamento e importância atribuída à leção do conteúdo “Paleomagnetismo”, no ensino secundário em geral e, em específico, na disciplina e ano em causa;
4. avaliar a perceção dos professores sobre o aprofundamento e importância atribuída à leção do conteúdo “Paleomagnetismo”, nos manuais escolares de Geologia do 12.º ano.

Para o efeito foram utilizadas técnicas de obtenção de dados diferenciadas e efetivadas em duas etapas independentes, mas consecutivas. Numa primeira etapa, recorreu-se ao uso de um questionário individual. Posteriormente optou-se pela realização de uma entrevista semiestruturada. A escolha destes instrumentos deveu-se ao facto de se considerarem os mais adequados ao tipo de estudo em causa.

3.3.1. Questões de investigação

O desenvolvimento desta etapa da investigação implica a elaboração de questões de investigação, na medida em que estas irão direcionar a recolha dos dados e também determinar a interpretação dos resultados. Desta maneira, as questões de investigação que nos surgiram como pertinentes no enquadramento dos objetivos para esta parte do trabalho foram:

- Q1 – Os professores consideram que os recursos pedagógicos elaborados são adequados ao público-alvo?
- Q2 – Qual é a pertinência de utilizar os recursos pedagógicos elaborados no âmbito da presente investigação, como complemento aos manuais escolares?
- Q3 – Os recursos pedagógicos elaborados estão de acordo com as orientações curriculares para a disciplina de Geologia do 12.º ano de escolaridade?

- Q4 – Os professores consideram o conteúdo “Paleomagnetismo” suficientemente aprofundado no currículo do ensino secundário em geral?
- Q5 – Os professores consideram o conteúdo “Paleomagnetismo” suficientemente aprofundado no currículo da disciplina de Geologia do 12.º ano?
- Q6 – Os professores consideram adequada e suficiente a informação sobre História da Ciência disponibilizada pelos manuais escolares de Geologia do 12.º ano de escolaridade no capítulo sobre o paleomagnetismo?
- Q7 – Os professores consideram adequadas e suficientes as atividades disponibilizadas pelos manuais escolares de Geologia do 12.º ano de escolaridade no capítulo sobre o paleomagnetismo?

3.3.2. Caracterização da amostra

Almeida e Freire (2003) consideram que a amostra constitui uma pequena parte dos elementos que compõem o universo. Por outras palavras, são um subconjunto de uma população, ou de um grupo, que fazem parte de uma mesma população. Para que haja fiabilidade nos resultados obtidos, as características da população deverão estar presentes na amostra selecionada. Em última análise, esta pode considerar-se uma réplica em miniatura da população-alvo. O processo de seleção configurou uma amostra não probabilística (amostra por conveniência) que, segundo Tuckman (2005), resulta de um processo de seleção, segundo o qual cada elemento da população não tem uma probabilidade igual de ser escolhido para integrar a amostra.

Neste estudo a amostra é constituída por quinze docentes que partilham características comuns. Nomeadamente: a) pertencerem ao grupo de recrutamento 520 - Biologia e Geologia; b) terem prática de lecionação da área curricular disciplinar de Geologia do 12.º ano de escolaridade, em pelo menos um dos últimos cinco anos letivos⁹¹ e, como tal, já terem contactado e estarem familiarizados com o novo programa desta disciplina⁹², bem como com os manuais analisados neste estudo investigativo. Os professores envolvidos na avaliação e validação dos recursos pedagógicos, desenvolvidos no contexto desta investigação, lecionavam em catorze escolas públicas e uma privada, de dez concelhos, pertencentes aos

⁹¹ 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012

⁹² Em vigor desde o ano letivo de 2005/2006.

distritos de Vila Real, Viseu, Porto, Braga, Coimbra, Leiria e Castelo Branco e não possuíam qualquer relação profissional com a investigadora. Embora não tenha sido alvo de esclarecimento a prestar na aplicação do questionário, pois não nos sugeria ser informação pertinente e capaz de influenciar os resultados, registre-se que a amostragem inclui professores de carreira, bem como professores em regime de contrato. Dos quinze professores que constituem a amostra, a totalidade respondeu ao questionário, mas apenas cinco responderam à entrevista. Os questionários foram todos respondidos e entregues via correio eletrónico, enquanto as entrevistas decorreram à *posteriori*, em regime presencial, e com uma duração média de 20 min.

3.3.3. Instrumentos

A utilização de um questionário individual considerou-se uma metodologia adequada para a primeira etapa, por se tratar de um instrumento constituído por uma série ordenada de questões que se pretendem objetivas e às quais o inquirido deverá responder por escrito e na ausência do investigador, não havendo o risco de sofrer a sua influência. Acresce ainda a particularidade de ser um processo rápido e de permitir o anonimato do inquirido.

O questionário utilizado é constituído por duas partes (Fig. 83). Uma inicial, em que são recolhidos dados sobre a situação profissional do professor e uma segunda, na qual são apresentadas as questões que permitem obter informação da análise dos recursos pedagógicos.

Aquando da entrega dos questionários foi fornecido a cada inquirido um exemplar de todos os recursos pedagógicos alvo de avaliação e validação⁹³.

Para cada um dos recursos distribuídos, o questionário apresenta seis questões de resposta fechada e um espaço de redação livre destinado a observações. A quantificação das respostas é dada segundo uma escala do tipo *Likert* de quatro níveis, na qual as respostas, ordenadas e igualmente espaçadas para cada item, variam segundo um grau de intensidade entre (1) - ‘Nada Adequado’ e (4) - ‘Muito Adequado’. Optou-se por não incluir um item avaliativo intermédio, por exemplo ‘Sem opinião’, considerando que o inquirido, por vezes, acaba por se refugiar nesta resposta, criando situações de inutilização dos dados. De acordo

⁹³ A ficha informativa; o do livro guia da aula de campo; a ficha de trabalho; o protocolo laboratorial; as fichas de avaliação diagnóstica, formativa e de conhecimentos.

com a escala selecionada, quanto maior for a frequência registada pelo nível 4 – ‘Muito Adequado’, maior é a adequação dos recursos pedagógicos avaliados.

Seguiu-se a aplicação de uma entrevista semiestruturada. Uma "*entrevista consiste numa conversa intencional*" (Bogdan e Biklen, 1994: 134), que comumente decorre entre duas pessoas, neste caso não incluindo mais (Morgan, 1988). É semiestruturada porque a recolha destes dados é feita na linguagem do entrevistado, permitindo ao investigador desenvolver uma ideia intuitiva sobre a forma como os sujeitos interpretam os assuntos em questão (Vilelas, 2009). Ao mesmo tempo, "*fica-se com a certeza de se obter dados comparáveis entre os vários sujeitos*" (Bogdan e Biklen, 1994: 135) o que se traduz numa maior fidelidade aos objetivos da investigação.

Desta forma, este instrumento permite a interação verbal (face a face) entre o entrevistador que tenta obter informação para a sua investigação e o entrevistado que fornece esses dados. Neste contexto, na entrevista, a seleção de perguntas a explorar, e colocadas de igual forma a todos os entrevistados, é orientada para a procura de informação relevante. Embora esta técnica possua algumas desvantagens, para o presente estudo, importa salientar as vantagens: a) as perguntas/respostas podem ser clarificadas/reformuladas; b) à partida, todas as questões são respondidas; c) e ainda, existe a possibilidade de se avaliarem as expressões não-verbais. Na elaboração das questões da entrevista, foram tidas em conta as questões de investigação, tendo estas sido previamente testadas e revistas a fim de eliminar ambiguidades (Fortin, 1999).

A entrevista é constituída por um conjunto de oito questões e, à exceção da Q6 e Q7, todas implicam uma justificação. A Q1 divide-se em duas sub-questões. Na figura 84 é apresentado o roteiro da entrevista, bem como a relação de cada uma das suas questões com a questão de investigação.

Cada um dos instrumentos foi elaborado de forma a permitir obter resposta a diferentes objetivos e questões de investigação de acordo com o exposto na tabela 32.

Tabela 32 – Objetivos, questões de investigação e respetivos instrumentos.

Objetivo	Questão de investigação	Instrumento	
		Questionário	Entrevista
1. Avaliar os recursos pedagógicos produzidos no âmbito da presente investigação	Q1 – Os professores consideram que os recursos pedagógicos elaborados são adequados ao público-alvo?	X	
	Q2 – Qual é a pertinência de utilizar os recursos pedagógicos elaborados no âmbito da presente investigação, como complemento aos manuais escolares?	X	X
2. Validar os recursos pedagógicos produzidos no âmbito da presente investigação	Q3 - Os recursos pedagógicos elaborados estão de acordo com as orientações curriculares para a disciplina de Geologia do 12.º ano de escolaridade?	X	
3. Avaliar a perceção dos professores sobre o aprofundamento e importância atribuída à leção do “Paleomagnetismo” no ensino secundário em geral e, em específico, na disciplina e ano em causa.	Q4 - Os professores consideram o conteúdo “Paleomagnetismo” suficientemente aprofundado no currículo do ensino secundário em geral?		X
	Q5 - Os professores consideram o conteúdo “Paleomagnetismo” suficientemente aprofundado no currículo da disciplina de Geologia do 12.º ano?		X
4. Avaliar a perceção dos professores sobre o aprofundamento e importância atribuída à leção do conteúdo “Paleomagnetismo”, nos manuais escolares de Geologia do 12.º ano.	Q6 - Os professores consideram adequada e suficiente informação sobre História da Ciência disponibilizada pelos manuais escolares de Geologia do 12.º ano no capítulo sobre o paleomagnetismo?		X
	Q7 - Os professores consideram adequadas e suficientes as atividades disponibilizadas pelos manuais escolares de Geologia do 12.º ano de escolaridade no capítulo sobre o paleomagnetismo?		X

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
Licenciatura ____ Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia ____ Geologia ____
Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: _____ (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim ____ Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 ____

Figura 83 – Questionário de avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados.

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspetivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				
ao nível etário dos alunos alvo				
à linguagem científica utilizada				
ao aprofundamento dos conceitos				
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				

Observações:

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				
ao nível etário dos alunos alvo				
à linguagem científica utilizada				
ao aprofundamento dos conceitos				
à exequibilidade de utilização				
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				

Observações:

Figura 83 – Questionário de avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados (Cont.).

QUESTIONÁRIO				
3 - O <u>protocolo laboratorial</u> é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				
ao nível etário dos alunos alvo				
à linguagem científica utilizada				
ao aprofundamento dos conceitos				
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				
Observações:				
4 - A <u>ficha de trabalho</u> é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				
ao nível etário dos alunos alvo				
à linguagem científica utilizada				
ao aprofundamento dos conceitos				
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				
Observações:				
5 - Em termos gerais, a <u>ficha de avaliação diagnóstica</u> é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				
ao nível etário dos alunos alvo				
à linguagem científica utilizada				
ao aprofundamento dos conceitos				
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				
Observações:				

Figura 83 – Questionário de avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados (Cont.).

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				
ao nível etário dos alunos alvo				
à linguagem científica utilizada				
ao aprofundamento dos conceitos				
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				
Observações:				

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				
ao nível etário dos alunos alvo				
à linguagem científica utilizada				
ao aprofundamento dos conceitos				
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				
Observações:				

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

4

Figura 83 – Questionário de avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados (Cont.).

<p>Questões de investigação</p> <p>Questões da entrevista</p> <ol style="list-style-type: none"> Sabendo que os estudos de paleomagnetismo foram muito importantes para o desenvolvimento dos modelos subjacentes à proposta e desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas, acha que o paleomagnetismo deveria ser mais aprofundado nos currículos: <ol style="list-style-type: none"> do ensino secundário? Porquê? de Geologia do 12.º ano? Porquê? Considera importante a História da Ciência na leccionação desta temática? Porquê? Considera que a componente da História da Ciência, incluída no manual escolar de Geologia do 12.º ano com que trabalhou/trabalhou, é suficientemente desenvolvida tendo em conta as orientações curriculares? Porquê? Em sua opinião é importante a realização de atividades práticas para a compreensão desta temática? Porquê? Quando lecionou o paleomagnetismo teve dificuldades? Se sim, quais? Em sua opinião quais são as dúvidas principais dos alunos? Qual o manual escolar utilizado no último ano de leccionação de Geologia do 12.º ano de escolaridade? Considera os recursos pedagógicos elaborados essenciais no âmbito desta investigação como complemento aos manuais escolares? Porquê? 	<p>Q2 - Qual é a pertinência de utilizar os recursos pedagógicos elaborados no âmbito da presente investigação, como complemento aos manuais escolares?</p>	<p>Q4 - Os professores consideram o conteúdo “Paleomagnetismo” suficientemente aprofundado no currículo do ensino secundário em geral?</p> <p>Q5 - Os professores consideram o conteúdo “Paleomagnetismo” suficientemente aprofundado no currículo da disciplina de Geologia do 12.º ano?</p>	<p>Q6 - Os professores consideram adequada e suficiente informação sobre História da Ciência disponibilizada pelos manuais escolares de Geologia do 12.º ano no capítulo sobre o paleomagnetismo?</p> <p>Q7 - Os professores consideram adequadas e suficientes as atividades disponibilizadas pelos manuais escolares de Geologia do 12.º ano de escolaridade no capítulo sobre o paleomagnetismo?</p>	<p>Conhecer a opinião dos professores sobre a importância de lecionar o paleomagnetismo integrado na temática da construção e desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas.</p>	<p>Avaliar a importância que os professores atribuem à História da Ciência no ensino do “Paleomagnetismo”.</p> <p>Avaliar a importância que os professores atribuem às atividades práticas no ensino do “Paleomagnetismo”.</p>	<p>Avaliar a forma como o “Paleomagnetismo” é desenvolvido nos manuais escolares de Geologia do 12.º ano.</p> <p>Avaliar a importância dos manuais escolares no esclarecimento das dúvidas dos alunos.</p>	<p>Estabelecer uma relação entre a opinião dos professores e o manual escolar utilizado.</p>	<p>Identificar a importância dos recursos pedagógicos elaborados, tendo em vista as orientações do programa curricular e as lacunas evidenciadas pelos manuais escolares de Geologia do 12.º ano de escolaridade.</p>
--	---	---	---	---	--	--	--	---

Figura 84 – Roteiro da entrevista semiestruturada para a avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados e sua articulação com as questões de investigação.

3.3.4. Validação dos instrumentos

De acordo com Barañano (2004), a validação de um instrumento de recolha de dados consiste em testar, previamente, a operacionalidade do instrumento junto de uma pequena amostra da população, se possível, diferente da que foi selecionada. Este procedimento tem o objetivo de verificar como as questões e as respostas são compreendidas e evitar erros de vocabulário e formulação. Mais precisamente, este processo tem como finalidade avaliar a eficácia e a clareza das questões devendo estar, *“centrado na avaliação dos instrumentos (...) visando garantir que meçam exactamente aquilo que pretendem medir”* (Gil, 1989: 95).

Neste contexto, a validação do questionário construído consistiu na sua prévia distribuição a dois professores e a entrevista piloto foi aplicada apenas a um destes. Em ambas as situações os professores reuniam as mesmas características da amostra, mas não a incluíam. Simultaneamente, foram validados por um professor do ensino superior, especialista em Paleomagnetismo e Ensino da Ciências e um outro, do ensino secundário, mestre em Ciências da Educação. Os resultados obtidos, depois da sua aplicação, permitiram proceder a ligeiras alterações que se mostraram oportunas face à validação realizada.

Na fase seguinte, a recolha de dados decorreu durante um período de 15 dias, ao longo do mês de agosto de 2012, à qual se seguiu o tratamento da informação obtida, tendo sempre presente os objetivos e as questões da investigação.

3.3.5. Técnicas de tratamento dos dados

Numa investigação científica, a credibilidade dos dados obtidos poderá ser influenciada, diretamente, pela complexidade da situação, bem como a sua análise poderá ser considerada como

“ (...) um dos momentos mais nevrálgicos e a escolha do método ou da técnica para a sua realização necessita do pesquisador muita atenção e cuidado. Essa escolha realmente tem que ser adequada e proporcionar a exploração dos dados em toda a sua riqueza e possibilidades.” (Gomes Campos, 2004: 611).

Deste modo, optou-se por selecionar diferentes metodologias para a análise dos dados. Aqueles obtidos a partir do questionário foram tratados no programa Excel, resultando numa

informação quantitativa; enquanto os relativos à entrevista implicaram uma análise de conteúdo e, como tal, permitiram obter uma informação ora qualitativa, ora quantitativa, esta última, igualmente, tratada no programa Excel.

A informação resultante do tratamento em Excel apresenta-se registada em gráficos e tabelas. A opção de recorrer aos gráficos prendeu-se com o facto de permitirem uma descrição imediata e uma visão conjunta com apenas uma observação. As tabelas porque, sendo uma síntese dos dados analisados, os torna, logicamente, mais inteligíveis (Lakatos e Marconi, 1996).

A análise de conteúdo é um método recorrentemente usado na avaliação qualitativa e “*constitui uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos (...) conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas*”, ajudando “*a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum.*” (Moraes, 1999: 9). Porém, o seu uso não deve ser demasiado técnico ou formal, de modo a prejudicar a “*criatividade e a capacidade intuitiva do pesquisador*”; nem demasiado subjetivo para que o investigador imponha as suas ideias e valores e assim o “*texto passe a funcionar meramente como confirmador dessas*” (Gomes Campos, 2004: 613). Sobre esta matéria, Moraes (1999) afirma que a análise de conteúdo não permite uma “*leitura neutra*”, pois a interpretação tem sempre o cunho pessoal do investigador. Aliás, na sua opinião, a evolução desta metodologia “*tem oscilado entre o rigor da suposta objetividade dos números e a fecundidade sempre questionada da subjetividade*” (Moraes, 1999: 9).

O processo de análise de conteúdo compreende um conjunto de passos que culminam na leitura e interpretação dos dados obtidos. De acordo com Amado (2000: 55), a sequência dos passos, embora dentro de alguma flexibilidade, é: a) “*Definição de objetivos de trabalho*”; b) “*Explicitação de um quadro de referência teórico*”; c) “*Constituição de um ‘corpus’ documental*”; d) “*Leituras atentas e activas*”; e) “*Formulação de hipóteses*”; f) “*Codificação*”. Nesta fase de desenvolvimento da nossa investigação debruçemo-nos sobre o último passo. Este passo que, corresponde ao tratamento dos dados em bruto para a sua leitura em função do pretendido, pode compreender diversas fases em função do seu autor. Assim, de acordo com Moraes (1999: 16), são cinco as etapas a cumprir: a) “*Preparação das informações*”; b) “*Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades*”; c)

“*Categorização ou classificação das unidades em categorias*”; d) “*Descrição*”; e) “*Interpretação*”. Para Amado (2000: 56), este passo compreende quatro fases: a) Fase “*A – Determinar as Unidades de Registo ou de Significação*”; b) Fase “*B – Determinar a Unidade de Contexto*”; c) Fase “*C – Determinar a Unidade de Enumeração e de Contagem*”; d) Fase “*D – Categorização*”. Mais recentemente, Gomes Campos (2004: 613) propôs uma sequência de três fases que, pela maior objetividade que lhes está associada, optamos por seguir neste trabalho. Assim, foram cumpridas as seguintes fases: a) Fase “*I – Fase de pré-exploração do material de leituras flutuantes*”, durante a qual foi feita uma leitura geral aos dados, tendo-se identificado unidades/categorias, que podiam ser palavras ou frases, reguladas pelos objetivos e as questões de investigação (constituição do *corpus* da entrevista), esta pode ser considerada a fase mais importante da análise de conteúdo; b) Fase “*II – Seleção das unidades de análise (ou unidades de significados)*”, que correspondem a pedaços de texto e que foram reconhecidos de um modo dinâmico e intuitivo; c) Fase “*III – Processo de categorização e subcategorização*”, durante o qual foram definidas os domínios, as categorias e subcategorias e, posteriormente, o respetivo agrupamento das unidades de análise. Segundo Amado (2000: 56) a categorização corresponde à “*fase mais problemática (...) mas também a mais criativa*” de todo este processo e obedece a seis regras⁹⁴ fundamentais que cumprimos neste trabalho. A saber, “*Exaustividade*”, “*Exclusividade*”, “*Homogeneidade*”, “*Pertinência*”, “*Objectividade*” e “*Produtividade*” (Ghiglione e Matalon (1992) in Amado, 2000: 58).

Recorde-se que todo este processo teve por base os objetivos e as questões de investigação que norteiam o presente estudo. Na análise dos dados das entrevistas, a investigadora teve o cuidado de os ler mais do que uma vez (Anexo VII), de maneira a ter uma visão completa e abrangente da informação obtida. O processo de categorização foi uma tarefa difícil, mas exequível e as categorias foram desdobradas em subcategorias e agrupadas em quatro domínios (Anexo VIII). As grelhas de análise de conteúdo apresentam-se no Anexo IX.

⁹⁴ Leiam-se, igualmente, os critérios definidos por Moraes (1999).

3.3.6. Apresentação, análise e discussão dos dados

A apresentação, análise e discussão dos dados será desenvolvida de forma a responder aos objetivos propostos para este processo de avaliação e validação⁹⁵. Assim, para o primeiro objetivo serão utilizados os dados dos questionários e da entrevista, para o segundo os dos questionários, enquanto para o terceiro e o quarto, apenas a informação recolhida nas entrevistas será tida em consideração. Os dados relativos aos questionários individuais e às entrevistas serão apresentados em gráfico ou tabela, de acordo com a qualidade da informação veiculada⁹⁶. No caso particular dos questionários, os gráficos serão utilizados para a caracterização profissional, enquanto as tabelas serão utilizadas para a avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados. No decurso deste subcapítulo, os questionários estarão representados por Q1, Q2, e Q15 e serão remetidos para os anexos X a XXIV; as entrevistas por E1, E2, ... e E5 e a sua leitura pode ser visualizada, de um modo integral, nos anexos VII (transcrição das entrevistas) e IX (Grelha de análise de conteúdo das entrevistas). De forma a facilitar o processo de análise e discussão, os dados, quantitativos e qualitativos, serão apresentados, sempre que possível, em conjunto no que respeita à origem da informação, questionário ou entrevista, mas individualmente para cada um dos recursos pedagógicos elaborados. O número indicado para cada um dos critérios nos gráficos e tabelas correspondem à sua frequência (f), no conjunto dos instrumentos de recolha de dados a que se refere.

Caracterização profissional

Dos 15 profissionais que constituíram a amostra, a maioria possui a habilitação académica de licenciado (f=8), 3 professores tem formação especializada/Pós-graduação, três o diploma de Mestrado (f=3) e outro o de Doutoramento (f=1) (Fig. 85-A). No que diz respeito à formação de base dos inquiridos, verificamos que a maioria é licenciada em Biologia/Geologia (f=7). Os restantes elementos repartem-se, equitativamente, pelas licenciaturas em Geologia (f=4) e em Biologia (f=4) (Fig. 85-B). Ou seja, todos os

⁹⁵ Vide Tabela 32, pág. 221.

⁹⁶ Caracterização profissional ou avaliação dos recursos pedagógicos.

professores participantes neste estudo possuem habilitação académica e profissional, para a lecionação do grupo 520 - Biologia e Geologia.

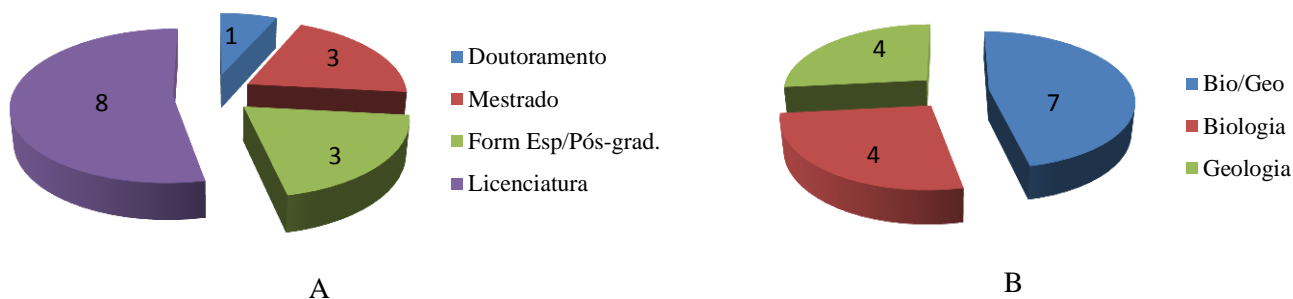


Figura 85 – Distribuição da população (f) em relação às habilitações académicas (A) e à formação base (B).

Quanto ao tempo de serviço até 31 de agosto de 2011, os dados indicam que este varia de um mínimo de 4 até um máximo de 36 anos, sendo a média de anos de serviço de 16,3 anos. Para tornar mais objetiva a análise do tempo de serviço, estabelecemos diferentes intervalos de acordo com os propostos por Huberman (1989). Para este autor a vida de professor compreende cinco intervalos: a) [1-3] - entrada na carreira; b) [4-6] - fase de estabilização; c) [7-25] - fase da diversificação e pôr-se em questão; d) [26-35] - fase de serenidade e distanciamento; e) [36-40] - fase de conservantismo e lamentações. Verificamos que a maioria dos professores se distribui pelos intervalos dos [4-6] e dos [7-25] anos de serviço (Fig. 86). Na realidade atual, os professores compreendidos no intervalo [4-6] anos, ainda não estão integrados na carreira.

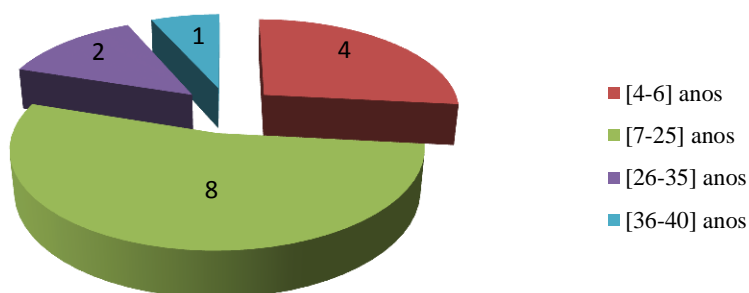


Figura 86 – Distribuição da população em relação ao tempo de serviço até 31 agosto de 2011 (f).

Em relação à lecionação recente da área disciplinar de Geologia do 12.º ano, 11 elementos da amostra tiveram contacto com a disciplina no último ano letivo (2011/2012) (Fig. 87). Consideramos esta informação importante, na medida em teriam presentes as características, as necessidades, bem como as dificuldades encontradas no desenvolvimento das aulas sobre a temática em estudo.

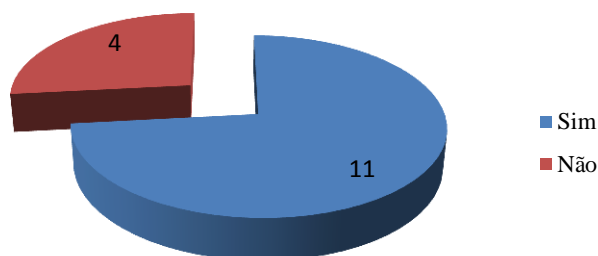


Figura 87 – Distribuição da população em relação à lecionação de Geologia do 12.º ano no ano letivo 2011/2012 (f).

Analisando a frequência de lecionação de Geologia do 12.º ano nos últimos cinco anos, assinala-se que apenas dois dos participantes o fizeram durante todo este tempo e de um modo consecutivo. Apenas 1 a lecionou quatro vezes neste período, enquanto a maioria lecionou a disciplina durante um único ano letivo no intervalo de tempo considerado (Fig. 88).

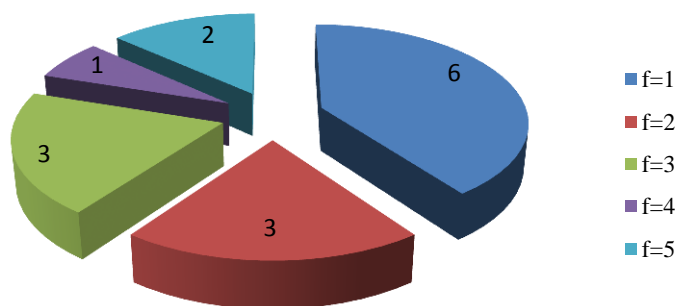


Figura 88 – Frequência na lecionação de Geologia do 12.º ano de escolaridade nos últimos 5 anos letivos (f).

Consideramos que os valores que registam as frequências mais baixas estão em conformidade com a prática nas escolas portuguesas. Sempre que possível é respeitada a continuidade pedagógica e os professores acompanham os alunos ao longo de pelo menos um ciclo escolar. Deste modo, é comum que vão alterando, periodicamente, as disciplinas que lecionam. Ainda, porque nem sempre a disciplina de Geologia do 12.º ano é disponibilizada pelas escolas, muitas vezes devido ao número reduzido de alunos que pretendem inscrever-se.

Avaliação dos recursos pedagógicos

Ficha informativa

A grande maioria dos docentes que preencheu o questionário considerou a *Ficha informativa*⁹⁷ ‘Muito Adequada’ e ‘Adequada’ em quase todos os itens considerados no questionário (Tabela 33). Salienta-se que o nível avaliativo ‘Nada Adequada’ não foi selecionado por nenhum dos inquiridos.

Tabela 33 – Resultados referentes à avaliação da ficha informativa, obtidos através do questionário (f).

	Nada Adequada	Pouco Adequada	Adequada	Muito Adequada
A	-----	-----	6	9
B	-----	-----	6	9
C	-----	-----	7	8
D	-----	3	11	1
E	-----	2	6	7
F	-----	2	10	3

A – Adequação ao programa curricular; B – Nível etário dos alunos; C – Linguagem científica utilizada; D – Aprofundamento dos conceitos; E - Exequibilidade de utilização em contexto sala de aula; F – Pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado.

⁹⁷ Recorde-se que a ficha informativa foi desenvolvida como uma atividade no âmbito da História da Ciência.

Uma análise mais pormenorizada permite-nos constatar que a maioria dos questionados considera a *Ficha informativa* muito adequada ao programa curricular (f=9), ao nível etário dos alunos (f=9), à linguagem científica utilizada (f=8) e, ainda, à exequibilidade de utilização em contexto de sala de aula (f=7). O nível ‘Adequada’ reúne a maioria das opiniões para os itens referentes ao aprofundamento dos conceitos (f=11) e à pertinência da sua utilização como complemento aos manuais disponíveis no mercado (f=10).

A opção por uma avaliação com os níveis ‘Adequada’ e ‘Pouco Adequada’ foi, quase sempre, acompanhada pelo preenchimento da secção observações. Nestas sugerem; a) um maior desenvolvimento da vertente CTSA, em geral, (Q3 - Anexo XII) e, em particular, no que respeita ao desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico (Q1 - Anexo X); b) à contextualização social (Q4 - Anexo XIII); c) e à informação histórica do conhecimento científico em cada época (Q9 - Anexo XVIII). Julgamos que as ausências notadas pelos participantes se devem a dois fatores não considerados durante a avaliação deste recurso pedagógico. Primeiro, o facto da ficha informativa ter sido elaborada para um conteúdo integrante de uma unidade curricular, onde a História da Ciência é uma componente essencial e, como tal, terá de ser considerada ao longo das diversas aulas em que a unidade é lecionada e não apenas durante a aula planificada neste trabalho. Segundo, o desconhecimento do guião que acompanha cada recurso pedagógico, bem como da apresentação em PowerPoint elaborada para o desenvolvimento da aula sobre a História da Ciência. Recorde-se que no guião são referenciados os conhecimentos prévios que o aluno deverá ter neste momento letivo. Sobre a História da Ciência os conhecimentos devem ser diversos. No guião são, igualmente, propostas as questões orientadoras para a discussão do PowerPoint, assim como é indicado que a ficha informativa não é o recurso principal para a dinamização da aula, pois apenas será entregue aos alunos no final desta e com o objetivo de sistematizar o conteúdo e enriquecimento curricular.

Os dados recolhidos através das entrevistas permitiram a definição de um domínio ‘*História da Ciência*’, subdividido em duas categorias *Importância da sua leção* e *Articulação com as orientações curriculares*. Para a primeira foram criadas as subcategorias ‘Importa a sua leção’ e ‘Relação CTSA’; para a segunda, criaram-se quatro subcategorias, ‘Há articulação com as orientações curriculares’, ‘Não há articulação com as orientações curriculares’, ‘Fundamentação’ e ‘Remediação de lacunas’.

Os dados recolhidos através das entrevistas relativamente ao domínio ‘*História da Ciência*’ (Tabela 34), no que diz respeito à categoria *Importância da sua lecionação*, mostram que a totalidade dos docentes entrevistados (f=5) considera importante a sua lecionação no âmbito da temática do paleomagnetismo. Uma importância que, na opinião de um entrevistado, é “(...) *muito importante*” (E4) e de acordo com outro, “(...) *fundamental*” (E3).

Tabela 34 – Registo da perceção dos professores entrevistados, sobre o aprofundamento e importância atribuída à lecionação de conteúdos no âmbito do domínio *História da Ciência* (f).

Domínio	Categoria	Subcategoria	N.º de registos
História da Ciência	Importância da sua lecionação	A	5
		B	7
	Articulação com as orientações curriculares	C	1
		D	4
		E	4
		F	4

A – Importa a sua lecionação; B – Relação CTSA; C – Há articulação com as orientações curriculares; D – Não há articulação com as orientações curriculares; E - Fundamentação; F – Remediação de lacunas.

A subcategoria ‘Relação CTSA’ apresenta uma frequência de sete registos para justificar a importância da lecionação da HC. Nestes registos podemos ler quatro opiniões que se referem à dificuldade dos cientistas se imporem numa sociedade, por vezes adversa aos novos conhecimentos “ (...) *acho importante os alunos terem noção dos entraves (bloqueios) na evolução do conhecimento. Bloqueios que continuam a existir.*” (E2), “ (...) *ajuda o aluno a compreender as dificuldades que os cientistas tiveram (...) a nível dos contextos sociais (...)*” (E4), “*A evolução da ciência sempre foi fortemente condicionada pela sociedade e vice-versa*” (E5) e “*É importante os alunos perceberem as dificuldades que os cientistas foram tendo para conseguir fazer valer a sua opinião*” (E5). Um outro conjunto de opiniões refere-se à relação de dependência entre a evolução da ciência e a tecnologia, “ (...) *ajuda o aluno a compreender as dificuldades que os cientistas tiveram (...) a nível dos instrumentos e tecnologias que utilizavam, (...)*” (E4) e a “ (...) *ter a noção de que (...)* muitas teorias que

hoje validamos foram fruto de descobertas científicas e tecnológicas e que há um tempo atrás não eram exequíveis” (E1). Um último grupo de opiniões vai no sentido de mostrar a importância que a HC tem na construção do conhecimento científico, em geral, “ (...) se compreendermos como tudo nasce, (...) compreenderemos melhor e de forma mais fácil se fará a assimilação destas ideias descobertas” (E3) e, em particular, nos alunos, “ (...) ajuda a fazer com que os alunos compreendam a forma como se construiu, (...) o conhecimento científico (...)” (E4).

Ainda no domínio ‘*História da Ciência*’, a leitura dos dados referentes à segunda categoria definida, *Articulação com as orientações curriculares*, que nos remete para uma avaliação do conteúdo dos manuais escolares, mostra que a maioria dos entrevistados (f=4) considera não haver uma articulação entre o conteúdo dos manuais e as orientações curriculares, no que respeita à HC. Fundamentam a sua opinião com o facto de um só manual não abordar todas “ (...) as frentes da *História da Ciência*” (E2), com a ausência de “ (...) demonstrações da prática e dos estudos que os investigadores apontados fizeram” (E3) e, ainda, com o pouco aprofundamento dos conceitos “*Poderia ser mais aprofundada a História da Ciência pela importância de que se reveste*” (E4). Perante as lacunas identificadas, os professores que constituem a nossa amostragem, indicaram as estratégias utilizadas para colmatar estas falhas e que foram agrupadas na subcategoria ‘Remediação de lacunas’. As opções dividem-se pela consulta dos outros manuais disponíveis para a disciplina e ano curricular em causa, “*Houve necessidade da minha parte (...) em encontrar informação noutros manuais*” (E2), “ (...) consultar os três livros e ver se encontro alguma novidade e dar o máximo de informação aos alunos” (E4); e pela consulta de outras fontes bibliográficas sem especificar quais, “*Complementar a informação e partilhá-la com os alunos.*” (E4) e “ (...) consultar outras fontes bibliográficas e fornecer mais informação aos alunos” (E5).

O único entrevistado que nesta categoria considerou existir uma articulação entre o manual e as orientações curriculares, justifica a sua resposta dizendo que o manual utilizado “*Abordava os assuntos principais*” (E1).

Livro guia da aula de campo

Os níveis avaliativos ‘Muito Adequado’ e ‘Adequado’ reúnem o consenso dos inquiridos para a globalidade dos itens considerados (Tabela 35). Particularmente, três dos respondentes consideram este recurso pedagógico ‘Muito Adequado’ para todos os

parâmetros avaliados (Q2 - Anexo XI, Q12 - Anexo XXI e Q15 - Anexo XXIV) e três outros partilham a mesma opinião em quase todos os itens, e apenas o consideram 'Adequado' em um dos itens (Q8 - Anexo XVII, Q13 - AnexoXXII e Q14 - Anexo XXIII). Uma última nota geral é que, também para este recurso pedagógico, a opção 'Nada Adequado' apresenta uma frequência total igual a zero.

Tabela 35 – Resultados referentes à avaliação do livro guia da aula de campo, obtidos através do questionário (f).

	Nada Adequado	Pouco Adequado	Adequado	Muito Adequado
A	-----	2	5	8
B	-----	2	4	9
C	-----	-----	7	8
D	-----	4	5	6
E	-----	2	6	7
F	-----	2	1	12

A – Adequação ao programa curricular; B – Nível etário dos alunos; C – Linguagem científica utilizada; D – Aprofundamento dos conceitos; E - Exequibilidade de utilização em contexto sala de aula; F – Pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado.

A opção de 'Pouco Adequado' foi considerada por alguns dos questionados, nomeadamente, para o item referente ao aprofundamento dos conceitos (f=4). A este respeito, registamos opiniões que sugerem: a) a não inclusão da definição dos conceitos já lecionados em anos transatos (Q1 - Anexo X), parecer sobre o qual discordamos, na medida em que, mais importante do que averiguar ou avaliar os conceitos adquiridos, o aluno deverá ter acesso à informação necessária para a correta interpretação da paragem; b) a inclusão de um maior número de questões interpretativas e a formulação de hipóteses ao longo das paragens que permitiriam responder à questão orientadora da saída de campo (Q4 - Anexo XIII), metodologia sobre a qual concordamos e que está prevista no guião de apoio à aula de campo⁹⁸, no qual são propostas um conjunto de questões que o professor acompanhante deverá ir colocando ao longo das paragens. Uma vez mais, julgamos que esta observação se

⁹⁸ Vide tabela 25, pág. 162.

deveu ao desconhecimento da metodologia a aplicar com este recurso pedagógico; c) a ausência do uso da bússola no campo, na medida em que se trata de um trabalho sobre o ‘Paleomagnetismo’ (Q3 – Anexo XII). Esta estratégia está contemplada na organização da aula campo e é fundamental para a concretização da paragem 5⁹⁸. Contudo, como a maioria das escolas não dispõe de bússola de geólogo e a sua utilização depende da possibilidade do professor a adquirir, consideramos não a incluir no material que, individualmente, cada aluno irá transportar consigo. No entanto, sendo a observação muito pertinente julgamos adequado incluir esta proposta no *Livro guia da aula de campo*, deixando ao critério do utilizador a opção por esta possibilidade. Assim, acresce, aos já propostos para a aula de campo, o objetivo, “Utilizar a bússola de geólogo” (Fig. 89), a inclusão da bússola de Geólogo ao material necessário (Fig. 90), bem como se torna necessária uma alteração da última paragem de acordo com o exposto na figura 91. Todas as alterações ao *Livro guia da aula de campo* estão identificadas a cor laranja.

2. Objetivos

- Observar a geomorfologia geral da Serra de Santa Helena.
- Visualizar e identificar acidentes tectónicos.
- Identificar *in situ* diferentes tipos de rochas.
- Recolher amostras de mão.
- Utilizar a bússola de geólogo.
- Consolidar e aplicar aprendizagens realizadas ao longo dos ensinios, básico e secundário.

Figura 89 – Alteração à página 2 do Livro guia da aula de campo, com o acréscimo aos objetivos a cumprir.

5. Material

- Bússola de Geólogo.
- Máquina fotográfica.
- Caderneta de campo.
- Marcador.
- Etiquetas autocolantes.
- Martelo de geólogo.
- Guia da aula de campo.
- Sacos de plásticos.
- Jornais velhos.

Figura 90 – Alteração à página 5 do Livro guia da aula de campo, com o acréscimo do material necessário.

➤ **Paragem 5: Afloramento de rochas básicas**

Conceitos importante

Filão – Modo de jazida de minerais ou de rochas, caracterizado pela forma alongada e estreita, ocupando fraturas nas rochas encaixantes.

Rocha básica - Rocha ígnea com um teor de SiO₂ entre 40 e 50%, relativamente ricas em Fe, Mg e Ca, como o gabro (plutónica) e o basalto (vulcânica).

Aspetos a observar (Fig. 8)

- Filão de rochas básicas.
- **Orientação do filão de rochas básicas.**



Fig. 8 – Filão de rocha básica num afloramento granítico.

Q13: **Identifique** a rocha encaixante. _____.

Q14: **Indique** qual é mais antigo, se o filão ou a rocha encaixante. _____.

Q15: **Determine a direção do filão de rochas básicas.** _____.

Figura 91 – Alteração às páginas 9 e 10 do Livro guia da aula de campo referentes à paragem n.º 5.

Nas observações relativas a este recurso pedagógico, também é feita referência à dificuldade em realizar uma aula de campo, tendo em conta a diminuição da carga letiva da disciplina de Geologia do 12.º ano a partir do ano letivo 2012/2013 (Q8 - Anexo XVII) e à dificuldade em cumprir o percurso estabelecido para as escolas que se encontram distantes geograficamente (Q10 - Anexo XIX). Relativamente à primeira opinião, partilhamos da

mesma preocupação. A redução da carga horária de 7 blocos de 45 min semanais para o equivalente a 4 blocos por semana⁹⁹ implica uma redução de cerca de 40% do tempo útil para a disciplina. Como esta redução do tempo letivo não foi acompanhada por uma redução dos conteúdos programáticos, isso pressupõe uma seleção criteriosa, mas arbitrária, dos conteúdos e metodologias a adotar pelos docentes, uma vez que não foram determinadas quaisquer orientações por parte da tutela. Conjugando esta premissa com a relutância por parte dos docentes em realizar aulas de campo e com as dificuldades financeiras que as escolas atravessam, adivinha-se que este tipo de estratégia seja das primeiras a ser dispensada. A distância geográfica, referida pelo outro inquirido, é igualmente um condicionalismo a reter na aplicação deste recurso pedagógico. Na realidade, o percurso da aula de campo foi selecionado e planificado propositadamente para uma escola da região, pelo que, sem invalidar a sua aplicação por qualquer escola do país, se considera que a localização geográfica poderá ser um fator limitante. Parte do percurso considerado na aula de campo já foi desenvolvido, com alunos do 7.º ano de escolaridade, embora de um modo simplificado (e.g. Correia e Gomes, 2011).

Protocolo laboratorial

A avaliação do *Protocolo laboratorial* situa-se, maioritariamente, nos níveis avaliativos de ‘Muito Adequado’ e ‘Adequado’ (Tabela 36). O primeiro, relativamente ao domínio da pertinência da sua utilização como complemento ao manual escolar (f=10), na sua adequação ao programa curricular (f=9) e no aprofundamento dos conceitos (f=9). O segundo reúne a maioria das preferências no que respeita, à linguagem científica utilizada (f=10) e ao nível etário dos alunos (f=9). Dois dos inquiridos consideram que este recurso pedagógico merece uma avaliação de ‘Muito Adequada’ em todos os parâmetros em avaliação (Q4 - Anexo XIII e Q15 – Anexo XXIV).

⁹⁹ Nova matriz curricular do Curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias - Portaria n.º 243/2012, de 10 de agosto (Série I).

Tabela 36 – Resultados referentes à avaliação do protocolo laboratorial, obtidos através do questionário (f).

	Nada Adequado	Pouco Adequado	Adequado	Muito Adequado
A	-----	2	4	9
B	-----	-----	9	6
C	-----	-----	10	5
D	-----	1	5	9
E	1	6	5	3
F	-----	2	3	10

A – Adequação ao programa curricular; B – Nível etário dos alunos; C – Linguagem científica utilizada; D – Aprofundamento dos conceitos; E - Exequibilidade de utilização em contexto sala de aula; F – Pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado.

A apreciação do parâmetro que se refere à sua ‘exequibilidade em contexto de sala de aula’ reúne opiniões que se distribuem por todos os níveis avaliativos, com um predomínio para o ‘Pouco Adequado’ (f=6). Curiosamente, o participante que atribuiu o nível mais baixo neste item confere aos restantes os níveis mais elevados da escala avaliativa (Q8 - Anexo XVII). Justifica a sua opção quanto à exequibilidade, com o facto dos laboratórios das escolas não possuírem os instrumentos de medida necessários para a realização desta atividade. Certamente estava a referir-se aos instrumentos para as determinações dos parâmetros magnéticos que, por acautelarmos este facto, propomos que a realização da parte C do protocolo implique o estabelecimento de uma parceria com um organismo universitário (informação disponibilizada no guião de apoio à atividade laboratorial)¹⁰⁰. A ausência de material nas escolas para a consecução total deste protocolo é, igualmente, assinalada por outros inquiridos (Q3, Q5, Q6 e Q15, respetivamente, Anexos XII, XIV, XV e XXIV) e é feita, também, uma chamada de atenção para o excessivo número de alunos por turma em vigor a partir do ano letivo 2012/2013¹⁰¹, o que condicionará a concretização de atividades laboratoriais por falta de material (Q6 - Anexo XV). A este aspeto acrescentamos as

¹⁰⁰ Vide pág. 182.

¹⁰¹ Despacho n.º 5106-A/2012, de 12 de abril, pontos 5.3 e 5.6.

limitações impostas para o funcionamento das aulas por turnos¹⁰², pois consideramos que, com um número igual ou próximo de 20 alunos por aula, não estão reunidas as condições humanas, pedagógicas e de segurança para trabalhar em laboratório. Um dos participantes sugere que esta atividade seja dinamizada para professores (Q9 - Anexo XVIII), sugestão que consideramos relevante na medida em que esta temática é complexa e a determinação dos parâmetros magnéticos desconhecida para a maioria dos docentes que lecionam Geologia nas escolas básicas e secundárias. A comprovar este facto, registre-se a observação feita no Q1 (Anexo X) que interroga sobre a necessidade de alguns dos procedimentos do protocolo. Embora algumas das suas questões possam ser respondidas pela leitura do guião de apoio à atividade laboratorial¹⁰³, julgamos que a dinamização de ações de formação para docentes sobre paleomagnetismo permitiria a inclusão de dinâmicas diferentes nas escolas, potenciaria a motivação dos alunos para a matéria e colmataria algumas das dificuldades que os intervenientes no processo de ensino e aprendizagem possuem sobre este assunto.

A elaboração dos recursos pedagógicos *Livro guia da aula de campo* e do *Protocolo laboratorial* tiveram como objetivo colmatar as lacunas encontradas na análise dos manuais escolares para o conteúdo curricular em estudo, no que às atividades práticas diz respeito. A análise dos dados obtidos a partir dos questionários permitiu colocar em evidência a importância que, individualmente, estes recursos apresentaram para os participantes (Tabelas 35 e 36). Contudo, também a leitura das entrevistas nos possibilitou considerar dados neste campo e, como tal, definiu-se um domínio ‘*Atividades práticas*’ no qual integramos toda a informação registada sobre a importância da lecionação deste género de atividades (Tabela 37).

A totalidade dos entrevistados considera importante a lecionação de atividades práticas (Tabela 37), afirmando que esta estratégia é “ (...) *fundamental*”, na opinião do E3, e “ (...) *muito importante*” para o E4. Do mesmo modo, todos os entrevistados consideram que existe uma relação entre a sua utilização e a aprendizagem. Nesta matéria, de acordo com as opiniões recolhidas: a) “ (...) *qualquer conteúdo geológico (...) deve ter (...) uma forte componente prática (...) de campo ou laboratorial (...)*” (E1); b) “*A visualização e a execução de atividades práticas (...) contribuem para a assimilação das ideias e dos*

¹⁰² Despacho normativo n.º 13-A/2012, de 5 de junho, ANEXO V, alínea b).

¹⁰³ Vide pp. 179-182.

conhecimentos que mais facilmente podem ser utilizados, nos mais diversos raciocínios (...)” (E3); concordamos com estas ideias, na medida em que no ensino da área científica da Geologia, é necessária uma grande capacidade de abstração para compreender os processos numa escala espacial e numa escala temporal, muito diferentes da que vivemos no dia-a-dia.

Tabela 37 – Registo da perceção dos professores entrevistados sobre a importância atribuída à lecionação de *Atividades práticas* (f).

Domínio	Categoria	Subcategoria	N.º de registos
Atividades práticas	Importância da sua lecionação	A	5
		B	5
		C	1

A – Importa a sua lecionação; B – Relação com a aprendizagem; C – Interdisciplinaridade.

Particularmente, o conceito de paleomagnetismo é de difícil compreensão e *“Se não for complementada com atividades práticas torna-se mais difícil de perceber”* (E5). Por isso, as atividades práticas são fundamentais para a compreensão da verdadeira importância do seu estudo, pois *“Apenas com a teoria o aluno não consegue apreender a verdadeira importância do estudo do paleomagnetismo, nem perceber para que serve e como se processa”* (E2). Uma outra opinião salienta a importância do desenvolvimento de atividades práticas nas quais o aluno é um participante atuante, na medida em que *“(...) se as realizarmos numa perspetiva em que o aluno tem um papel ativo, podemos levá-lo a compreender vários aspetos do paleomagnetismo”*.

Uma última subcategoria a mencionar, a ‘Interdisciplinaridade’, na qual incluímos a opinião do Entrevistado 4 que, ao referir-se ao paleomagnetismo, o classifica como *“(...) uma temática complexa e [que] exige conceitos de física, que eles têm dificuldade em integrar e ir buscar informação à física”*, numa clara alusão à necessidade de existir uma articulação entre as disciplinas de Geologia e Física.

Ficha de trabalho

A avaliação da *Ficha de trabalho* reúne a maioria das opiniões de ‘Muito Adequada’ em todos os parâmetros avaliados (Tabela 38), sendo que a maioria dos inquiridos a classificam

com o nível avaliativo mais elevado em todos os itens (Q2, Q4, Q5, Q8, Q12, Q13, Q14 e Q15) respetivamente, Anexos XI, XIII, XIV, XVII, XXI, XXII, XXIII e XXIV). Os níveis ‘Pouco Adequada’ e ‘Nada Adequada’ não foram atribuídos por nenhum dos inquiridos.

Tabela 38 – Resultados referentes à avaliação da ficha de trabalho, obtidos através do questionário (f).

	Nada Adequada	Pouco Adequada	Adequada	Muito Adequada
A	-----	-----	5	10
B	-----	-----	5	10
C	-----	-----	5	10
D	-----	-----	3	12
E	-----	-----	4	11
F	-----	-----	4	11

A – Adequação ao programa curricular; B – Nível etário dos alunos; C – Linguagem científica utilizada; D – Aprofundamento dos conceitos; E - Exequibilidade de utilização em contexto sala de aula; F – Pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado.

No Q3 (Anexo XII) são sugeridas duas alterações aos objetivos propostos para a *Ficha de trabalho*. Em primeiro lugar, é sugerida a abolição do termo ‘leitura’ no primeiro objetivo considerando que quem interpreta já leu. Sugestão com a qual discordamos, pois um aluno que interpreta já leu, mas aquele que conseguiu ler pode não conseguir interpretar o que leu e, como tal, não responder a questões que impliquem esta segunda capacidade, como por exemplo a questão 3 da ficha de trabalho¹⁰⁴. Deste modo, julgamos adequado manter as duas interpelações. Em segundo lugar, a sugestão de acrescentar o objetivo ‘*Compreender estudos paleomagnéticos realizados na Serra do Buçaco segundo uma perspetiva CTSA*’ e com o qual discordamos, igualmente, porque as questões propostas na ficha de trabalho não têm enquadramento específico nesse objetivo.

A elaboração desta *Ficha de trabalho* teve como pressuposto a necessidade de incluir atividades de enriquecimento ausentes dos manuais escolares. Contudo, a sua concretização implica, necessariamente, a disponibilidade de carga letiva. Com a redução horária imposta no ano letivo 2012/2013 à disciplina de Geologia, aliada ao cumprimento de um programa

¹⁰⁴ Vide pág. 197.

extenso que não acompanhou a redução da carga letiva, como já referimos, compreendemos e partilhamos a preocupação registada no Q9 (Anexo XVIII) sobre a dificuldade em conseguir incluir este tipo de atividades na planificação das aulas.

Ficha de avaliação diagnóstica

Globalmente, todos os inquiridos consideram a *Ficha de avaliação diagnóstica* ‘Muito Adequada’ ou ‘Adequada’ em todos os parâmetros em avaliação, pelo que os níveis avaliativos ‘Pouco Adequada’ e ‘Nada Adequada’ apresentam uma frequência igual, respetivamente, a um e a zero (Tabela 39). Cinco dos inquiridos classificam-na como ‘Muito Adequada’ na totalidade dos itens considerados (Q4, Q5, Q7, Q12 e Q13, respetivamente, Anexos XIII, XIV, XVI, XXI e XXII).

Tabela 39 – Resultados referentes à avaliação da ficha de avaliação diagnóstica, obtidos através do questionário (f).

	Nada Adequada	Pouco Adequada	Adequada	Muito Adequada
A	-----	-----	6	9
B	-----	-----	5	10
C	-----	-----	8	7
D	-----	-----	8	7
E	-----	-----	5	10
F	-----	1	8	6

A – Adequação ao programa curricular; B – Nível etário dos alunos; C – Linguagem científica utilizada; D – Aprofundamento dos conceitos; E - Exequibilidade de utilização em contexto sala de aula; F – Pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado.

A avaliação ‘Muito Adequada’ é a mais considerada no que respeita à adequação ao programa curricular (f=9), ao nível etário dos alunos (f=10) e à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula (f=10). O nível ‘Adequado’ é mais considerado para a linguagem científica usada (f=8), aprofundamento dos conceitos (f=8) e pertinência da sua utilização como complemento ao manual escolar (f=8).

Naturalmente a *Ficha de avaliação diagnóstica* será, de entre os recursos pedagógicos avaliados e validados neste trabalho, o primeiro a aplicar aos alunos dada a natureza deste tipo de avaliação (Tabela 23)¹⁰⁵. A sua inclusão em quinto lugar no questionário avaliativo, a que se refere a observação dirigida no Q3 (Anexo XII), é justificada apenas pela ordenação dos diferentes materiais que, por opção organizacional, juntou todas as fichas de avaliação numa posição posterior aos outros recursos elaborados. Ainda, no mesmo questionário são sugeridas duas propostas de alteração estrutural. A primeira remete para a necessidade de incluir informação sobre a localização geográfica de Olduvai¹⁰⁶ e Solana¹⁰⁷. Esclarecimento que, embora possa ser fornecido aos alunos durante a análise e correção desta ficha, não consideramos pertinente e necessário para a compreensão e interpretação do texto. A segunda propõe a inversão de ordem das questões 2.3 e 2.4¹⁰⁸, alteração com a qual discordamos e para a qual apresentamos duas justificações: a primeira, porque a questão 2.3 está diretamente relacionada com o texto introdutório à questão 2, enquanto a questão 2.4 detém um caráter mais global, envolvendo o estabelecer de relações e a aplicação de matéria que não apenas o paleomagnetismo; a segunda, porque a questão 2.3 apresenta um grau de exigência menos elevado do que a seguinte e, como tal, deverá ser respondida em primeiro lugar. No Q15 (Anexo XXIV), este recurso pedagógico é considerado ‘Pouco Adequado’ no que respeita à sua pertinência como complemento ao manual escolar. Opinião justificada com a observação de que a avaliação diagnóstica não é desenvolvida para complementar a informação dos manuais. A realidade mostra que nenhum dos manuais disponíveis, para a disciplina e ano escolar em estudo, possuem qualquer proposta de avaliação diagnóstica, pelo que, de acordo com o objetivo inicial inerente à construção destes recursos pedagógicos, bem como à necessidade de incluir esta avaliação no processo de ensino e aprendizagem, consideramos fundamental a inclusão desta ficha na planificação sugerida.

¹⁰⁵ Vide pág. 149.

¹⁰⁶ A Garganta de Olduvai localiza-se na Tanzânia, África, e nesta foram encontrados vestígios de utensílios conhecidos por ‘tradição de Olduvai’ ou ‘Olduvaiense’, que correspondem às primeiras indústrias líticas dos homínídeos durante o período Paleolítico Inferior.

¹⁰⁷ La Solana del Zamborino, localiza-se entre as cidades espanholas de Granada e Alicante em Espanha, neste foram encontrados machados de mão datados do Pleistoceno superior.

¹⁰⁸ Vide pág. 204.

Ficha de avaliação formativa

Os níveis avaliativos ‘Muito Adequada’ e ‘Adequada’ foram os mais selecionados pelos inquiridos em todos os itens avaliados (Tabela 40). Em quatro dos questionários a avaliação situa-se, integralmente, no nível mais elevado, ‘Muito Adequado’ (Q2, Q4, Q5 e Q13, respetivamente, Anexos XI, XIII, XIV e XXII). Nenhum dos parâmetros em análise registou uma avaliação ‘Nada Adequada’.

Tabela 40 – Resultados referentes à avaliação da ficha de avaliação formativa, obtidos através do questionário (f).

	Nada Adequada	Pouco Adequada	Adequada	Muito Adequada
A	-----	-----	7	8
B	-----	2	4	9
C	-----	-----	6	9
D	-----	3	6	6
E	-----	1	4	10
F	-----	2	7	6

A – Adequação ao programa curricular; B – Nível etário dos alunos; C – Linguagem científica utilizada; D – Aprofundamento dos conceitos; E - Exequibilidade de utilização em contexto sala de aula; F – Pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado.

Os parâmetros que registam uma frequência mais elevada no nível avaliativo, ‘Muito Adequada’ são a adequação, ao programa curricular (f=8), ao nível etário dos alunos (f=9), à linguagem científica utilizada (f=9) e à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula (f=10). Enquanto a pertinência da sua utilização como complemento aos manuais escolares (f=7) foi considerada, maioritariamente, com uma avaliação ‘Adequada’.

No total dos questionários preenchidos não são propostas quaisquer sugestões de melhoria à *Ficha de avaliação formativa*, à exceção de duas propostas relativas à expressão escrita (Q3 e Q15, respetivamente, Anexo XII e XXIV).

Ficha de avaliação de conhecimentos

Metade dos inquiridos classificou este recurso pedagógico como ‘Muito Adequado’ em todos os itens avaliados (Q1, Q2, Q4, Q5, Q10 e Q13, respetivamente, Anexos X, XI, XIII, XIV, XIX e XXII). O nível mais elevado reúne o consenso da maioria dos questionados em todos os parâmetros (Tabela 41).

Nos Q6 e Q15 (Anexos XV e XXIV), aos itens relativos ao aprofundamento dos conceitos e à sua pertinência de utilização como complemento aos manuais disponíveis, foi-lhes atribuída a avaliação de ‘Pouco Adequada’. No primeiro caso, a ausência de qualquer informação nas observações não nos permite concluir sobre essa apreciação. No segundo caso é referido que a avaliação sumativa avalia “*dificuldades de aprendizagem*”, não sendo “*usada como estratégia para aprofundamento de conceitos*” (Q15 - Anexo XXIV). Consideramos ter existido algum erro de comunicação, na medida em que não se pretendia avaliar se este recurso contribuía para o aprofundar dos conceitos, mas sim se o seu conteúdo se apresentava adequadamente aprofundado. Por outro lado a ficha de avaliação de conhecimento não constitui por si só a avaliação sumativa¹⁰⁹.

Tabela 41 – Resultados referentes à avaliação da ficha de avaliação de conhecimentos, obtidos através do questionário (f).

	Nada Adequada	Pouco Adequada	Adequada	Muito Adequada
A	-----	-----	4	11
B	-----	-----	5	10
C	-----	-----	5	10
D	-----	2	4	9
E	-----	-----	5	10
F	-----	2	5	8

A – Adequação ao programa curricular; B – Nível etário dos alunos; C – Linguagem científica utilizada; D – Aprofundamento dos conceitos; E - Exequibilidade de utilização em contexto sala de aula; F – Pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado.

¹⁰⁹ Relembre-se o que dissemos na pág. 201, sobre as características e instrumentos da avaliação sumativa.

A par da avaliação individual de cada recurso pedagógico obtida a partir do questionário, e que já tivemos oportunidade de analisar nas páginas anteriores, também na entrevista foi solicitada uma avaliação de todos os recursos pedagógicos, dados que estão expostos na tabela 42.

Tabela 42 – Registo da perceção dos professores entrevistados, sobre a avaliação dos recursos pedagógicos elaborados (f).

Domínio	Categoria	Subcategoria	N.º de registos
Avaliação dos recursos pedagógicos elaborados	Pertinência na sua utilização como complemento ao manual escolar	A	5
		B	4
		C	1
		D	3
		E	2
		F	2
		G	3

A – Importa a sua utilização; B – Fundamentação; C – Complemento no âmbito da HC; D – Complemento no âmbito das Atividades práticas; E – Complemento no âmbito da avaliação; F – Entraves à sua aplicação; G – Sugestões de melhoria.

Neste âmbito, para o domínio, ‘*Avaliação dos recursos pedagógicos elaborados*’, foi definida uma única categoria, *Pertinência na sua utilização como complemento ao manual escolar*, por sua vez subdividida em sete subcategorias. Destas últimas, salienta-se a que se refere à relevância dos recursos, ‘Importa a sua utilização’, com a totalidade dos entrevistados (f=5) a concordar sobre a sua importância. A maioria dos participantes complementa a sua resposta com o facto de considerarem os recursos pedagógicos elaborados como sendo “*essenciais*” (E3, E4 e E5). Na subcategoria ‘Fundamentação’, registamos a justificação apresentada pelos professores sobre a pertinência do uso destes materiais em avaliação. As opiniões vão de encontro à necessidade de complementar o manual escolar com que trabalham/trabalharam, (E1, E3, E4 e E5). Destas, uma das apreciações também lhes associa uma diversidade e inovação “*Têm atividades muito diversificadas o que aumenta o interesse dos alunos e torna as aulas mais dinâmicas. Também são inovadores, nomeadamente a*

atividade experimental e a ficha de trabalho” (E5), características que consideramos serem essenciais e promotoras da qualidade no ensino e aprendizagem.

Analisando as subcategorias que, de um modo particular, se referem a um campo de ação específico, um dos entrevistados considera que há um ‘Complemento no âmbito da História da Ciência’ pois considera que “ (...) *abordam todas as frentes da História da Ciência (...)* ” (E2). São, igualmente, referidas menções no que respeita ao ‘Complemento no âmbito das atividades práticas’ (f=3), na medida em que os recursos analisados são promotores de um “ (...) *ensino prático para a aquisição do conceito prático do paleomagnetismo*” (E2). As duas outras opiniões referem-se especificamente à aula de campo que é considerada “ (...) *fundamental para despoletar o espírito de observação, sentido crítico e de argumentação fundamental para qualquer aluno das ciências*” (E1) e, de acordo com o entrevistado 4, a ficha de trabalho e o protocolo laboratorial são extremamente pertinentes. A primeira “ (...) *para ajudar os alunos a compreender qual o contributo do paleomagnetismo para a mobilidade dos continentes*”; o segundo, “ (...) *para a compreensão da temática do paleomagnetismo*”. Ainda, um ‘Complemento no âmbito da avaliação’, na medida em que as fichas de avaliação “ (...) *são pertinentes e adequadas aos conteúdos e aos alunos e avaliam as aprendizagens (...)* ”, incluindo “ (...) *uma abordagem transversal a todos os sub-conteúdos do paleomagnetismo*” (E4) e ainda porque possuem uma “ (...) *estrutura de exame*” (E5).

Foram ainda observadas outras duas subcategorias: ‘Entraves à sua aplicação’ (f=2) e ‘Sugestões de melhoria’ (f=3). Contudo, as indicações/propostas incluídas nestas duas subcategorias já foram consideradas aquando da análise e discussão dos dados obtidos nos questionários referentes ao respetivo recurso pedagógico, uma vez que os elementos entrevistados fizeram as mesmas referências nas observações deixadas nos questionários por si preenchidos.

Avaliação da perceção dos professores sobre o aprofundamento e importância atribuída à lecionação do Paleomagnetismo

A informação obtida através da análise dos dados recolhidos nas entrevistas permite-nos afirmar que a totalidade dos entrevistados considera que, na medida em que os estudos paleomagnéticos foram muitos importantes para o desenvolvimento dos modelos subjacentes

à proposta e desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas, então o paleomagnetismo deveria ser mais aprofundado nos currículos do ensino secundário (f=5) e em particular em Geologia do 12.º ano (f=5) (Tabela 43).

Tabela 43 – Resultados referentes à análise das entrevistas, em relação à necessidade dos estudos paleomagnéticos serem mais aprofundados do currículo (f).

Questão	Sim	Não
Q1.1. (...) acha que o paleomagnetismo deveria ser mais aprofundado nos currículos do ensino secundário?	5	-----
Q1.2. (...) acha que o paleomagnetismo deveria ser mais aprofundado nos currículos de Geologia do 12.º ano?	5	-----

De maneira a conhecermos melhor a opinião dos nossos entrevistados sobre esta matéria, debruçemo-nos sobre os dados relativos ao domínio ‘Curricular’ que integra seis categorias (Tabela 44). Dos registos enquadrados neste domínio, verificamos que as categorias *Dificuldades evidenciadas nos alunos* (f=16) e *Articulação com as orientações curriculares* (f=8) são as mais representadas. Opostamente, encontramos a categoria *Adequação ao programa curricular* representada apenas por um registo. Nesta, a opinião de um entrevistado refere-se à desarticulação entre as orientações curriculares e o programa curricular da disciplina, afirmando que “*As orientações curriculares não se coadunam com os princípios subjacentes ao programa da disciplina. (...)*” (E1).

Tabela 44 – Registo da perceção dos professores entrevistados, sobre o aprofundamento e importância atribuída à lecionação do Paleomagnetismo no âmbito do domínio Curricular (f).

Domínio	Categoria	Subcategoria	N.º de registos
Curricular	Importância da sua lecionação		3
	Articulação com as orientações curriculares	A	7
		B	1
	Adequação ao programa curricular		1
		C	6
		D	1
	Dificuldades evidenciadas pelos alunos	E	4
		F	3
		G	2
		H	3
	Dificuldades na lecionação do paleomagnetismo	I	2
		J	4
		L	2
		M	1
		Manual escolar	N
	O	1	
	P	3	

A – Aprofundamento dos conceitos; B – Adequação aos exames nacionais; C – Âmbito da compreensão; D – Estabelecimento de relações; E – Definição de conceitos; F – Ceticismo sobre a matéria; G – Fatores exógenos; H – Sim; I – Não; J – Conceitos; L – Manual 12A; M – Manual 12B; N – Manual 12C; O – Lacunas identificadas no que respeita à HC; P – Lacunas identificadas no que respeita às atividades práticas.

Uma análise mais detalhada aos dados relativos à categoria, *Dificuldades evidenciadas nos alunos*, as subcategorias ‘Âmbito da compreensão’ (f=6) e ‘Definição de conceitos’ (f=4) são as que reúnem um maior número de registos. Relativamente à primeira, as opiniões centram-se não só na dificuldade associada a este conceito de um modo específico, uma vez

que “É um conceito complicado para os alunos adquirirem” (E2) e “Esta matéria já é difícil para os alunos” (E5), mas, também, consideram o efeito global a que esta dificuldade conduz posteriormente, em relação a toda a matéria associada ao paleomagnetismo “ (...) estão intimamente ligadas à compreensão do conceito em si e logo não podem compreender a transversalidade da temática” (E1). A compreensão do abstrato em “ (...) perceber como pode existir o campo magnético e porquê que existe” (E5) e de “ (...) como podemos ter a certeza de como é que o campo magnético antigo era assim” (E5), também surgem como obstáculos à compreensão deste conteúdo. Com uma frequência de apenas um registo, surge a subcategoria ‘Estabelecimento de relações’, sobre a qual um entrevistado afirma que os alunos apresentam dificuldades em “Tudo o que implique relações (...)” (E1). A ausência de compreensão impede o aluno de estabelecer relações, por isso consideramos estas duas subcategorias diretamente relacionadas. Na subcategoria ‘Definição de conceitos’ salienta-se a referência ao facto dos alunos considerarem que “Geomagnetismo e paleomagnetismo é tudo a mesma coisa” (E1), na dificuldade em “ (...) perceber concretamente o paleomagnetismo fóssil (...) ” (E3) e o porquê e como ocorrem as inversões (E2 e E5). Algumas destas dificuldades evidenciadas pelos alunos podem ser justificadas por fatores que incluímos na subcategoria ‘Ceticismo sobre a matéria’, na medida em que, como refere o entrevistado 2, “Os alunos são muito cétricos”. Ainda, na sua opinião a ausência de respostas por parte da ciência “(...) leva-os a duvidar se não passarão de teorias” (E2) e, de acordo com outro entrevistado, uma questão real acerca da qual são cétricos é sobre “(...) o que permite concluírem-se estudos sobre o afastamento dos oceanos” (E3). Também aqueles que consideramos como ‘Fatores exógenos’ podem possuir alguma responsabilidade nas dificuldades evidenciadas pelos alunos. Nestes, incluímos as dúvidas dos professores, como se refere o entrevistado 4 “As dúvidas principais dos alunos têm que ver com as dificuldades do professor”. E, ainda, com a conceção dos manuais escolares, “ (...) esquemas menos corretos nos manuais, nomeadamente, as cores das faixas dos fundos oceânicos” (E4), numa alusão direta ao uso indevido de cores para identificar as faixas simétricas ao eixo da dorsal e que possuem alternância de polaridade¹¹⁰.

Contudo, não são apenas os alunos a evidenciar dificuldades nesta matéria. Também os professores acusam algumas dificuldades, para as quais definimos a categoria *Dificuldades na leção do paleomagnetismo*. Na subcategoria ‘Validação’ registamos a opinião sobre a

¹¹⁰ Vide figura 68, pág. 140.

existência, ou não, desta dificuldade, ao que a maioria (f=3) confirmou já a ter sentido (E1, E2 e E4). A subcategoria ‘Conceitos’ (f=4) mostra que as dificuldades são comuns, mas diversas. O entrevistado 1 afirma ter sentido dificuldades “*Nas paleolatitudes. Relacionar a deriva dos continentes com o paleomagnetismo*” (E1). Por sua vez, um outro refere-se à complexidade em explicar os conceitos de “ (...) *polaridade normal e polaridade inversa em relação à posição do norte magnético e norte geográfico*” (E4), ou ainda como é complexo “ (...) *explicar como os minerais das rochas magnéticas orientam a sua posição em relação ao campo vigente e em relação à latitude em que se encontram*” (E4). Um último registo refere a dificuldade em contrapor a desconfiança dos alunos “*Questionam-me muitas vezes como o ser humano “sabe isto”, apesar de serem confrontados com muitos estudos*” (E2).

No que se refere à categoria *Articulação com as orientações curriculares*, a subcategoria ‘Aprofundamento dos conceitos’ é aquela que possui uma maior frequência de registos (f=7). Assim, de acordo com os professores participantes neste estudo, “*A informação teórica não é muito desenvolvida (...)*” (E5), embora uma outra opinião divergente considerar que “*De uma forma prática deveria ser mais aprofundado. Na teoria está bem desenvolvido*” (E2). É igualmente referido que o conceito do paleomagnetismo deveria ser “*Mais aprofundado e clarificado*” (E1), uma vez que “... *é abordado de uma forma demasiado simplificada para que os alunos consigam verdadeiramente compreender a importância destes estudos*” (E2) e, particularmente, no 10.º ano “ (...) *aborda-se numa perspetiva muito superficial*” (E4), para o qual contribuem os manuais, nos quais “*a informação é residual e muito pouco concreta*” (E5). Uma última opinião faz referência à necessidade de um maior incremento na informação “ (...) *a nível de pesquisa experimental, no que respeita a estudos concretos referenciados a problemas que permitiram a progressão na formulação do modelo*” (E3), identificando lacunas no âmbito da História da Ciência. Ainda, nesta categoria, salientamos um registo na subcategoria ‘Adequação aos exames nacionais’ que regista uma opinião respeitante à discrepância verificada entre as orientações curriculares e o grau de exigência requerido nos exames “ (...) *constata-se que os exames vão a um nível de exigência muito superior*” (E4). Uma opinião com a qual concordamos e que evidencia uma falta de articulação entre as orientações curriculares vigentes e a elaboração dos exames nacionais.

Na categoria *Importância da sua lecionação* (f=3) é referida a necessidade da lecionação do paleomagnetismo na disciplina de BG do 10.º ano, apesar de não integrar as orientações curriculares, na medida em que “ (...) *o professor leciona o geomagnetismo,*

sendo obrigatória a explicitação do paleomagnetismo” (E1). Argumento que merece o nosso acordo e sobre o qual já nos debruçamos aquando da análise e discussão dos dados referentes à análise qualitativa dos manuais escolares do 10.º ano de BG¹¹¹. As duas outras referências remetem para a relação direta desta matéria com a Tectónica de Placas, quer para a sua compreensão “ (...) *se for bem compreendida pelos alunos os ajuda muito a compreender a Tectónica de Placas*” (E4), quer porque pode potenciar “ (...) *uma visão mais integradora da Tectónica de Placas e dos fenómenos geológicos, climáticos e até biológicos relacionados com a própria história da Terra*” (E4).

Por fim, uma última categoria, *Manual escolar*, que nos remete para a informação relativa ao último ‘Manual adotado’ com que trabalharam os entrevistados, quando lecionaram Geologia do 12.º ano. No conjunto dos professores que responderam à entrevista, dois utilizaram o manual 12A¹¹² (E3 e E5); outros dois, o manual 12C (E1 e E5) e um o manual 12B (E2). Nesta categoria, registamos as falhas detetadas pelos entrevistados que integramos em duas subcategorias, em maior número as ‘Lacunas identificadas no que respeita às atividades práticas’ (f=3) e, com apenas um registo, as ‘Lacunas identificadas no que respeita à História da Ciência’ (f=1). Relativamente às primeiras, são identificadas ausências de atividades práticas relacionadas com o paleomagnetismo, pois surgem “ (...) *em pequeno número*” (E5), ao que o mesmo acrescenta que “ (...) *os manuais deveriam ter mais exercícios de aplicação sobre esta matéria*” (E5). Em jeito de sugestão, o entrevistado 3 refere que os manuais deveriam incluir “ (...) *pequenas experiências de serem exequíveis no nosso laboratório acompanhadas de vídeos ou outras ilustrações*” (E3). Relativamente à segunda subcategoria, apenas o entrevistado 3 faz uma consideração ao manual adotado, o 12A, afirmando que “*Não me parece muito atrativo*”, quando se refere aos conteúdos sobre a História da Ciência.

¹¹¹ Vide Capítulo 2, pp. 102-145.

¹¹² A identificação 12A, 12B e 12C corresponde à definida na metodologia deste trabalho (Vide Capítulo 1, pp. 96-97).

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES

O estudo empírico desenvolvido neste trabalho de investigação efetuou-se em duas fases, cada uma delas com objetivos específicos, ainda que a segunda estivesse subjacente aos resultados obtidos na primeira. Assim, julgamos pertinente individualizar as conclusões obtidas nestas duas etapas, de maneira a facilitar a leitura e a sistematizar a compreensão do leitor.

- Análise qualitativa dos manuais escolares do 10.º ano de Biologia e Geologia (BG) e do 12.º ano de Geologia (Geol.)

O universo de análise incluiu, para o 10.º ano, cinco manuais e, para o 12.º ano, apenas três. Estes números podem justificar-se pelo facto de o volume de vendas das editoras ser mais significativo no ano correspondente ao início do secundário, no qual se regista uma maior frequência de alunos em BG de 10.º ano¹¹³, comparativamente à disciplina de Geologia no 12.º ano¹¹⁴, nível em que a frequência de alunos na disciplina é menor. O desenvolvimento desta análise assentou em seis categorias, previamente definidas, no âmbito da História da Ciência (HC), atividades práticas (AP) e aspetos relacionados com representações pictóricas. Embora a grelha, por nós usada, não tenha sido idêntica às validadas pelas autoras, é verdade que, de acordo com Leite (2002a), quando uma grelha nos permitir identificar diferenças entre os manuais analisados, e esta permitiu, então podemos considerá-la validada.

¹¹³ Disciplina bienal específica e obrigatória para todos os alunos do curso de científico-humanísticos de Ciências e Tecnologias.

¹¹⁴ Disciplina anual específica, mas opcional, para os alunos do curso de científico-humanísticos de Ciências e Tecnologias.

No que respeita à presença de episódios da HC, metodologia amplamente enfatizada pelos programas destas duas disciplinas¹¹⁵ e fundamental para desenvolver o conhecimento numa vertente CTSA¹¹⁶, a análise qualitativa para os conteúdos selecionados, permite-nos concluir que, nos manuais do 12.º ano de Geologia, há uma maior quantidade de referências comparativamente às existentes nos manuais do 10.º ano BG. À partida, surgem-nos duas possíveis justificações para esta evidência: a primeira, o desmerecimento da importância da sua inclusão, na pessoa dos seus autores. Contudo, este argumento parece perder a razão uma vez que a mesma equipa de autores trabalha de forma diferenciada esta questão em manuais dos dois diferentes anos (por exemplo, M10C e M12A ou M10D e M12C). Este procedimento leva-nos à segunda justificação - o facto de no 10.º ano, o conteúdo que foi objeto da nossa pesquisa não consentir um grande desenvolvimento da componente histórica da ciência, contrariamente ao que acontece no 12.º ano, no qual a própria natureza do assunto promove as menções de teor informativo-histórico.

Nos manuais de BG, a ausência da HC é mais flagrante no que diz respeito aos seus protagonistas, uma vez que deparamos com uma inexistência quase total da identificação de personagens relevantes. Quanto ao desenvolvimento do percurso histórico do tema, regista-se a presença da descrição de atividades de observação/experimentação que ilustram esse percurso, em quase todos os manuais. Uma presença que, embora com uma baixa frequência, corrobora a importância que a componente experimental tem na trajetória da ciência.

Analisando a forma como a HC é apresentada no subcapítulo selecionado, verificamos que quase não são usadas fontes primárias. À exceção da representação pictórica dum instrumento e de dois relatos de observações/experiências históricas, as referências encontram-se integradas no texto, da responsabilidade dos respetivos autores. Assim, e no que respeita aos aspetos relativos à HC, somos da opinião que a falta de conteúdo e o não recurso às fontes primárias nos manuais de BG do 10.º ano, os fragiliza do ponto de vista científico-didático. Em particular, a inclusão de informação histórica neste conteúdo programático, poderia tornar mais apelativa a explanação dos conceitos e, conseqüentemente, facilitar a sua compreensão por parte dos alunos.

Os dados obtidos na análise dos manuais de Geologia de 12.º relativos à HC, possibilitaram identificar certo tipo de conclusões. O manual de edição mais antiga (M12A) é

¹¹⁵ Silva *et al.* (2001) e Amador e Silva (2004).

¹¹⁶ Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

aquele que possui uma maior frequência de exemplos históricos. Ora, isso permite-nos afirmar que tem havido uma tendência para a diminuição da importância dada à informação histórica na elaboração dos manuais escolares de Geologia do 12.º ano, no que respeita ao tema que foi objeto do nosso estudo. Embora todos evidenciem alguma preocupação com a inclusão da HC, a sua diminuta ocorrência contraria as orientações curriculares. Em suma, essa qualidade demonstrada pelo manual mais antigo foi-se perdendo nos manuais mais recentes, sendo aquele mais fiel às orientações curriculares do que estes. O que levanta a seguinte questão: quais os fatores que terão levado os autores dos manuais mais recentes, a negligenciar esta componente? Serão razões que se prendem com o desconhecimento das orientações curriculares? Será desconhecimento da importância da HC no ensino das Geociências? O trabalho desenvolvido não nos permite tirar uma conclusão fechada. Contudo, consideramos que esta questão seria um bom motivo para investigações futuras.

Uma outra conclusão é que a globalidade destes recursos pedagógicos dá uma ênfase aos progressos científicos, contudo, à exceção de um, todos fazem poucas descrições das atividades de observação/experimentação ao longo do tempo. Ora, sabe-se que o progresso da ciência depende destes procedimentos, pelo que não se percebe essa ausência.

Quando nos debruçamos sobre os dados relacionados com os «responsáveis pela evolução do conhecimento científico», o trabalho desenvolvido de forma individual apresenta uma frequência com particular relevância, em detrimento do trabalho que foi desenvolvido por grupos de cientistas. À luz do que acontece na atualidade, estes dados surgem-nos como um resultado pouco natural. No presente, o trabalho colaborativo entre investigadores e mesmo instituições é uma realidade indispensável de considerar e pode mesmo afirmar-se que corresponde à maioria da produção científica. Ao trabalho em parceria, acresce a facilidade e eficácia com que a informação é divulgada e partilhada, dando a conhecer a toda a comunidade científica, e à sociedade em geral, os progressos que se vão realizando. Práticas que, na nossa opinião, fortalecem e aceleram o desenvolvimento da ciência. Nesta matéria, importa referir a dificuldade evidenciada pelos autores dos manuais para clarificar, por exemplo, a autoria da Teoria da Tectónica de Placas (TP). É verdade que esta não tem um nome a quem deva ser atribuída a sua conceção resultando de um esforço colaborativo e diluído no tempo. Contudo, nem todos os manuais expressam no seu texto esta realidade, esquecendo mesmo diversos nomes importantes envolvidos nesta teorização. Há mesmo um

que atribui a sua origem, erradamente, a dois únicos investigadores, evidenciando, deste modo, alguma falta de rigor científico.

Ainda sobre a HC nos compêndios escolares de Geologia do 12.º ano e para o conteúdo em apreço, refira-se uma última conclusão. No que respeita à informação disponibilizada sobre os seus protagonistas, a caracterização pessoal com alusão à profissão, à nacionalidade e aos trabalhos desenvolvidos, são os atributos mais referenciados. Concordando com a pertinência destes esclarecimentos, julgamos que a presença de informação sobre os dados biográficos será igualmente importante, na medida em que, ao balizar o período de vida desse investigador, transporta o leitor (aluno/professor) situando-o num contexto histórico e social relativamente à ciência.

No que respeita à forma como a informação histórica é apresentada, as fontes primárias são pouco recorrentes. Nos manuais de Geologia 12.º, registamos a presença, essencialmente, de pictogramas de pessoas. Atendendo à valorização que o programa desta disciplina atribui à lecionação de conteúdos da HC, seria expectável que, nos respetivos manuais, se testemunhasse a presença de um maior número de fontes primárias. Já nos referimos à possível dificuldade em encontrá-las no capítulo em que tratamos essa questão. Contudo, não podemos deixar de expressar a nossa opinião pelas vantagens da inclusão destas fontes. Julgamos que elas enriqueceriam os manuais, transmitindo ao aluno uma realidade do percurso científico, dos acontecimentos/processos ocorridos que conduziram à evolução da ciência, tal como a conhecemos na atualidade. Esta matéria merece-nos uma outra reflexão. Todas as fontes primárias identificadas na nossa análise pecam pela ausência de fonte bibliográfica. Uma particularidade que, a bem do rigor científico e dos direitos de autor, deverá ser corrigida em futuras edições.

Em síntese, a HC, enquanto componente transversal aos diversos programas curriculares das geociências dos vários anos de escolaridade, é uma peça de grande importância para a sua literacia científica e cultura geral sobre a sociedade, pelo que deveria ser de inclusão obrigatória nos manuais escolares. Neste contexto, a realidade mostra que o Ministério da Educação e Ciência, no seu papel organizador e orientador, tem falhado no controlo efetivo das orientações que emana para a elaboração dos manuais escolares e para a sua consequente aplicação prática nas nossas escolas.

Numa consideração final sobre a importância da inclusão da HC nos compêndios de geociências, concordamos que toda *“a Ciência deve ser apresentada como um conhecimento em construção”* e, ainda, que ao modo de produção de saberes dever-se-á dar particular importância, *“reforçando a ideia de um conhecimento científico em mudança e explorando, ao nível das aulas, a natureza da ciência e da investigação científica”* (Amador e Silva, 2004: 4).

Outro objetivo que nos propusemos a atingir, foi o de estabelecer uma relação entre o programa da disciplina e o respetivo manual, no que respeita ao paleomagnetismo.

A análise dos programas disciplinares, para as unidades selecionadas, permitiu concluir que o paleomagnetismo não integra os conteúdos para o 10.º ano de BG. Cientes deste facto, assumimos como natural as poucas menções à matéria nos respetivos manuais escolares, ao mesmo tempo que nos permite concluir que os seus autores cumpriram as respetivas orientações curriculares. Contudo, julgamos que os manuais deveriam incluir mais informação adicional que pudesse: por um lado, complementar o programa; por outro, enriquecer os conhecimentos dos discentes. No caso particular da lecionação do geomagnetismo, um dos métodos para o conhecimento do interior do globo terrestre, a experiência de lecionação permite-nos afirmar que para uma correta compreensão e aplicabilidade deste conceito, não se pode dissociar o presente (geomagnetismo) do passado (paleomagnetismo), razão pela qual consideramos importante, nesta unidade curricular, a referência a conceitos no âmbito do paleomagnetismo e, como tal, a definição: a) de campo paleomagnético; b) das inversões de polaridade; e c) de minerais magnéticos. Conjunto de noções que, não fazendo parte do programa, são necessários aquando da abordagem que o professor faz a este conteúdo. Da análise dos manuais do 10.º ano, registámos um outro episódio de falta de rigor científico. Num deles, observámos que as noções de “inversão de polaridade” e de “anomalia magnética” não são suficientemente claras, ao ponto de se entender, inclusivamente, que são a mesma coisa.

Na Geologia do 12.º ano, esta questão é tratada de forma diferente: o paleomagnetismo é já matéria integrante do programa curricular. Como a sua definição ou o conceito de inversão de polaridade são de lecionação obrigatória, todos os manuais lhes fazem referência, cumprindo as respetivas orientações curriculares. Mas, também nestes compêndios, notámos a ausência de conteúdos adicionais, como por exemplo, os conceitos de paleolatitudes,

magnetização ou, ainda, de inclinação e declinação magnética. Ainda assim, estes dois últimos presentes num dos manuais, integração que nós consideramos importante.

Tendo por base fatores como: a) a pertinência desta matéria no desenvolvimento das Geociências, durante a segunda metade do século XX; b) o nível de ensino em causa (o 12.º ano de escolaridade pressupõe ser uma transição para o ensino superior); c) a especificidade da disciplina de Geologia ser opcional; seria desejável que os autores de manuais escolares aprofundassem mais este assunto e facultassem mais informação complementar sobre esta temática. Na medida em que o limite de páginas de um manual é uma preocupação dos seus autores, sugere-se a apresentação de informação complementar em formato digital ou em forma de complementos on-line. Deste modo, os alunos poderiam expandir e enriquecer os seus conhecimentos tendo em conta a sua capacidade e vontade intelectual. Julgamos que a atitude dos autores se possa dever ao facto deste tema de estudo ser considerado um conteúdo complexo e/ou pouco apelativo para a maioria dos discentes e mesmo docentes e, como tal, limitam-se a apresentar os conceitos considerados ‘obrigatórios’.

As atividades práticas (AP), pela relevância e valorização curricular que têm para o ensino das Geociências, também mereceram a nossa atenção neste estudo. Considerando-as sinónimo de trabalho prático, analisaram-se todas as atividades sobre o paleomagnetismo que envolvessem o aluno em qualquer uma das vertentes: psicomotora, cognitiva e afetiva (Leite, 2001). Os dados registados na amostragem considerada, permitem-nos tirar três conclusões principais:

1) os manuais de 10.º de BG apresentam um número significativamente inferior de atividades relativamente aos de 12.º de Geologia. Este facto está de acordo com o expectável, uma vez que o paleomagnetismo não integra as orientações curriculares da disciplina para o 10.º ano. No entanto, registe-se que há um manual deste nível de ensino que parece contrariar esta tendência ao apresentar um número de atividades semelhante aos dos manuais de Geologia do 12.º ano.

2) de acordo com os parâmetros por nós definidos, as atividades que envolvem exercícios sobre o paleomagnetismo surgem, essencialmente e na quase totalidade dos manuais, no final do capítulo referente à matéria ou, ainda, nos cadernos de atividades que acompanham os manuais escolares, pelo que as designamos de *livres/facultativas*. Se para os alunos do 12.º ano, esta poderá ser uma estratégia que permita desenvolver a sua autonomia e interesse, o que acolhe a nossa concordância, já para os de BG julgamos que esta escolha se

poderá dever, uma vez mais, ao facto de este conteúdo ser considerado unicamente de enriquecimento e, como tal, ser colocado num plano secundário. Neste caso, acresce a juvenildade dos alunos e a menor autonomia, pelo que é de prever que os alunos apenas realizem os exercícios sob a indicação/orientação do professor e raras vezes, ou mesmo nunca, o façam por iniciativa própria. Neste item detivemos a nossa análise sobre um outro aspeto que importa salientar. Os exercícios a que nos referimos neste ponto não são acompanhados por uma explicação teórica da matéria, uma vez que não estão integrados no corpo dos capítulos. Esta particularidade vem corroborar o que afirmámos sobre a necessidade dos alunos possuírem uma maior autonomia e empenho para se embrenharem na sua resolução.

3 - apontamos o predomínio das atividades de lápis e papel na globalidade dos manuais analisados. Verifica-se uma prevalência das atividades que correspondem à *análise de dados* baseados em gráficos e desenhos, tanto nos manuais de BG, como nos de Geologia. Na análise e discussão dos dados¹¹⁷ já refletimos sobre a ausência de atividades que consideramos essenciais no ensino das Geociências. Referimo-nos, em concreto, às atividades de campo, que têm uma frequência de zero em todos os manuais escolares estudados. E também às atividades laboratoriais, cuja frequência nos manuais de 10.º de BG é zero, e nos de 12.º de Geologia é de apenas dois. Ambos os programas destas disciplinas são muito claros, no que diz respeito à relevância deste tipo de atividades. Nomeadamente o de Geologia para o 12.º ano, nas sugestões metodológicas gerais, indica que se devem “*Potenciar atividades de indagação e pequenas investigações, incluindo preferencialmente a utilização de atividades laboratoriais e de campo.*” (Amador e Silva, 2004: 9). Comparativamente a outras Ciências Naturais, o ensino das Geociências é mais difícil de aprender a partir de livros, pelo que as atividades de campo são fundamentais para o futuro das ciências da Terra (Van Loon, 2008). Conscientes de algumas dificuldades e limitações na promoção de aulas de campo (e.g. Orion, 2001), a realidade mostra que os agentes diretos no ensino e aprendizagem das geociências, como professores e alunos, reconhecem vantagens associadas a esta metodologia (e.g. Scortegagna, 2005; Rios e Ruedas, 2009; Marques e Praia, 2009; Correia e Gomes, 2011). Considerando a complexidade em simular situações laboratoriais sobre o paleomagnetismo em contexto sala de aula, não podemos esquecer que as AP, quer sejam de carácter laboratorial, experimental ou de campo (Hodson, 1988), são fundamentais no ensino das

¹¹⁷ Vide Capítulo 2, pp. 102-145.

Geociências e essenciais para a correta compreensão dos processos geológicos, promovendo, ainda, a motivação para a aprendizagem e o trabalho colaborativo entre pares.

Uma última vertente desenvolvida neste estudo qualitativo teve que ver com as representações pictóricas presentes nos compêndios escolares analisados. No enquadramento teórico desta dissertação demos nota da importância da sua utilização, nomeadamente no âmbito do ensino e aprendizagem das Geociências, mas também da sua correta incorporação¹¹⁸.

Deste modo, uma primeira conclusão a retirar dos dados obtidos é a quantidade significativa de pictogramas que compõe os manuais de BG de 10.º ano e de Geologia de 12.º . Para além da elevada frequência, registamos igualmente, uma elevada variedade, desde gráficos, desenhos, mapas, fotografias e esquemas. Uma elevada variedade, porque nos referimos à sua existência no universo de amostragem, contudo, dentro dos próprios manuais, há uma tendência para repetir duas ou três tipologias em detrimento das restantes, revelando uma certa despreocupação e certa falta de critério no seu uso. Assim, nos manuais de BG verifica-se um predomínio de desenhos e gráficos, o que achamos adequado, na medida em que: os primeiros, são um dos tipos de imagens que têm mais semelhança com a realidade (Parreiral, 2011) e, ainda, porque de acordo com Costa *et al.* (2006; 2007) e Pereira *et al.* (2008), correspondem a uma linguagem eficiente para a compreensão de conceitos científicos; os segundos, porque se apresentam como uma metodologia eficaz na análise da informação de cariz quantitativo e no estabelecimento de relações entre as variáveis (Parreiral, 2011), competências muito significativas no ensino das Geociências. Enquanto nos manuais de Geologia 12.º, as tipologias dominantes são os desenhos e fotografias, cuja prevalência também nos parece adequada, uma vez que, de acordo com Parreiral (2011), estas são as representações pictóricas que possuem uma maior relação analógica com os conteúdos ou com a realidade que pretendem reproduzir e, como tal, reduzem a abstração inerente ao conteúdo científico lecionado. Globalmente, destacamos a fraca prevalência de esquemas, facto que merece o nosso desacordo, pois consideramos que deveriam integrar todos os manuais escolares, na medida em que podem ser olhados como um recurso metodológico, hierarquicamente sistematizador dos pontos mais importantes de um assunto, proporcionando ao utilizador uma leitura mais simples e objetiva e, como tal, serem promotores da sua compreensão.

¹¹⁸ Vide Capítulo 5, pp. 88-90.

A falta de preocupação em diversificar a seleção de imagens reflete-se ainda no facto de encontrarmos a mesma imagem em manuais de diferentes anos, mas da mesma casa editorial; e imagens iguais em manuais diferentes, mas do mesmo ano e disciplina. Na nossa opinião, ambas as situações poderão ser reflexo de um desconhecimento sobre a importância que as representações pictóricas revelam para o ensino e aprendizagem ou, então, significar a ausência de bancos de imagens que permitam uma escolha mais variada. Sugere-nos afirmar que os autores poderão escolher em função do que pretendem que represente e não em função do que o leitor interpreta ou, então, encontram-se limitados aos bancos de imagens disponíveis nas suas editoras.

Concordando com Mayer (2011) quando afirma que “*People learn better from words and pictures than from words alone*” (2011: 427), concluímos que as representações pictóricas se revelam importantes como complemento do texto para explicitação dos conteúdos teóricos. Todavia, registamos que são igualmente essenciais como parte integrante das atividades práticas. Inclusive, a maioria destas atividades partem da análise e interpretação de imagens. Neste contexto, há ainda uma particularidade a salientar: em diversas situações uma imagem corresponde à associação de duas ou mais tipologias, por exemplo, entre fotografias e desenhos, ou desenhos, mapas e gráficos, entre outras.

No que respeita à correta integração das representações pictóricas no contexto do manual, avaliamos a relação de comunicação entre o pictograma e a linguagem verbal. Concordamos com Martins (1997) quando afirma que as imagens possuem um papel significativo na explicitação de conceitos científicos. Porém, há que ter em atenção a localização da imagem, bem como uma adequada referenciação no corpo do texto que lhe faz alusão. Nos manuais de 10.º de BG os resultados obtidos permitem-nos concluir que, para o conteúdo avaliado e na maioria dos manuais estudados, não se verifica uma preocupação em relacionar adequadamente a imagem e o texto. Nestes exemplares, o pictograma surge, comumente, a ilustrar um texto sobre a matéria, mas sem qualquer descrição do seu conteúdo ou indicação da sua presença. Uma despreocupação que não se associa à antiguidade dos manuais, uma vez que o manual de publicação mais recente assume a metodologia à qual fazemos reparo. A contrariar estes dados, registamos dois manuais desta disciplina e ano escolar que descrevem o conteúdo da imagem e, para além disso, apresentam uma indicação que remete o leitor para a sua observação aquando da leitura da informação escrita. Da análise dos dados referentes aos compêndios de Geologia do 12.º ano, conclui-se que este parâmetro

é ainda mais negligenciado. Todos os exemplares avaliados integram uma grande quantidade de imagens. Contudo, apenas um deles, o de edição mais recente, evidencia uma preocupação em fazer acompanhar a representação pictórica de uma correta referenciação no texto e respetiva descrição do seu conteúdo.

A despreocupação com a adequação da imagem, neste caso do seu conteúdo, é evidente num outro aspeto que se prende com a sua qualidade científica. Embora não tenha sido objetivo da nossa análise, a opção pela paleta de cores escolhida para representar a polaridade registada nas rochas merece-nos um reparo. Por convenção, o campo magnético com polaridade normal deverá ser representado a cor preta e o de polaridade inversa a cor branca; ora, as imagens avaliadas não respeitam esta indicação e, por vezes, a opção passa até pelo recurso a cores vivas e descontextualizadas¹¹⁹.

A importância de legenda e de escala espacial, como complemento de uma imagem, justificou que se procedesse a avaliação da sua presença/ausência. No que respeita à legenda, verificamos que, no somatório dos manuais amostrados, quer os de BG do 10.º ano quer os de Geologia do 12.º ano, nenhum legenda a totalidade dos seus pictogramas. Especificamente nos de 10.º ano, verificamos, ainda, que os compêndios nos quais há uma maior preocupação em integrar a imagem no texto, apresentam uma menor frequência de imagens por legendar, facto que poderá indiciar uma preocupação destes autores com a correta utilização das representações pictóricas e o aproveitamento do potencial das imagens no ensino das Geociências. Porém, importa salientar que a maioria das legendas não apresenta um conteúdo explicativo, mas apenas uma simples descrição do seu teor. Relativamente aos manuais de Geologia do 12.º ano, também nestes se regista um predomínio das legendas simples em detrimento das que descrevem pormenorizadamente o conteúdo visual.

Para o parâmetro escala espacial, apenas consideramos a tipologia de fotografia que, embora seja pouco usada em toda a amostra, surge ausente de escala em ambos os anos letivos e para as respetivas disciplinas. Sem dúvida que estes resultados são um alerta para a falta de cuidado no uso da imagem nos manuais de ensino do 10.º ano de BG e nos de 12.º ano de Geologia. Uma falta de cuidado que poderá influenciar o uso da imagem na aprendizagem significativa dos conteúdos geológicos ou poderá induzir conceções alternativas nos alunos.

¹¹⁹ Vide figura 68 da pág. 140.

Em jeito de nota final, diga-se que a análise qualitativa sobre a qual apresentamos estas conclusões pretende ser uma chamada de atenção para alguns dos aspetos que poderão ser melhorados na elaboração dos manuais escolares de Geociências. E, neste aspeto, a tutela tem a responsabilidade e um papel importante na avaliação e certificação dos manuais escolares. Embora, nos últimos anos, tenha surgido legislação no sentido de se efetuar uma avaliação e certificação, os manuais do ensino secundário ainda não foram submetidos à referida avaliação. É uma questão que continua por resolver e que consideramos importante, na medida em que são abordados conteúdos mais exigentes e, por isso, é necessário um maior cuidado na sua definição.

Num trabalho em que são apresentados alguns dados referentes à avaliação da 1.^a edição dos manuais de Geologia, para a disciplina de Biologia e Geologia de 10.^o ano, relativos ao programa em vigor, concluiu-se que estes manuais não tinham uma correção científico-pedagógica adequada e que apenas os professores que tivessem uma formação de base sólida e atualizada poderiam detetar e alertar para essas incorreções científicas (e.g. Bolacha, 2005). Estas conclusões mostram a importância da avaliação qualitativa dos manuais escolares em geral, e os de Geociências em particular.

- Avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados

A construção dos materiais pedagógicos que foram alvo de avaliação e validação teve por objetivo colmatar as lacunas identificadas durante a fase anterior, no que respeita aos manuais escolares de Geologia do 12.^o ano. Como tal: a) foi elaborada uma Ficha informativa para colmatar a ausência de elementos sobre a História da Ciência (HC); b) Planeadas Atividades Práticas (AP), com a elaboração de um “Livro guia da aula de campo” e de um “Protocolo laboratorial”; c) Planeada uma atividades de enriquecimento, para a qual foi concebida uma “Ficha de trabalho”. Elaboraram-se, ainda, fichas de avaliação diagnóstica, formativa e de conhecimentos que surgiram como um complemento necessário à planificação do conteúdo programático.

Para o processo de avaliação e validação, foram construídos instrumentos de avaliação quantitativa e qualitativa, um questionário e um roteiro de entrevista semiestruturada, os quais foram posteriormente aplicados a uma amostra constituída por quinze docentes. Destes, a totalidade preencheu o questionário, mas apenas cinco foram entrevistados.

Numa breve caracterização da amostra, salientamos que todos os professores trabalhavam em escolas do norte e centro do país, pertencentes a diferentes concelhos e possuíam habilitação académica e profissional para o grupo de Biologia e Geologia (520). Do mesmo modo, todos possuíam experiência na lecionação da disciplina de Geologia do 12.º ano de escolaridade nos últimos cinco anos letivos, tendo a maioria lecionado no ano letivo transato (2011/2012). No que respeita ao tempo de serviço, a nossa amostra integrava desde docentes que estavam no início de carreira (4 anos de serviço), até docentes no final de carreira (36 anos de serviço).

Os dados dos questionários permitem-nos concluir que todos os recursos pedagógicos avaliados se podem considerar relevantes, exequíveis e úteis enquanto complementos aos manuais escolares disponíveis no mercado, uma vez que os itens avaliativos ‘Muito Adequado’ e ‘Adequado’ foram os que reuniram a grande maioria das respostas na globalidade dos critérios em análise, bem como as sugestões de alteração foram pontuais. Um participante, doutorado em Ciências da Educação, considerou mesmo que, cinco dos sete recursos em avaliação, são muito adequados em todos os parâmetros.

Em relação ao global dos dados referentes à informação recolhida a partir das entrevistas, pudemos concluir que o paleomagnetismo é uma temática que todos os docentes inquiridos consideram ser pouco aprofundada nos currículos das disciplinas do ensino secundário em geral e, particularmente, em Geologia do 12.º ano. Neste último caso, a ausência é mais notada, na medida em que os estudos paleomagnéticos foram fundamentais para o desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas, assunto amplamente desenvolvido neste ano e disciplina. Verifica-se, ainda, uma unanimidade de opiniões relativas à dificuldade inerente a este assunto, maioritariamente, para alunos, mas também para professores. As opiniões recolhidas referem-se a dificuldades apresentadas pelos alunos relacionadas com a aquisição e compreensão do conceito, no estabelecimento de relações, mas também no ceticismo que os discentes colocam sobre os conhecimentos que a ciência possui sobre este assunto. Por parte dos professores, as dificuldades prendem-se com a complexidade em compreender alguns conceitos e, em consequência, a sua ulterior explicação aos alunos. Dificuldades que acabam, muito logicamente, por reforçar as já existentes nos alunos. No âmbito das dificuldades, é de referir, ainda, uma opinião que nos remete para a conceção dos manuais escolares, uma vez que se refere a imprecisões detetadas neste recurso pedagógico e que acabam por incutir ideias erradas nos seus utilizadores.

No que diz respeito aos manuais escolares, dada a natureza deste trabalho de investigação, tornou-se pertinente conhecer a opinião dos entrevistados sobre o manual com que tinham trabalhado mais recentemente. A nossa amostra incluiu professores usuários de todos os manuais escolares disponíveis no mercado livreiro para Geologia do 12.º ano, no ano letivo 2011/2012. No que respeita ao conteúdo em estudo, foram identificadas, tal como na nossa avaliação qualitativa aos manuais escolares, lacunas relativamente à presença de atividades sobre a História da Ciência, atividades práticas e atividades de enriquecimento. Uma ausência que obriga os docentes a desenvolver estratégias de remediação. Por exemplo, a pesquisar em outras fontes de informação, livros científicos, outros manuais escolares e na internet; ou, ainda, a elaborar recursos adicionais para fornecer aos alunos, na medida em que é fundamental a compreensão da temática do paleomagnetismo para uma adequada aprendizagem dos modelos e propostas subjacentes à construção da Teoria da Tectónica de Placas.

Também a leitura conjunta dos dados obtidos nos questionários e nas entrevistas, respeitantes à avaliação de cada recurso pedagógico, nos permite tirar algumas conclusões.

Assim, a *Ficha informativa* elaborada não só para colmatar a falta de informação sobre HC, mas também para ser um contributo na clarificação da autoria da Teoria da Tectónica de Placas, foi maioritariamente considerada ‘Muito Adequada’ ao programa curricular, ao nível etário dos alunos, bem como à exequibilidade em contexto sala de aula, e ‘Adequada’ em relação à linguagem científica, ao aprofundamento dos conceitos e à pertinência da sua utilização como complemento aos manuais disponíveis no mercado. Embora tenham sido identificadas ausências que julgamos dever-se apenas ao desconhecimento da metodologia de aplicação, todos os participantes consideraram a hipótese de a usar na sua atividade letiva. A importância de lecionar conteúdos da HC foi, aliás, umas das vertentes sobre as quais pretendemos recolher informação junto dos professores entrevistados. Houve unanimidade nas respostas sobre a relevância da sua lecionação e a maioria considera existir falta de informação nos diversos manuais escolares existentes, revelando, deste modo, uma falta de articulação com as orientações curriculares para a disciplina de Geologia do 12.º ano. Razões que, por si só, consideramos serem uma justificação para a avaliação bastante positiva atribuída à *Ficha informativa*.

As aulas de campo constituem-se como uma AP essencial no ensino das Geociências, como já tivemos oportunidade de fundamentar. Contudo, a avaliação do *Livro Guia da aula*

de campo registou alguma divergência de opiniões. Surgem-nos três razões para os dados apresentados:

1 - o facto do percurso apresentado se localizar numa zona desconhecida de todos os elementos da amostragem e muito distante do estabelecimento de ensino da maioria desses e, deste modo, ser difícil de concretizar, quer por questões de horário, quer por questões monetárias. A escolha da localização geográfica do itinerário deveu-se a fatores pedagógicos, metodológicos e económicos, devidamente justificados no guião de apoio¹²⁰, devido ao conhecimento que a investigadora tinha da região e, ainda, da proximidade à escola onde lecionava. De acordo com a opinião de Del Cármen e Pedrinaci (1997), no processo de ensino, o aluno deverá explorar o meio que o rodeia e, deste modo, efetuar as suas primeiras interpretações e aprender a apreciar o meio envolvente através da sua observação. Se bem que cada aula de campo pode proporcionar este tipo de aprendizagem, julgamos que o recurso à geologia que envolve a escola e a vivência diária do aluno poderá potenciar uma aprendizagem ainda mais significativa.

2 - o desconhecimento da metodologia de aplicação e, por conseguinte, alguns inquiridos terem considerado este recurso pouco adequado ao programa curricular, ao nível etário e ao aprofundamento dos conceitos para este nível de ensino. Anteriormente referimos a necessidade do conhecimento da metodologia para a utilização de cada recurso. Tendo em conta este pressuposto, pode concluir-se que o guião de aplicação do recurso pedagógico deveria ter sido disponibilizado aos professores participantes nesta avaliação e validação, tendo em conta que a maioria das observações registadas pelos inquiridos teve que ver com o desconhecimento da metodologia de aplicação.

3 - julgamos que a relutância dos professores em dinamizar aulas de campo¹²¹ os poderá ter influenciado a considerar esta estratégia menos aliciante.

O *Protocolo laboratorial* inclui procedimentos que a maioria dos docentes do ensino básico e secundário não praticam e até desconhecem: 1) porque é sobre matérias de enriquecimento e não sendo parte integrante dos programas curriculares, os manuais não as trabalham; 2) porque implicam o uso de equipamentos que não fazem parte do mobiliário comum das escolas e, portanto, só o estabelecimento de parcerias com entidades de ensino superior torna possível a sua concretização. No entanto, apesar dos fatores elencados,

¹²⁰ Vide pp. 158-163.

¹²¹ Leia-se o trabalho desenvolvido por Orion (2001).

podemos concluir que este recurso pedagógico é relevante para o ensino do paleomagnetismo em Geologia do 12.º ano de escolaridade, uma vez que os professores inquiridos, maioritariamente consideraram este recurso ‘Muito Adequado’ e ‘Adequado’ nos parâmetros avaliados, à exceção do parâmetro ‘Exequibilidade em contexto sala de aula’, maioritariamente avaliado com nível ‘Pouco Adequado’, justificado pelo referido anteriormente.

Podemos, ainda, concluir que os entrevistados reconhecem a importância da utilização de AP na leção de conteúdos no âmbito do ensino da Geologia, em geral, e do paleomagnetismo, em particular, bem como a existência de uma relação entre a sua utilização e a aprendizagem efetiva dos conceitos.

A *Ficha de trabalho*, embora também possa ser considerada uma AP, foi categorizada neste trabalho de investigação como atividade de enriquecimento, uma vez que com ela se pretende desenvolver conceitos que não integram o programa da disciplina. Os dados da avaliação deste recurso permitem-nos concluir que será muito útil e pertinente a sua aplicação no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que foi avaliada de ‘Muito adequada’ em todos os parâmetros considerados.

As fichas de avaliação diagnóstica, formativa e de conhecimentos reuniram o consenso dos inquiridos na maioria dos parâmetros avaliados, sendo consideradas maioritariamente de ‘Adequada’ e ‘Muito Adequada’. Por esta razão concluímos que poderão ser considerados como recursos importantes enquanto apoio à leção do paleomagnetismo em Geologia do 12.º ano.

Desta análise, também podemos concluir que os professores envolvidos neste estudo estão preocupados com a diminuição da carga letiva na disciplina de Geologia do 12.º ano, principalmente porque não houve uma reorganização do programa curricular. Por essa razão, colocaram em causa a existência de disponibilidade horária para a aplicação dos recursos avaliados e validados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizar um trabalho como este que nos propusemos assume-se como um desafio constante ao longo de todo o seu processo de desenvolvimento. Os condicionalismos e obstáculos foram diversos, mas também se afiguraram proveitos muito significativos.

Um dos principais condicionalismos foi a necessidade de desenvolver a atividade profissional e a académica em simultâneo. Uma dificuldade que foi sendo ultrapassada pela proximidade da investigadora à realidade escolar, do que resulta: a) o conhecimento dos programas curriculares; b) o domínio das estratégias e metodologias de trabalho; c) a utilização corrente dos manuais escolares. Entre os obstáculos, saliente-se a dificuldade em conseguir o número de elementos da amostra para a avaliação e validação dos recursos pedagógicos elaborados. Uma dificuldade que se deveu ao reduzido número de escolas com turmas com a disciplina opcional de Geologia no 12.º ano. Contudo, também houve proveitos que não são de desconsiderar. Desde logo no campo da atividade profissional. Este trabalho permitiu o aperfeiçoamento dos conhecimentos, assim como o desenvolvimento de novas práticas de lecionação. O paleomagnetismo é uma área temática considerada por ter um alto grau de dificuldade e por ser pouco aprofundada nos compêndios escolares, suscitando insegurança nos docentes que a lecionam e dúvidas nos alunos que a aprendem. Ora, o nosso trabalho foi um motivo para refletir maneiras de ultrapassar algumas dessas limitações.

Julgamos, também, que a conclusão deste trabalho poderá vir a ser uma mais-valia para os autores de manuais escolares que poderão ter em conta alguns dos resultados na elaboração de edições futuras.

No que respeita aos recursos elaborados espera-se que, após este processo de avaliação e validação, venham a ter uma aplicação efetiva, de modo a proceder-se à respetiva avaliação em contexto do ato pedagógico e, desse modo, ser possível detetar alterações metodológicas que se revelarem necessárias.

Sobre este último assunto, reflita-se que as recentes alterações à organização curricular e à organização das turmas realizadas pelo Ministério da Educação e Ciência nos suscitam alguma preocupação e dúvida sobre a sua exequibilidade. De facto, com a reorganização curricular implementada no presente ano letivo (2012/2013), as novas orientações para a constituição de turmas e os constrangimentos financeiros impostos às escolas, colocam sérias reservas quanto à aplicabilidade dos recursos elaborados. Em primeiro lugar, porque o programa curricular para Geologia do 12.º ano de escolaridade, que agora está em vigor, foi concebido para um tempo semanal de 315 min. Ora, este programa está a ser cumprido com uma carga horária semanal de 180 min, o que perfaz uma redução do tempo útil de aula de cerca de 40%/semana. Deste modo, não restam dúvidas que a diminuição da carga letiva na disciplina vem limitar o cumprimento do programa e as orientações curriculares, bem como impor limitações à diversificação de estratégias e ao recurso a novos materiais de trabalho, motivadas pela falta de disponibilidade horária. Recorde-se que a planificação por nós elaborada tem em conta a carga horária semanal de 315 min. Depois, de acordo com as atuais orientações, verifica-se uma redução efetiva de aulas por turnos. Isso implica que a atividade laboratorial seja fortemente reduzida e, nalgumas situações, anulada por completo. As atuais orientações a que nos referimos, também preconizam que a constituição de turmas de uma disciplina opcional deve obedecer à existência de um maior número de alunos matriculados. Já demos conta da reduzida quantidade de escolas em que esta disciplina é lecionada, pelo que esta determinação poderá diminuir ainda mais o seu número. Finalmente, as limitações financeiras que afetam as escolas vem condicionar a aquisição de material necessário às atividades laboratoriais, bem como o financiamento de atividades para as quais seja necessário transporte rodoviário.

Se o tratamento de um trabalho de investigação nos permite obter respostas, simultaneamente também vem levantar muitas questões. No caso particular desta investigação surgem as seguintes questões: O que poderá levar os autores dos manuais escolares de BG do 10.º ano e dos de Geologia do 12.º ano a negligenciar a inclusão de atividades e conteúdos sobre a História da Ciência no âmbito dos conteúdos ligados ao paleomagnetismo? E porque não existe, por parte dos autores dos manuais escolares, um cuidado com as representações pictóricas que integram esses manuais? Ou, qual a razão para as atividades propostas nos manuais sejam essencialmente com recurso ao uso do lápis e papel e não possuam um maior cariz, laboratorial, experimental ou não, e de ambiente exterior à sala de aula? Ainda, o

porquê da ausência de conteúdos e atividades de enriquecimento numa disciplina opcional no ano terminal do ensino secundário? Embora na análise e discussão dos resultados tenhamos levantado algumas hipóteses de resposta, propomos um estudo em que possa contar com a participação dos autores de manuais, de maneira a que se possa refletir sobre esta situação e a possibilidade de a ultrapassar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L. & Freire, T. (2003). *Metodologia da Investigação em Psicologia e Educação*. Braga: Psiquilíbrios.
- Amado, J.S. (2000). A Técnica de análise de conteúdo. *Referência*, 5: 53-63.
- Amador, F. (2008). O ensino da Geologia nas escolas portuguesas, durante o século XIX e primeira metade do século XX: reformas curriculares e manuais escolares. *Terræ Didactica*, 3 (1): 4-17.
- Amador, F. & Silva, M. (2004). Programa de Geologia 12º ano – Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Lisboa: Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, Ministério da Educação.
- Ametller, J. & Pintó, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24 (3): 285-312.
- Antunes, C.; Bispo, M. & Guindeira, P. (2011). *Novo Descobrir a Terra 7*. Porto: Areal Editores SA.
- Antunes, M.T. (1989). Sobre a História do Ensino da Geologia em Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 75: 127-160.
- Barañano, A. (2004). *Métodos e Técnicas de Investigação em Gestão: Manual de Apoio à Realização de Trabalhos de Investigação*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Barton, N.H.; Briggs, D.E.G.; Eisen, J.A.; Goldstein, D.B. & Patel, N.H. (2007). *Evolution*. Cold Spring, U.K: Harbor Laboratory Press.
- Beloussov, V.V. (1980). *Geotectonics*. Moscow: Mir.
- Beloussov, V.V. (1990). Certain trends in present-day geosciences. **In:** Barto-Kyriakidis, A. (Ed.), *Critical Aspects of the Plate Tectonics Theory*, Vol. 1. pp. 3-15. Athens, Greece: Theophrastus Publications, S.A..
- Boer, C.B. & Dekkers, M.J. (1996). Grain-size dependence of the rock magnetic properties for a natural maghemite. *Geophysics Research Letters*, 23: 2815-2818.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Porto: Porto Editora.
- Bolacha, E. (2005). Manuais escolares de Geologia. Uma avaliação da sua qualidade. *Geonovas*, 19: 83-88.

- Bonito, J.; Morgado, M.; Silva, M.; Figueira, D.; Serrano, M.; Mesquita, J.; Rebelo, H. (2013). *Metas Curriculares Ensino Básico – Ciências Naturais 5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência.
- Brigas, M.A. (1997). *Os manuais escolares de Química no ensino Básico: Opiniões dos professores sobre a sua utilização*. Aveiro: Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.
- Brush, G. (2000). Thomas Kuhn as an historian of science. *Science & Education*, 9: 39-58.
- Butler, R.F. (1992). *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*, Electronic Edition.
- Campos, C. (1996). *Imagens da Ciência Veiculadas por Manuais de Química do Ensino Secundário – Implicações na Formação de Professores de Física e Química*. Aveiro: Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.
- Carvalho, A.F. (1920). *O magnetismo terrestre de Coimbra: resumo das observações de 53 anos (1866-1918)*. Coimbra: Imprensa da Universidade.
- Chiappetta, E.L.; Fillman, D.A. & Sethna, G.H. (1991). A method to quantify major themes of scientific literacy in science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (8): 713-725.
- Chiappetta, E.L. & Fillman, D.A. (2007). Analysis of Five High School Biology Textbooks Used in the United States for Inclusion of the Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 29 (15): 1847-1868.
- Choudhuri, A. (2004). Evidence for a Plate Tectonics Debate. *TERRÆ*, 1(1): 68.
- Cook, M. (2011). Teachers' use of visual representations in the science classroom. *Science Education International*, 22 (3): 175-184.
- Cornell, R. M. & Schwertmann, U. (2003). *The iron oxides: structure, properties, reactions and 89 uses*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Correia, G. (2006). *Aplicação de técnicas de magnetismo ambiental e radioactividade no couto mineiro da Cunha Baixa*. Coimbra: Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra.
- Correia, G. & Gomes, C. (2011). O trabalho de campo no Ensino da Geologia. Um estudo com alunos do 7.º ano de escolaridade. **In:** *Simpósio Modelação de Sistemas Geológicos, Homenagem ao Professor Manuel Maria Godinho*, pp.175-187. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Correia, G.M.P. & Gomes, C.R (2010). O Paleomagnetismo nos manuais escolares de Geologia do 12.º ano de escolaridade: actividades práticas e representações pictóricas. **In:** *e-Terra*, 15 (31).
- Correia, S. (2003). *A Utilização da História da Ciência no Ensino da Química: Contributos para o seu Diagnóstico*. Braga: Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- Costa, M.A.F.; Costa, M.F.B.; Lima, M.C.A.B. & Leite, S.Q.M. (2006). O Desenho como estratégia pedagógica no ensino de ciências: o caso da biossegurança. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1): 184-191.

- Costa, M.A.F.; Costa M.F.B.; Leite, S.Q.M. & Lima, M.C.A.B. (2007). A construção do conhecimento através de imagens: contribuições para o ensino de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1): 20-31.
- Cox, A.; Dalrymple, G.B. & Doell, R. (1967). Reversals of the Earth's magnetic field - *Scientific American*, 216 (2): 44-60.
- Cruz, C.M.G. (2003). La filosofía geológica en los inicios del siglo XX: marco epistemológico de la deriva continental. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 11 (1): 28-37.
- Custódio, S., P. Ribeiro, D. R. Martins, J. Narciso, J. Batlló, F. C. Lopes e C. R. Gomes (2010). The historical collections of the Geophysical Institute of the University of Coimbra, and their use for modern science, in *Collections and Museums of Geology: Mission and Management*. In: J. M. Brandão, P. M. Callapez, O. Mateus, and P. Castro (Editors), pp. 167–178. Coimbra: Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência.
- Dahlgren, M. & Öberg, G. (2001). Questioning to learn and learning to question: Structure and functions of problem-based learning scenarios in environmental science education. *Higher Education*, 41: 263-282.
- Dearing, J.A. (1999). *Environmental Magnetic Susceptibility - Using the Bartington MS2 System*. Kneilworth, UK: Chi Publishing.
- Debelmas, J. & Mascle, G. (2002). *As grandes estruturas geológicas*. Lisboa: Serviço de Educação e Bolsas, Fundação Calouste Gulbenkian (Tradução L.G. Pereira).
- Dekkers, M.J. (1997). Environmental Magnetism: an introduction. *Geologie en Mijnbouw*, 76: 163-182.
- Del Cármen, L. & Pedrinaci, E. (1997). El uso del entorno y el trabajo de campo. In: Carmen L. (Coord.). *La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*, pp. 133-154. Barcelona: I.C.E. Universitat Barcelona e Editorial Horsori.
- Dott, R.H. Jr. & Batten, R.L. (1981). *Evolution of the Earth*. New York: McGraw-Hill.
- Dourado, L. & Leite, L. (2010). Questionamento em manuais escolares de Ciências: que contributos para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas da “sustentabilidade na Terra”? In: Canalejas Couceiro, E. & García Rodriguez, C. (Coord.). *Boletín das Ciencias*, Congresso de ENCIGA. Coruña, Galiza. On-line: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/11295> (consultado em abril de 2012).
- Dunlop, D.J. & Özdemir, Ö. (1997). *Rock Magnetism: fundamentals and frontiers*. UK: Cambridge University Press.
- Duschl, R. (1994). Research on the History and Philosophy of Science. In: Gabel, D.(ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, pp. 443-465. New York: MacMillan Publishing Company.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias – Importancia de las Teorías y su Desarrollo*. Madrid: Narcea.

- Eichman, P. (1996). Using history to teach Biology. *The American Biology Teacher*, 58 (4): 200-204.
- Eltinge, E.M. & Roberts, C.W. (1993). *Linguistic content analysis: a method to measure science as inquiry in textbooks*. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1): 65-83.
- Ernesto, M.; Marques, L.S.; McReath, I.; Ussami, N. & Pacca, I.I.G. (2009). O interior da Terra. **In:** Teixeira, W.; Fairchild, T.R.; Toledo, M.C.M. & Taioli, F. (Orgs.). *Decifrando a Terra*, pp. 50-772. Lisboa: Companhia Editora Nacional.
- Evans, A.D.D. & Pisarevsky, S.A. (2008). Plate tectonic on early Earth? Weighing the paleomagnetic evidence. **In:** Condie, K.C. & Pease, V. (Eds). *When Did Plate Tectonic Begin on Planet Earth?*, pp. 249-263. Geological Society of America, Special Paper 440.
- Fiolhais, C. & Martins, D. (2010). *Breve História da Ciência em Portugal*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Fortin, M.F. (1999). *O Processo de Investigação – da Concepção à Realização* (Tradução N. Salgueiro). Loures: Lusociência – Edições Técnicas e científicas, Lda.
- Frisch, W.; Meschede, M. & Blakey, R. (2011). *Plate Tectonics. Continental Drift and Mountain Building*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Galbrun, B.; Berthou, P.Y.; Moussin, C. & Azéme, J. (1990). Magnétostratigraphie de la limite Jurassique – Cretacé en faciés de plate – forme carbonatée: la coupe de Bias do Norte (Algarve, Portugal). *Bulletin de la Société Géologique de France*, VI (1): 133-143.
- Galdeano, A; Moreau, M.G.; Pozzi, J.P.; Berthou, P.Y. & Malod, J.A. (1989). New paleomagnetic results from Cretaceous sediments near Lisboa (Portugal) and implications for the rotation of Iberia. *Earth and Planetary Science Letters*, 92: 95-106.
- Galopim de Carvalho, A.M. (2011). *Dicionário de Geologia*. Lisboa: Âncora Editora.
- Galvão, C.; Neves, A.; Freire, A.M.; Lopes, A.M.S.; Santos, M.C.; Vilela, M.C.; Oliveira, M.T. & Pereira, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais – Orientações curriculares para o 3ºCiclo do Ensino Básico*. Lisboa: Departamento de Educação Básica, Ministério da Educação.
- Gama Pereira, L.C. (1987). *Tipologia e evolução da sutura entre a ZCI e a ZOM no sector entre Alvaiázere e Figueiró dos Vinhos (Portugal Central)*. Tese de Doutoramento. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Gil, A. C. (1989). *Como Elaborar Projectos de Pesquisa*. São Paulo: Publicação Atlas.
- Gil-Pérez, D. & Carrascosa, A. (1992). Approaching pupils' learning to scientific construction of knowledge: some implications of the history and philosophy of Science in science teaching. **In:** Hills, S. (Ed.). *History and Philosophy of Science in Science Education – Proceedings of the Second International Conference on the History and Philosophy of Science in Science Teaching* (vol. I), pp. 375-389. Ontario: University Kingston
- Gomes, C.S.R. (1990). *O paleomagnetismo aplicado à geologia. Alguns resultados paleomagnéticos das séries o Triásico superior (Grés de Silves) e Liásico médio (Calcários de Loreto) da Bacia Lusitaniana*. Coimbra: Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Centro de Geociências da Universidade de Coimbra.

- Gomes, C.S.R. (1996). Observações Paleomagnéticas no Quadro da Bacia Lusitaniana - 1ª Fase de Rifting (Estudo da Estabilidade da Magnetização Remanescente Natural). Tese de Doutoramento. Coimbra: Centro de Geociências, Departamento de Ciências da Terra e Instituto Geofísico, FCT, Universidade de Coimbra.
- Gomes, C.S.R. (2000). Variação dos parâmetros paleomagnéticos em perfis dos tufos de Condeixa (Baixo Mondego, Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, 14: 155-162.
- Gomes, C.S.R.; Leite, I.; Sant'Ovaia, H.M.; Monteiro, M. & Montenegro, J. (1992). Análise da orientação da susceptibilidade magnética associada à anisotropia da susceptibilidade magnética em rochas do maciço de Monchique. Livro de resumos, 8.ª Conferência Nacional de Física, Vila Real.
- Gomes, C.S.R. & Sant'Ovaia, H. (2000). Marcas de paleomagnetismo no maciço de Monchique. 6ª Conferência do GGET, Évora: 59.
- Gomes, C.S.R. & Gama Pereira, L.C. (2004). Paleomagnetismo do maciço de Monchique (Sul de Portugal): implicações tectónicas. *Caderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 29: 291-297.
- Gomes, C.S.R.; Ferreira, A.G. & Reis, M.A.S. (2008). Exemplos da História da Ciência em língua portuguesa, contribuição para o ensino das Ciências Naturais. *Memórias e Notícias*, 3: 309-312.
- Gomes Campos, C.J. (2004). Método de análise de conteúdo: ferramenta para análise de dados qualitativos no campo da saúde. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 57(5): 611-614.
- Grad, H. (1971). Magnetic properties of a contained plasma. *New York Academy of Science Annals*, 182 (17): 636–650.
- Hailwood, E.A. (1989). *Magnetostratigraphy*. The Geological Society. Special Report, 19. Blackwell Scientific Publications.
- Hailwood, E.A.; Montenegro, J.D. & Monteiro, M.L (1991). Iberian paleomagnetism and plate kinematics. Program and Abstracts, XX General Assembly IUGG, Vienna.
- Harp, S.F. & Mayer, R.E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustration: on distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology*, 89 (1): 92-102.
- Henriques, M.H.; Gardin, S.; Soares, A.F.; Gomes, C.R.; Rocha, R.B.; Marques, J.F.; Lapa, M.R. & Montenegro, J.D. (1994a). The Aaleniano-Bajocian Boundary at cabo Mondego (Portugal). Communication Aaleniano-Bajocian Work Group Meeting. Marrakesh.
- Henriques, M.H.; Gardin, S.; Soares, A.F.; Gomes, C.R.; Rocha, R.B.; Marques, J.F.; Lapa, M.R. & Montenegro, J.D. (1994b). The Aaleniano-Bajocian Boundary at cabo Mondego (Portugal). *Miscellanea Servizio Geologico Nazionale*, 5: 63-77.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12: 25-57
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational philosophy and theory*, 20 (2): 53-66.

- Huberman, M. (1989). *La Vie des Enseignants: Évolution et Bilan d'une Profession*. Paris: Delachaux & Niestlé.
- Hurd, P. (1998). Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 82: 407-416.
- Javier, F.P.P. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 24(1): 13-30.
- Jenkins, E. (1989). Why the history of Science? **In:** Shortland, M. & Warwick, A. (Eds.). *Teaching the History of Science*, pp. 19-29. Oxford: Basil Blackwell, Ltd.
- Johnson, H.P.; Lowrie, W. & Kent, D.V. (1975). Stability of anhysteretic remanent magnetization in fine and coarse magnetic and maghemite particles. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 41: 1-10.
- Kearey, P.; Klepeis, A.K. & Vine, F.J. (2009). *Global Tectonics*. Wiley-Blackwell.
- Keith, M. (1993). Geodynamics and mantle flow: an alternative Earth model. *Earth-Science Reviews*, 33: 153-337.
- Keith, M. (2001). Evidence for a plate tectonic debate. *Earth-Science Reviews* 55: 235-336.
- Klein, T.A.S. & Laburú, C.E. (2009). Imagens e ensino de Ciências: análise de representações visuais sobre DNA e biotecnologia segundo a retórica da conotação. *Actas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, Brasil*: 1-12.
- Lakatos, E. & Marconi, M. (1996). *Técnicas de Pesquisa*. São Paulo: Editora Atlas.
- Lagroix, F. & Banerjee, S.K. (2002). Paleowind direction from the magnetic fabric of loess profiles in central Alaska. *Earth and Planetary Science Letters*, 195: 99-112.
- Leite, E. & Santos, M.R. (2004). *Nos Trilhos da Área-Projecto*. Lisboa: Coleção Desenvolvimento Curricular. Direção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das Ciências. **In:** Fevereiro, M.P.; Caetano, H.V. & Santos, M. G. (Orgs.). *Cadernos Didáticos de Ciências*, 1: 79-97. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Leite, L. (2002a). History of science in science education: development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, 11: 333-359.
- Leite, L. (2002b). A inter-relação dados-evidências-conclusões: um estudo com actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares. *Actas do II Congresso Internacional "Didáctica de las Ciencias"* (Cd-Rom), La Habana.
- Leite, L. (2006). Da complexidade das actividades laboratoriais à sua simplificação pelos manuais escolares e às consequências para o ensino e a aprendizagem das Ciências. *Actas do XIX Congresso de Enciga (CD-Rom)*. Póvoa de Varzim.
- Leite, L.; Dourado, L.; Morgado, S.; Vilaça, T.; Vasconcelos, C.; Pedrosa, M.A. & Afonso, A.S. (2012). Questionamento em manuais escolares de Ciências: desenvolvimento e validação de

- uma grelha de análise. *Educar em Revista*, 44: 127-143. On-line: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/educar> (consultado em agosto 2012).
- Liebermann, R.C. & Benerjee, S.K. (1971). Magnetoelastic interactions in hematite: implications for geophysics. *Journal of Geophysical Research*, 76 (11): 2735-2756.
- Magalhães, J. (2006). O Manual Escolar no Quadro da História Cultural: para uma historiografia do manual escolar em Portugal. *Sísifo, Revista de Ciências da Educação*, 1: 5-14, online edition: <http://sisifo.fpce.ul.pt> (consultado em abril de 2010)
- Maher, B.A. & Thompson, R. (1999). *Quaternary Climates, Environments and Magnetism*. Maher, B. e Thompson, R. (Eds.). United Kingdom: Cambridge University Press.
- Marques, L. & Praia, J. (2009). Educação em Ciência: actividades exteriores à sala de aula. *Terræ Didática*, 5 (1): 10-26.
- Marques, L.; Praia, J. & Soares de Andrade, A. (2008). Actividades exteriores à sala de aula em ambientes formais de ensino das Ciências: sua relevância. **In:** *A Terra Conflitos e Ordem, Homenagem ao Professor Ferreira Soares*, pp. 325-342. Coimbra: Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra.
- Martins, I. (1997). O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. Atas do encontro de pesquisa em Ensino de Ciências. Águas de Lindóia (SP): 366-373.
- Martins, I. & Gouvêa, G. (2005). Analisando aspectos da leitura de imagens em livros didáticos de ciências por estudantes do ensino fundamental no Brasil. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, VII Congresso. 3p.
- Martins, I.; Gouvêa, G. & Piccinini, C. (2005). Aprendendo com Imagens. *Ciência e Cultura*, 57(4): 38-40.
- Mason, R.; Morphet, T. & Prosalendis, S. (2006). *Reading Scientific Images: The Iconography of Evolution*. Cape Town: HSRC Press.
- Matthews, M.R. (1991). *History, Philosophy and Science Teaching: Selected Readings*. Toronto: OISE Press.
- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Mayer, R.E. (1993). Illustrations that instruct. **In:** R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*, Vol.4, pp. 253-284. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E. (2011). Instruction Based on Visualizations. **In:** R.E. Mayer & P.A. Alexandre (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction*, cap. 21, pp. 427-445. New York: Routledge.
- McGeary, D., & Plummer, C.C. (1998). *Physical geology: Earth revealed*. Boston: WCB, McGraw-Hill.

- Merrill, R.T.; McElhinny, M.W. & McFadden, P.L. (1998). The Magnetic Field of the Earth - Paleomagnetism, the Core, and the Deep Mantle. International Geophysics Series, 63. Academic Press.
- Meyerhoff, A.A. & Meyerhoff, H.A. (1974a). Tests of plate tectonics. **In:** Kahle, C.F. (Ed.), Plate tectonics - Assessments and reassessments (Memoir 23), pp. 43–145. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists..
- Meyerhoff, A.A. & Meyerhoff, H.A. (1974b). Ocean magnetic anomalies and their relations to continents. **In:** Kahle, C.F. (Ed.), Plate tectonics - Assessments and reassessments (Memoir 23), pp. 411–422. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists.
- Ministério da Educação (2003). Reforma do Ensino Secundário – Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário (versão final). Lisboa.
- Miranda, J.M.A. (2005). Introdução ao Geomagnetismo. Lisboa: Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa.
- Monk, M. & Osborne, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81: 405-424.
- Monteiro, M.L.; Gomes, C.S.R.; Montenegro, J.D.; Sant’Ovaia, H.M.; Leite, I.A.M.R. & Soares, A.F. (1991). Estudos magnéticos de alta resolução em formações sedimentares e eruptivas da Ibéria. Livro de Resumos do III Congresso Nacional de Geologia. Coimbra.
- Montenegro, J.D.; Monteiro, M.L. & Hailwood, E.A. (1988). Applications of paleomagnetic methods to studying the rotation dynamics of the Iberian Peninsula. **In:** Banda, E. & Mendes-Victor, L. A. (Eds.), Proceedings of the Fifth workshop on the European Geotraverse (EGP) Project: the Iberian peninsula, pp. 223-234. Strasbourg, France: European Science Foundation.
- Moraes, R. (1999). Análise de conteúdo. *Revista Educação*, 22 (37): 7-32.
- Moreau, M.G.; Berthou, J.Y.; Malod, J.A. (1997). New paleomagnetic Mesozoic data from the Algarve (Portugal): fast rotation of Iberia between the Hauterivian and the Aptian. *Earth and Planetary Science Letters*, 146: 689–701.
- Morgado, J.C. (2004). Manuais escolares: contributo para uma análise. Porto: Porto Editora.
- Morgan, D.L. (1988). Focus groups as qualitative research. Newbury Park, CA, USA: Sage.
- Muñoz Bello, R. & Bertomeu Sánchez, J. (2003). La Historia de la Ciencia en los Libros de Texto: la(s) hipótesis de Avogadro. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1): 147-159.
- Murad E. (1988). Properties and behavior of iron oxide as determined by Mossbauer 95 Spectroscopy. **In:** Stucki, J. W.; Goodman, B. A.; Schwertmann, U. (Ed.), pp. 309-350. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Níaz, M. (2000). A rational reconstruction of the kinetic molecular theory of gases based on history and philosophy of science and its implications for chemistry textbooks. *Instructional Science*, 28: 23-50.
- Nitecki, M.H.; Lemke, J.L.; Pullman, H.W. & Johnson, M.E. (1978). Acceptance of plate tectonic theory by geologists. *Geology*, 6: 661-664.

- Oreskes, N. (1999). *The Rejection of Continental Drift. Theory and Method in American Earth Science*. New York: Oxford University Press.
- Orion, N. (1989). Development of a High-School Geology Course Based on Field Trips. *Journal of Geological Education*, 37: 13-17.
- Orion, N. (1993). A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum. *School Science and Mathematics*, 93 (6): 325-331.
- Orion, N. (2001). Earth science education: from theory to practice – implementation of new teaching strategies in different learning environments. **In:** Marques, L. & Praia, J. (Coord.). *Geociências nos Currículos dos Ensinos Básico e Secundário*, pp. 261-282. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Otero, M.R. (2002). *Imágenes y Enseñanza de la Física: Una visión cognitiva*. Tesis (Doctoral). Burgos: Universidad de Burgos, Facultad de Humanidades y Educación.
- Otero, M.R.; Moreira, M.A. & Greca, I.M. (2002). El uso de imágenes em textos de física para la enseñanza secundaria y universitária. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (2): 127-154.
- Otero, M.R.; Greca, I.M. & Silveira, F.L. (2003). Imágenes visuales en el aula y el rendimiento escolar en Física: un estudio comparativo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1): 1-30.
- Özdemir, Ö. & Banerjee, S.K. (1984). High temperature stability of maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). *Geophysical Research Letters*, 11(3): 161-164.
- Özdemir, Ö.; Xu, S. & Dunlop, D.J. (1995). Closure domains in magnetite. *Journal of Geophysical Research*, 100: 2193-2209.
- Özdemir, Ö. & Dunlop, D. (1996). Thermoremanence and Néll temperature of Ghoethite. *Geophysical Research Letters*, 23 (921-924).
- Parasnis, D.S. (1972). *Principles of Applied Geophysics*. London, UK: Chapman and Hall.
- Parés, J.M. & Dinarès, J.T (1994). Iberian Triassic paleomagnetism revisited: Intraplate block rotations versus polar wandering. *Geophysical Research Letters*, 21 (19): 2155-2158.
- Park, S. & Lim, J. (2007). Promoting positive emotion in multimedia learning using visual illustration. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 16(2): 141-162.
- Parreiral, R.C. (2011). *Representações para o Ensino e a Aprendizagem de Temas de Geologia no Ensino Básico e no Ensino Secundário*. Tese de Doutoramento. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Parreiral, R.C. & Gomes, C.R. (2009). Representações pictóricas nos manuais de ensino de Ciências Naturais do 7º ano de escolaridade. *Actas do XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências*. Castelo Branco: 953-962.
- Pedrinaci, E. (2003). 1669, El Año em que nació la Geología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10 (3): 214-216.
- Pereira, A.C. & Duarte, M.C. (1999). O manual escolar como facilitador da construção do conhecimento científico – o caso do tema “Reacções de oxidação-redução” do 9º ano de

- escolaridade. **In:** Castro, R.; Rodrigues, A.; Silva, J. & Sousa, M. (Org.), *Manuais Escolares, Funções e História*, pp. 367-374. Actas do I Encontro Internacional Sobre Manuais Escolares. Braga: Universidade do Minho.
- Pereira, A.I. & Amador, F. (2007). A História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1): 191-216.
- Pereira, M.E.C.; Jurbeg, C.; Carvalho, P.R & Costa, M.A.F.C (2008). A construção do conceito científico de biossegurança através da linguagem gráfica. *Anais do Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente*. Niterói, Rio de Janeiro: 8-18
- Perroud, H. & Bonhommet, N. (1981). Paleomagnetism of the Ibero-Armorican arc and the Hercinian Orogeny in western Europe. *Nature*, 292: 445-448.
- Perroud, H.; Bonhommet, N. & Ribeiro, A. (1985). Paleomagnetism of late Paleozoic igneous rocks from southern Portugal. *Geophysical Research Letters*, 12: 45-48.
- Pratt, D. (2000). Plate Tectonics: A Paradigm Under Threat. *Journal of Scientific Exploration*, 14 (3): 307-352.
- Pumfrey, S. & Tilley, D. (2003). William Gilbert: forgotten genius. *Physics World*, November 2003, online edition: <http://physicsworld.com/cws/article/print/2003/nov/01/william-gilbert-forgotten-genius> (consultado em agosto 2011).
- Ribeiro, A. (2002). *Soft Plate and Impact Tectonics*. Berlin: Springer Verlage.
- Ribeiro, A. (2011a). Tectónica de placas. *Geonovas* 23 e 24: 95-96.
- Ribeiro, A. (2011b). Deriva dos continentes. **In:** Martins-Loução, M.A. (Coord.). *A Aventura da Terra – um planeta em evolução*, pp. 31-36. Lisboa: Esfera do Caos Editores.
- Rios, M. & Ruedas, M. (2009). El trabajo de campo: una estrategia para captar la complejidad de la realidad dirigida a futuros docentes en ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona: 420-423.
- Roman, M.F.B. (1999). *Propiedades Magnéticas de Suelos de los Piedemontes Plio-Pleistocenos y de las Terrazas Fluiviales Cuaternarias del Centro de la Península Ibérica. Implicaciones Paleambientais*. Tese de Doutoramento. Magrid: Depart. De Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Fac. de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid.
- Santo, E.M. (2006). Os manuais escolares, a construção de saberes e a autonomia do aluno. Auscultação a alunos e professores. *Revista Lusófona da Educação*, 8: 103-115.
- Sant’Ovaia, H.M. (2000). *O maciço granítico pó-tectónico de Vila Pouca de Aguiar. Estudo petro-estrutural e mecanismo de instalação*. Tese de Doutoramento. Coimbra e Toulouse: Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra e Laboratoire des Mécanismes de Transfert en Géologie, Université Paul Sabatier (Toulouse III).
- Sant’Ovaia, H.M.; Monteiro, M.; Leite, I.; Gomes, C. & Montenegro, J. (1992). Anisotropia da susceptibilidade magnética de rochas (maciço de Monchique). *Análise de diferentes*

- contribuições para a definição do elipsóide das susceptibilidades. Livro de resumos. 8.^a Conferência Nacional de Física (Física 92). Vila Real.
- Saull, V.A. (1986). Wanted: Alternatives to plate tectonics. *Geology*, 14: 536.
- Schwarz, E.J. & Vaughan, D.J. (1972). Magnetic phase relations of pyrrhotite. *Journal of Geomagnetism Geoelectricity*, 24 (4): 441-458.
- Schott, J.J.; Montigny, R. & Thuizat, R. (1981). Paleomagnetism and potassium-argon age of the Messejana dyke (Portugal and Spain): angular limitation to the rotation of Iberian Peninsula since the Midler Jurassic. *Earth and Planetary Science Letters*, 53: 457-470.
- Scortegagna, A. (2005). Trabalhos de Campo nas Disciplinas de Geologia Introdutória: Cursos de Geografia no Estado do Panamá. *Curitiba*, 9: 37-46.
- Sebai, A.; Feraud, G.; Bertrand, H. & Hanes, J. (1991). Ar/Ar dating and geochemistry of tholeiitic magmatism related to the early opening of the Central Atlantic Rift. *Earth and Planetary Science Letters*, 104: 455-472.
- Sen, S.; Antunes, M.T.; Pais, J. & Legoinha, P. (1992). Bio and magnetostratigraphy of two Lower Miocene sections, Tagus basin (Portugal). *Ciências da Terra*, 11: 173-184.
- Shortland, M. & Warwick, A. (1989). *Teaching the History of Science*. Oxford: Basil Blackwell Ltd.
- Silva, C.P.; Amador, F.; Baptista, J.F.P.; Valente, R.A. ; Mendes, D.; Rebelo, D. & Pinheiro, E. (2001). Programa de Biologia e Geologia 10.^o ano. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário, Ministério da Educação.
- Silva, J.L. (2001). A Construção do Conhecimento em Manuais Escolares de Ciências. *Actas do VI Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia, Vol II*. Braga: 169-179.
- Steiner, M.B.; Ogg, J.G. & Sandoval, J. (1987). Jurassic magnetostratigraphy, 3. Bathonian-Bajocian of Carcabuey, Sierra Harana and Campillo de Arenas (Subbetic Cordillera, Southern Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 82: 357-372.
- Storetvedt, K.M.; Mogstad, H.; Abranches, M.C.; Mitchell, J.G. & Serralheiro, A. (1987). Paleomagnetism and isotopic data from upper Cretaceous igneous rocks of the West Portugal; geological correlation and plate tectonic aspects. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 88: 241-263.
- Storetvedt, K.M.; Abranches, M.C. & Mitchell, J.G. (1988). The Alpine Plate Tectonic evolution of Iberia. **In:** Banda, E. & Mendes-Victor, L. A. (Eds.), *Proceedings of the Fifth workshop on the European Geotraverse (EGP) Project: the Iberian peninsula*, pp. 235-244. Strasbourg, France: European Science Foundation.
- Storetvedt, K.M.; Mitchell, J.G.; Abranches, M.C.; & Oftedahl, S. (1990). A new kinematic model for Iberia; further paleomagnetic and isotopic age evidence. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 62: 109-125.
- Tarling, D.H. (1983). *Paleomagnetism. Principles and Applications in Geology*. Geophysics and Archaeology. London: Chapman and Hall.

- Tassinari, C.C.G.; Marins, C. & Neto, D. (2009). Tectônica Global. **In:** Teixeira, W.; Fairchild, T.R.; Toledo, M.C.M. & Taioli, F. (Orgs.) Decifrando a Terra, pp. 78-107. S. Paulo, Brasil: Companhia Editora Nacional.
- Tauceda, K.C.; Nunes, V.M. & Del Pini, J.C. (2011). O Livro Didático e as Representações Mentais de Bioquímica e Biofísica em Alunos do Ensino Médio (The textbook and students' mental representations in biochemistry and biophysics at secondary education). *Experiências em Ensino de Ciências*, 6(1): 57-68.
- Tauxe, L. (2005). Lectures in Paleomagnetism - Web Edition 1.0 (March 18, 2009).
- Thompson, R. (1982). A comparison of geomagnetic secular variation as recorded by historical, archaeomagnetic and palaeomagnetic measurements. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A306: 103-112.
- Thompson, R. & Oldfield, F. (1986). *Environmental Magnetism*. London: Allen & Unwin.
- Tuckman, B.W (2005). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Van Der Voo, R. (1969). Paleomagnetic evidence for the rotation of the Iberian Peninsula. *Tectonophysics*, 7: 5-56.
- Van Der Voo, R. & Zijdeveld, J.D.A. (1971). Renewed paleomagnetic study of the volcanics and implications for the rotation of the Iberian peninsula. *Journal of Geophysical Research*, 76 (17): 3913-3921.
- Van Loon, A.J. (2008). Earth reflections: Geological education of the future. *Earth-Science Reviews*, 86: 247-254.
- Vasconcelos, C., Torres, J., Dourado, L., & Leite, L. (2012). Questions in science textbooks: do they prompt students' inquiry and problem-based learning? **In** C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship*. Part 6 (M. Welzel-Breuer & C. Marquez), pp. 102-107. Lyon, France: European Science Education Research Association. On-line edition: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/21110> (consultado em outubro 2012).
- Vieira, C.T. (2002). *O Ensino das Ciências no Ensino Básico. Perspectiva histórica e tendências actuais*. Viseu: Escola Superior de Educação Jean Piaget.
- Vilelas, J. (2009). *Investigação – O Processo de Construção do Conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Watkins, N.D. & Richardson, A. (1968). Paleomagnetism of the Lisbon volcanics. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 15: 287-304.
- Wilson, J. T. (1966). Did the Atlantic close and then re-open? *Nature*, 211: 676-681.

Webgrafia

Diário da República Electrónico - <http://www.dre.pt/> (consultado em dezembro/2011).

- Direcção- Geral de Educação (DGE) - <http://www.dgidec.min-edu.pt/> (consultado em out/2011).
- Gabinete de Avaliação Educacional (GAVE) - <http://www.gave.min-edu.pt/> (consultado em out/2011).
- Geological TimeScale Foundation – <https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/index.html> (consultado em abril/2012).
- Google Earth, (2008) - <http://earth.google.com> (consultado em outubro/2011 e abril/2012).
- Google Imagens - <http://www.google.com> (consultado em setembro/2011 e janeiro/2012).
- História da Física - <http://historiadafisicauc.blogspot.pt/> (consultado em janeiro/2012).
- International Balzan Prize Foundation - <http://www.balzan.org/en/home.html> (consultado em agosto/2012).
- Naked Science Society - <http://www.nakedscience.org/> (consultado em dez/2012).
- SOS Capuchos - <http://soscapuchos.blogspot.pt/> (consultado em agosto/2012).
- The Geological Society - <http://www.geolsoc.org.uk/> (consultado em dez/2012).
- WikiCiências - http://wikiciencias.casadasciencias.org/index.php/P%C3%A1gina_principal (consultada em abril/2012).
- Wikipédia - <http://pt.wikipedia.org/> (consultada em agosto/2012).

Legislação consultada e citada

- Lei n.º 46/86 de 14 de outubro – Lei de Bases do Sistema Educativo (actualmente na redacção que lhe foi dada pela Lei n.º 115/97, de 19 de setembro, com as alterações e aditamentos introduzidos pela Lei n.º 49/2005, de 30 de agosto, pela Lei n.º 85/2009, de 27 de agosto e pelo Decreto-lei n.º 50/2011, de 8 de abril).
- Decreto-Lei n.º 286/89, de 29 de agosto - Aprova os planos curriculares dos ensinos básico e secundário.
- Decreto-Lei n.º 6/2001, de 18 de janeiro - Aprova a reorganização curricular do ensino básico. (rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 4 -A/2001, de 28 de fevereiro, e alterado pelos Decretos -Leis n.ºs 209/2002, de 17 de outubro, 396/2007, de 31 de dezembro, 3/2008, de 7 de janeiro e 94/2011, de 3 de agosto).
- Decreto-Lei n.º 74/2004 - Estabelece os princípios orientadores da organização e da gestão curricular, bem como da avaliação das aprendizagens, no nível secundário de educação (actualmente com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 24/2006, de 6 de Fevereiro e pelo Decreto-Lei n.º 272/2007, de 26 de Julho, rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 84/2007, de 21 de Setembro).
- Lei n.º 47/2006, de 28 de agosto - Define o regime de avaliação, certificação e adopção dos manuais escolares do ensino básico e do ensino secundário, bem como os princípios e objectivos a que

deve obedecer o apoio sócio-educativo relativamente à aquisição e ao empréstimo de manuais escolares.

Decreto-Lei n.º 261/2007, de 17 de julho - Regulamenta a Lei n.º 47/2006, de 28 de agosto.

Despacho n.º 29864/2007, de 27 de dezembro - Regulamenta os procedimentos de acreditação para avaliação dos manuais escolares e de avaliação para certificação.

Despacho n.º 415/2008, de 4 de janeiro - Fixa as condições de entrada em vigor do regime de avaliação e certificação dos manuais escolares a partir do ano lectivo de 2008/2009.

Despacho normativo n.º 14/2011, de 18 de novembro – altera e republica o despacho normativo n.º 1/2005, de 5 de janeiro que estabelece os princípios e os procedimentos a observar na avaliação das aprendizagens e competências aos alunos dos três ciclos do ensino básico.

Despacho n.º 5106-A/2012, de 12 de abril - Definição de um conjunto de normas relacionadas com as matrículas, distribuição dos alunos por escolas e agrupamentos, regime de funcionamento das escolas e constituição de turmas.

Despacho normativo n.º 13-A/2012, de 5 de junho – Organização do ano letivo.

Decreto-Lei n.º 139/2012, de 5 de julho – Estabelece os princípios orientadores da organização e da gestão dos currículos, da avaliação dos conhecimentos e capacidades a adquirir e a desenvolver pelos alunos dos ensinos básico e secundário

Portaria n.º 243/2012, de 10 de agosto (Série I) – Define o regime de organização e funcionamento dos cursos científico-humanísticos de Ciências e Tecnologias, de Ciências Socioeconómicas, de Línguas e Humanidades e de Artes Visuais, ministrados em estabelecimentos de ensino público, particular e cooperativo, e estabelece os princípios e os procedimentos a observar na avaliação e certificação dos alunos

Manuais analisados

Dias, A.G.; Guimarães, P.; Rocha, P. (2005). Geologia 12. Porto: Areal Editores.

Félix, J.M.; Sengo, I.C.; Chaves, R.B. (2006). Geologia 12.º. Porto: Porto Editora.

Ferreira, J.; Ferreira, M. (2007). Planeta com Vida 10.º. Carnaxide: Santillana Constância.

Marques, M. (2007). Uma Breve História Natural da Terra 10.º. Rio Tinto: Edições ASA.

Matias, O.; Martins, P.; Dias, A.G.; Guimarães, P.; Rocha, P. (2009). Biologia e Geologia 10.º. Porto: Areal Editores, SA.

Oliveira, Ó; Silva, J.C.; Ribeiro, E. (2009). GeoDesafios. Porto: Edições ASA.

Ribeiro, E.; Silva, J.C.; Oliveira, Ó. (2007). Desafios 10.º. Rio Tinto: Edições ASA.

Silva, A. D da; Mesquita, A.F.; Gramaxo, F.; Santos, M.E.; Baldaia, L. (2010). Terra Universo de Vida 10.º. Porto: Porto Editora.

ANEXOS

Tabela de unidades e fatores de conversão utilizados em Magnetismo (Butler, 1992)

	Sistema cgs (emu)		Sistema Internacional (SI)		Conversão
	Unidades Fundamentais	Unidades	Unidades Fundamentais	Unidades	
Energia		erg		joule (J)	1 erg = 10^{-7} Joule
Força (F)	gm cm s ⁻²	dyne	Kg m s ⁻²	newton (N)	1 dyne = 10^{-5} newton
Corrente (I)	10C s ⁻¹	abampere	C s ⁻¹	ampere (A)	1 abampere = 10 ampere
Indução Magnética (B)	0.1 gm s ⁻¹ C ⁻¹	gausse (G)	Kg s ⁻¹ C ⁻¹	tesla (T)	1 gausse = 10^{-4} tesla
Campo Magnético (H)	0.1 gm s ⁻¹ C ⁻¹	oersted (Oe)	C s ⁻¹ m ⁻¹	ampere m ⁻¹ (A/m)	1 Oe = $(1/4\pi) \times 10^3$
Magnetização (J)	0.1 gm s ⁻¹ C ⁻¹	gauss (G) (= emu cm ⁻³)	Kg s ⁻¹ C ⁻¹	tesla (T)	1 gausse = $4\pi \times 10^{-4}$ tesla
Momento Dipolar Magnético/Unidade de Volume	0.1 gm s ⁻¹ C ⁻¹	gauss (G) (= emu cm ⁻³)	C s ⁻¹ m ⁻¹	A/m	1 gausse = 10^3 A/m
Momento Magnético (M)	0.1 gm s ⁻¹ C ⁻¹ cm ³	gauss cm ³ (G cm ³ = emu)	C s ⁻¹ m ²	A m ²	1 gausse cm ³ = 10^{-3} A m ²
Susceptibilidade Magnética (χ)	Sem dimensão		Sem dimensão		$\chi(\text{cgs}) = 4\pi \chi(\text{SI})$

Escala cronostratigráfica atualizada da autoria da Geological TimeScale Foundation

(In: <https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/charts/chart.html> (consultada em abril/2012))

Divisões do Tempo Geológico

Epochem	System Era	Series	Epoch	Stage	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Terreneuvian	Fortunian	541.0 ± 1.0	↙
				Stage 2	~ 529	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Series 2	Stage 3	~ 514	↙
				Stage 4	~ 509	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Series 3	Drumian	~ 504.5	↙
				Guzhangian	~ 500.5	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Furongian	Stage 5	~ 489.4	↙
				Stage 10	~ 489.4	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Lower	Trinodocian	477.7 ± 1.4	↙
				Florian	470.0 ± 1.4	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Middle	Dapingian	467.3 ± 1.1	↙
				Darriwilian	456.4 ± 0.9	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Upper	Sandbian	453.0 ± 0.7	↙
				Katian	445.2 ± 1.4	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Landoverian	Hirnantian	443.8 ± 1.5	↙
				Rhuddanian	440.8 ± 1.2	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Wenlock	Aeronian	438.5 ± 1.1	↙
				Telychian	430.4 ± 0.8	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Silurian	Sheinwoodian	427.4 ± 0.5	↙
				Ludfordian	423.0 ± 2.3	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Silurian	Priddli	419.2 ± 3.2	↙
				Lochkovian	410.8 ± 2.8	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Devonian	Pragian	407.6 ± 2.6	↙
				Emsian	393.3 ± 1.2	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Devonian	Ellefanian	387.7 ± 0.8	↙
				Givetian	382.7 ± 1.6	↙
Phanerozoic	Paleozoic	Cambrian	Devonian	Frasnian	372.2 ± 1.6	↙
				Famennian	358.9 ± 0.4	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Tithonian	145.0 ± 0.8	↙
				Kimmeridgian	152.1 ± 0.9	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Middle	Oxfordian	163.5 ± 1.1	↙
				Callovian	168.1 ± 1.2	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Lower	Bathonian	168.3 ± 1.3	↙
				Bajocian	170.3 ± 1.4	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Triassic	Aalenian	174.1 ± 1.0	↙
				Toarcian	182.7 ± 0.7	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Triassic	Plensbachian	190.8 ± 1.0	↙
				Sinemurian	199.3 ± 0.3	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Triassic	Hettangian	201.3 ± 0.2	↙
				Rhaetian	~ 209.5	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Triassic	Norian	~ 228.4	↙
				Carnian	237.0 ± 1.0	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Triassic	Ladinian	241.5 ± 1.0	↙
				Anisien	247.1 ± 0.2	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Triassic	Olenekian	250.0 ± 0.5	↙
				Induan	252.2 ± 0.5	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Permian	Changhsingian	254.2 ± 0.3	↙
				Wuchiapingian	259.8 ± 0.4	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Permian	Cepranian	265.1 ± 0.4	↙
				Wordian	268.6 ± 0.5	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Permian	Roadian	272.3 ± 0.5	↙
				Kungurian	279.3 ± 0.6	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Permian	Artinskian	290.1 ± 0.2	↙
				Sakmarian	295.5 ± 0.4	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Permian	Asselian	298.9 ± 0.2	↙
				Gzhelian	303.7 ± 0.1	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Carboniferous	Kasimovian	307.2 ± 0.2	↙
				Moscovian	315.2 ± 0.2	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Carboniferous	Bashkirian	323.2 ± 0.4	↙
				Serpukhovian	330.9 ± 0.3	↙
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Carboniferous	Viséan	346.7 ± 0.4	↙
				Tournaisian	358.9 ± 0.4	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Berriasian	145.0 ± 0.8	↙
				Valanginian	133.9 ± 0.6	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Hauterivian	130.8 ± 0.5	↙
				Barremian	126.3 ± 0.4	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Aptian	113.0 ± 0.4	↙
				Albian	100.5 ± 0.4	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Cenomanian	93.9 ± 0.2	↙
				Turonian	89.8 ± 0.3	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Coniacian	86.3 ± 0.5	↙
				Santonian	83.6 ± 0.2	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Campanian	72.1 ± 0.2	↙
				Maestrichtian	66.0	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Danian	61.6	↙
				Selandian	59.2	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Ypresian	47.8	↙
				Thanetian	36.0	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Lutebian	41.3	↙
				Barbonian	38.0	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Eocene	Rupelian	33.9	↙
				Chattian	28.1	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Paleogene	Oligocene	Aquitanian	20.44	↙
				Burdigalian	15.97	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Miocene	Serravallian	13.82	↙
				Tortonian	11.62	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Miocene	Messinian	7.246	↙
				Zanclean	5.333	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Pliocene	Placenzian	3.600	↙
				Gelasian	2.488	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Pliocene	Calabrian	1.806	↙
				"Ionian"	0.126	↙
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	Upper	0.0118	↙

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~541 Ma to Present) and the base of the Ediacaran are (to be) defined by a basal Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the Geological TimeScale Foundation website (<https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/>)

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g. Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org). The listed numerical ages are from "The Geologic Time Scale 2012", by F. M. Gradstein, J. G. Ogg, G. Ogg and M. Schmitz. (Elsevier Publishing)

Feb. 2012

This chart was drafted by Gabi Ogg, updated from: International Stratigraphic Chart 2008 (ICS)

**Lista de verificação para a análise do conteúdo histórico de livros de ciência usada por
Leite (2002a)**

Dimensions and sub-dimensions

♦ **Type and organisation of the historical information**

- Scientists
 - Evolution of science
-

♦ **Materials used to present the historical information**

- Scientists' pictures
 - Pictures from machines, laboratory equipment, etc.
 - Original documents/texts
 - Historical experiments
 - Secondary sources
 - Texts by the textbook author(s)
 - Other
-

♦ **Correctness and accuracy of the historical information**

♦ **Contexts to which the historical information is related**

- Scientific
 - Technological
 - Social
 - Political
 - Religious
-

♦ **Status of the historical content**

- Role of the historical content in science teaching and learning
 - Target population
-

♦ **Learning activities dealing with history of science**

- Status of the activities
 - Level of the activities
 - Type of activity
-

♦ **Internal consistency of the book**

- Homogeneous
 - Heterogeneous
-

♦ **Bibliography on the history of science**

- History of science books
 - Science books with historical information
-

Categorização para avaliar a relação entre a linguagem verbal e visual no caso das representações pictóricas (A) e os aspetos relativos às representações pictóricas utilizadas nos manuais (B), usada por Parreiral e Gomes (2009)

A - Categorização		Descrição das categorias
	Categoria I	O texto não faz qualquer referência à imagem que o acompanha, encontrando-se esta última, apenas, no contexto dos conteúdos científico – didácticos apresentados.
	Categoria II	O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha, apresentando, apenas, a numeração que identifica a imagem. Exemplo: “... rochas metamórficas (fig. 23)”.
	Categoria II	O texto faz referência à imagem que o acompanha, descrevendo alguns aspectos do conteúdo que esta pretende representar. Nalguns casos alerta o leitor para a importância da sua visualização.
B - Categorização		Descrição das categorias
Legenda	SL	No caso da imagem não apresentar qualquer legenda (mais simples ou mais descritiva) foi considerada como pertencendo à categoria SL (Sem Legenda).
	LS	Considera-se a categoria Legenda Simples (LS) quando a mesma se limita a fazer referência ao objecto/processo representado, indicando, nalguns casos, o local onde foi registado (no caso das fotografias).
	LD	Considera-se a categoria Legenda Descritiva (LD) quando esta descreve, de forma mais detalhada, o objecto/processo representado, expondo, nalguns casos, aspectos do conteúdo científico – didáctico.
Escala Espacial	SE	Considera-se a categoria Sem Escala (SE) quando a fotografia não inclui qualquer escala de referência espacial, quer natural (habitações, construções, seres vivos ou outros), quer escolhida, propositadamente, pelo fotógrafo/geólogo (martelo, moeda ou outros).
	CENR	Considera-se a categoria Com Escala (CE) quando a fotografia utiliza uma escala de referência espacial, natural (habitações, construções, seres vivos e outros) ou propositada (martelo, moeda ou outros). Contudo, os aspectos relativos à utilização/importância dessa escala não são mencionados (no corpo de texto ou na própria legenda), ou seja, Não são Referenciadas (NR).
	CER	Considera-se a categoria Com Escala (CE) quando a fotografia utiliza uma escala de referência espacial, tal como na categoria anterior. Nesta categoria são referenciados, no corpo do texto ou na própria legenda, aspectos relacionados com a utilização/importância dessa escala (Com Escala Referenciada) (CER).

Análise qualitativa segundo as categorias pré-definidas - 10.º Biologia e Geologia¹²²

1.º Categoria - **Tipo e Organização da Informação Histórica**

◆ Sub-categoria: Evolução do Conhecimento Científico

Referências a progressos científicos

Manual A – p.149 (19); p.153 (5)

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual D – p.168 (3); p.168 (5)

Manual E – p.119 (1)

Descrição de atividades, observação/experimentação ao longo do tempo

Manual A – p.151 (9); p.151 (20); p.152 (25); p.153 (5); p.153 (8)

Manual B – p.114 (10); p.114 (16); p.115 (18)

Manual C – -----

Manual D – p.165 (4); p.165 (17); p.166 (15); p.168 (3); p.169 (11)

Manual E – p.119 (4); p.121 (1); p.122 (11)

Modelos evolutivos

Perspetiva linear e acumulativa

Manual A – p.150 (8)

Manual B – p.114 (5); p.117 (9)

Manual C – p.141 (2); p.143 (1); p.143 (12)

Manual D – p.163 (11); p.166 (1); p.166 (14); p.167 (21); p.168 (11); p.168 (13)

Manual E – p.115 (10); p.117 (27); p.118 (21); p.119 (7); p.119 (11); p.122 (17)

Referências a revoluções científicas, controvérsias, mudanças teóricas, etc.

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

¹²² Para cada manual é indicada a página, seguida da indicação da linha, expressão ou número da figura, entre parêntesis, onde se verifica a característica em análise.

Manual D – -----

Manual E – -----

Responsáveis pela evolução

Trabalho individual

Manual A – p.152 ('Airy')

Manual B – p.114 (24) ('Newton')

Manual C – p.144 (3) ('Newton')

Manual D – -----

Manual E – p.119 (1) ('Patrick Blackett')

Grupos restritos (≤ 3)

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual D – -----

Manual E – -----

Comunidades científicas (> 3)

Manual A – -----

Manual B – p.114 (3) ('Os cientistas'); p.117 (9) ('Os cientistas')

Manual C – p.141 (8) ('Os investigadores'); p.143 (12) ('Alguns investigadores')

Manual D – p.166 (20) ('Os geólogos')

Manual E – -----

◆ Sub-categoria: Os Protagonistas

Dados biográficos

Manual A – p.153 (D. João de Castro)

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual D – -----

Manual E – -----

Características pessoais

- Manual A – p.153 (D. João de Castro)
Manual B – -----
Manual C – -----
Manual D – -----
Manual E – p.119 (1) (Patrick Blackett)
-

Episódios com interesse

- Manual A – p.153 (D. João de Castro); p.156 (Expedição polar)
Manual B – -----
Manual C – -----
Manual D – -----
Manual E – -----
-

2.º Categoria - **Estatuto dos conteúdos sobre Paleomagnetismo**

◆ Sub-categoria: Essencial/básico¹²³

- Manual A – -----
Manual B – -----
Manual C – -----
Manual D – -----
Manual E – -----
-

◆ Sub-categoria: Complementar¹²⁴

- Manual A – p.152 (25) (‘anomalias magnéticas’)
Manual B – -----
Manual C – p.143 (8) (‘inversões magnéticas’)
Manual D¹²⁵ – p.168 (1) (‘inversões de polaridade’); p.168 (9) (‘estudos paleomagnéticos’)

¹²³ Conteúdo essencial: corresponde ao que está definido no programa da disciplina.

¹²⁴ Conteúdo complementar: corresponde ao que é de enriquecimento.

Manual E – p.118 (18) (‘campo paleomagnético’); p.118 (19) (‘definição de paleomagnetismo’);
p.118 (25) (‘inversões do campo magnético’); p.119 (6) (‘anomalias magnéticas’);
p.120 (10) (utilizações do paleomagnetismo)

Nota: Os conteúdos programáticos para BG do 10.º ano apenas preveem a lecionação do Geomagnetismo. Contudo, como alguns manuais também fazem referência a conceitos no âmbito do paleomagnetismo, consideram-se complementares todas as referências e esta matéria.

3.º Categoria - **Material usado para apresentar a informação histórica**

◆ Sub-categoria: Representações pictóricas

Pessoais

Manual A – -----
Manual B – -----
Manual C – -----
Manual D – -----
Manual E – -----

Instrumentos/Equipamentos

Manual A – -----
Manual B – -----
Manual C – -----
Manual D – -----
Manual E – p.119 (fig.8 - Magnetómetro)

◆ Sub-categoria: Documentos/textos

Manual A – -----
Manual B – -----
Manual C – -----

¹²⁵ Neste manual os conceitos de ‘anomalias magnéticas’ e de ‘inversões de polaridade’ são apresentados como sinónimos.

Manual D – -----

Manual E – -----

◆ Sub-categoria: Relatos de observações/experiências históricas

Manual A – p.152 (experiência de Airy); p.156 (expedição polar)

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual D – -----

Manual E – -----

4.º Categoria - **Proposta de atividades envolvendo o Paleomagnetismo**^{126, 127},

◆ Sub-categoria: Obrigatoriedade ou não na realização das atividades

Atividades Prioritárias

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – p.119 (DOC. 3)

Manual E₁ – -----

Atividades Livres/facultativas

Manual A – p.156 (DOC.1)

Manual B – -----

Manual C – -----

¹²⁶ Os manuais C1, D1 e E1 correspondem aos cadernos de atividades que acompanham os manuais do professor.

¹²⁷ Os manuais A₁ e B₁ não foram avaliados nesta categoria, pois não abordam o conteúdo “Métodos para o estudo do interior da Geosfera”.

Manual C₁ – p.21 (exerc. 2.4)

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – p.179 (exerc. 1.1); p.180 (exerc. 3.)

Manual E₁ – p.30 (exerc. 2); p.31 (exerc. 3)

◆ Sub-categoria: Tipologia das atividades

Leitura guiada

Manual A – p.156 (DOC.1)

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – -----

Pesquisa bibliográfica

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – -----

Realização de experiências

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – -----

Análise de dados

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – p. 21 (exerc. 2.4)

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – p.119 (DOC. 3); p.180 (exerc. 3.)

Manual E₁ – p.30 (exerc. 2); p.31 (exerc. 3)

Outro

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – p.179 (exerc. 1.1)

5.º Categoria - **Representação pictórica e relação com a linguagem verbal**¹²⁸

◆ Sub-categoria: O texto não faz referência à representação pictórica que o acompanha

Manual A – p.152 (fig. A e B); p.156 (fig. 1)

¹²⁸ Os manuais A1 e B1 não foram avaliados nesta categoria, pois não abordam o conteúdo “Métodos para o estudo do interior da Geosfera”.

Manual B – p.114; p.115 (2.ª figura); p.117 (as 2 figuras).
Manual C – p.141; p.142 (figura do íman); p.145; p.147 (as 2 figuras); p.149
Manual C₁ – -----
Manual D – p.164 (fig. 8); p.170 (fig. 15)
Manual D₁ – -----
Manual E – p.115 (fig. 4.); p.116 (fig. 5.); p.117 (fig. 6.); p.118 (fig. 7.); p.119 (figura do DOC.3);
p.120 (fig. 9.); p.121 (fig. 10.)
Manual E₁ – p.30 (fig.1.)

◆ Sub-categoria: O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha

Manual A – p.155 (1.ª figura)
Manual B – -----
Manual C – -----
Manual C₁ – -----
Manual D – -----
Manual D₁ – -----
Manual E – -----
Manual E₁ – p.33 (fig.5.)

◆ Sub-categoria: O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha, descrevendo alguns aspetos do conteúdo que esta pretende representar

Manual A – p.149 (fig. 4 e 5); p.150 (fig. 6 e 7); p.151 (fig. 8 e 9); p.152 (fig. 10); p.153 (fig. 11);
p.155 (2 últimas figuras)
Manual B – p.115 (1.ª figura)
Manual C – p.142 (fig. 2)
Manual C₁ – p.21; p.22 (as 2 figuras)
Manual D – p.163 (fig. 6 e 7); p.165 (fig. 9); p.166 (fig. 10 e 11); p.167 (fig. 12); p.168 (fig. 13);
p.169 (fig. 14); p.170 (fig. 16); p.244 (1.ª figura)
Manual D₁ – p.42; p.43; p.44
Manual E – p.179 (fig. 97.); p.180 (fig. 98. e 99.)
Manual E₁ – p.30 (fig. 2.); p.31 (fig. 3.); p.32 (fig.4.)

Tipologia das representações pictóricas

- Fotografias

Manual A – p.156 (fig.1)

Manual B – -----

Manual C – p.147 (amostra de mão)

Manual C₁ – -----

Manual D – p.169 (fig.14-composta por 2 fotografias)

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – -----

- Desenhos/ilustrações

Manual A – p.150 (Fig.7); p.152 (Fig.10, desenhos A e B)

Manual B – p.114; p.115 (2 figuras); p.117 (2 figuras)

Manual C – p.141; p.142 (2 figuras); p.145; p.149

Manual C₁ – p.21; p.22 (1.ª figura)

Manual D – p.163 (fig.7-composta por 2 desenhos); p.164 (fig.8-composta por 2 desenhos); p.165 (fig.9-composta por 2 desenhos); p.166 (fig.10 e 11); p.167 (fig.12); p.168 (fig.13)

Manual D₁ – p.44

Manual E – p.115 (fig.4.); p.116 (fig.5.); p.120 (fig. 9.- composta por dois desenhos); p.179 (fig.97.)

Manual E₁ – p.30 (fig.1. e 2.)

- Esquemas

Manual A – p.155 (1.ª figura)

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Manual D – p.163 (fig.6)

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – -----

- Gráficos

Manual A – p.149 (Fig.4 e 5); p.150 (Fig.6); p.151 (Fig. 8 e 9); p.155 (2 últimas figuras)

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – p.22 (2.ª figura)

Manual D – p.170 (Fig. 15 e 16); p.244 (1.ª figura)

Manual D₁ – p.43

Manual E – p.117 (fig.6.); p.121 (fig.10.); p.180 (fig.98. e 99.)

Manual E₁ – p.32 (fig.4.)

- Mapas

Manual A – p.153 (Fig.11)

Manual B – -----

Manual C – p.147 (mapa de Portugal)

Manual C₁ – -----

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – p.33 (fig.5)

- Associação de tipologias

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Manual D – -----

Manual D₁ – p.42 (Gráfico e desenho)

Manual E – p.118 (fig.7.- Desenho e fotografia); p.119 (DOC.3-Fotografia, desenho e gráfico)

Manual E₁ – p.31 (fig. 3.- Gráfico e desenho)

6.º Categoria - **Aspetos relativos às Representações pictóricas**¹²⁹

◆ Sub-categoria: Legenda

Sem legenda (SL)

Manual A – p.155 (1.ª e 3.ª figuras)

Manual B – p.114; p.115 (2 figuras); p.117 (2 figuras)

Manual C – p.147 (mapa de Portugal); p.149

Manual C₁ – p.21; p.22 (2 figuras)

Manual D – p.244 (1.ª figura)

Manual D₁ – p.43; p.44

Manual E – p.116 (fig. 5.); p.120 (fig. 9.); p.121 (fig. 10.); p.179 (fig. 97.); p.180 (fig. 98. e 99.)

Manual E₁ – p.30 (fig. 1. e 2.); p.31 (fig. 3.); p.32 (fig.4.)

Legenda simples (LS)

Manual A – p.150 (fig. 6); p.151 (fig. 8 e 9); p.152 (fig. 10, imagem A e B); p.155 (2.ª figura);
p.156 (fig. 1)

Manual B – -----

Manual C – p.141; p.142 (fig. 2 e íman); p.145; p.147 (amostra de mão)

Manual C₁ – -----

Manual D – p.163 (fig. 6); p.164 (fig. 8); p.165 (fig. 9); p.166 (fig. 10); p.170 (fig. 15 e 16)

Manual D₁ – p.42 (fig. A e B)

Manual E – p.115 (fig. 4.); p.117 (fig. 6.); p.118 (fig. 7.); p.119 (figura do DOC.3)

Manual E₁ – p.33 (fig.5.)

Legenda descritiva (LD)

Manual A – p.149 (fig. 4 e 5); p.150 (fig. 7); p.153 (fig.11);

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

¹²⁹ Os manuais A1 e B1 não foram avaliados nesta categoria, pois não abordam o conteúdo “Métodos para o estudo do interior da Geosfera”.

Manual D – p.163 (fig. 7); p.166 (fig. 11); p.167 (fig. 12); p.168 (fig. 13); p.169 (fig. 14)

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – -----

◆ Sub-categoria: Escala espacial

Sem escala (SE)

Manual A – p.156 (fig.1)

Manual B – -----

Manual C – p.147 (amostra de mão)

Manual C₁ – -----

Manual D – p.169 (fig.14)

Manual D₁ – -----

Manual E – -----

Manual E₁ – -----

Com escala (CE)

Manual A – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Manual D – -----

Manual D₁ – -----

Manual E – p. 118 (fig.7.- amostra de mão e bússola.); p.119 (fig.8.- magnetómetro.)

Manual E₁ – -----

Análise qualitativa segundo as categorias pré-definidas - 12.º Geologia¹³⁰

1.º Categoria - **Tipo e Organização da Informação Histórica**

◆ Sub-categoria: Evolução do Conhecimento Científico

Referências a progressos científicos

Manual A – p.26 (1); p.26 (22); p.28 (2); p.29 (3); p.29 (28); p.30 (10); p.31 (16); p.32 (22); p.35 (3); p.36 (5); p.40 (16); p.41 (19); p.41 (24); p.41 (28)

Manual B – p.25 (11); p.25 (13); p.25 (15); p.25 (20); p.25 (25); p.25 (27); p.25 (36); p.25 (38); p.25 (43); p.31 (18); p.31 (30); p.32 (17); p.34 (16); p.34 (21); p.34 (25)

Manual C – p.22 (5); p.22 (10); p.24 (4); p.24 (7); p.26 (11); p.28 (2); p.28 (11); p.28 (22); p.30 (12); p.31 (16)

Descrição de atividades, observação/experimentação ao longo do tempo

Manual A – p.26 (10); p.26 (17); p.26 (24); p.28 (3); p.32 (8); p.32 (11); p.32 (23); p.34 (2); p.35 (6); p.36 (1); p.41 (30); p.41 (35)

Manual B – p.25 (17); p.25 (26); p.25 (34); p.31 (24); p.32 (14)

Manual C – p.26 (11); p.26 (18); p.31 (2)

Modelos evolutivos

Perspetiva linear e acumulativa

Manual A – p.26 (5); p.28 (2); p.28 (8); p.29 (19); p.29 (34); p.30 (1); p.31 (22); p.34 (5); p.35 (7); p.37 (2); p.40 (1); p.41 (30)

Manual B – p.32 (22)

Manual C – p.31 (18); p.31 (20)

Referências a revoluções científicas, controvérsias, mudanças teóricas, etc.

Manual A – p.26 (9); p.29 (10); p.29 (12); p.37. (3); p.30 (26); p.35 (10); p.40 (12); p.41 (8); p.41 (20)

Manual B – p.29 (8); p.32 (2); p.32 (12); p.34 (13); p.34 (31); p.34 (42)

Manual C – p.24 (4); p.24 (17); p.26 (21); p.28 (7); p.31 (17)

¹³⁰ Para cada manual é indicada a página, seguida da indicação da linha, expressão ou número da figura, entre parêntesis, onde se verifica a característica em análise.

Responsáveis pela evolução

Trabalho individual

Manual A – p.26, 28, 29, 30, 35 e 41 (Harry Hesse); p.29 e 41 (Alfred Wegener); p.29, 30 e 41 (Robert Dietz); p.35 e 36 (Tuzo Wilson); p.37 (Xavier Le Pichon)

Manual B – p.25 (Mathews Maur); p.29 (Alfred Wegener); p.31 (Bernard Brunhes); p.31 (Motonari Matuyama); p.34 (Tuzo Wilson)

Manual C – p.22, 24 e 31 (Arthur Holmes); p.24 (Alfred Wegener); p.24, 28 e 31 (Harry Hess); p.26 (Patrick Blacket); p.31 (L. W. Morley); p.28 (Tuzo Wilson); p.31 (Francis Bacon); p.31 (F. B. Taylor); p.31 (Robert Dietz)

Grupos restritos (≤ 3)

Manual A – p.32, 34 e 35 (Fred Wine e Drummond Mathews)

Manual B – p.32 (Fred Wine e Drummond Mathews)

Manual C – p.28 e 31 (Fred Wine e Drummond Mathews)

Comunidades científicas (> 3)

Manual A – p.26 (‘Centenas de expedições marinhas’); p.28 (‘Estudos oceanográficos’); p.32 (‘Alguns investigadores’); p.36 (‘Estudos geofísicos’); p.37 (‘Vários investigadores’)

Manual B – p.25 (‘Maioria dos geólogos’); p.25 (‘Diversos cientistas’)

Manual C – p.28 (‘Os cientistas’)

◆ Sub-categoria: Os Protagonistas

Dados biográficos

Manual A – p.26 (Harry Hess); p.29 (Robert Dietz); p. 35 (Tuzo Wilson)

Manual B – -----

Manual C – p.24 e 76 (Harry Hess); p.72 (Alfred Wegener); p. 76 (Arthur Holmes)

Características pessoais

Manual A – p.26 (Harry Hess); p.35 (Tuzo Wilson)

Manual B – p.25 (Matthew Maur); p.32 (Fred Wine); p.32 (Drummond Matthews); p.34 e 64 (Tuzo Wilson); p.64 e 65 (Alfred Wegener); p.64 (Bruce Heezen); p.64 (Marie Tharp); p.64 (Harry Hess); p.64 (Richard Doell); p.64 (Brent Dalrymple); p.64 (Jack Oliver); p.64 (Lynn Sykes); p.64 (Bryan Isaacs); p.64 (Xavier Le Pichon)

Manual C – p.24 e 76 (Harry Hess); p.26 (Patrick Blackett); p.76 (Alfred Wegener); p.76 (Arthur Holmes); p.28 (Tuzo Wilson); p.31 (F. B. Taylor); p.31 (L. W. Morley)

Episódios com interesse

Manual A – -----

Manual B – p.24 (7); p.29 (7)

Manual C – p.22 (7); p.31 (7); p.31 (11); p.31 (23)

2.º Categoria - **Estatuto dos conteúdos sobre Paleomagnetismo**

◆ Sub-categoria: Essencial/básico¹³¹

Manual A – p.31 (‘definição de paleomagnetismo’); p.32 (‘inversões de polaridade’)

Manual B – p.31 (‘inversões de polaridade’ e ‘definição de paleomagnetismo’)

Manual C – p.25 (‘inversões de polaridade’); p.26 (‘definição de paleomagnetismo’)

◆ Sub-categoria: Complementar¹³²

Manual A – -----

Manual B – p.29 e 30 (‘vetores’ e ‘inclinação/declinação magnética’)

Manual C – -----

3.º Categoria - **Material usado para apresentar a informação histórica**

◆ Sub-categoria: Representações pictóricas

Pessoais

Manual A – p.26 (fig1-Harry Hess); p.29 (fig.4-Robert Dietz); p.35 (fig12-Tuzo Wilson)

Manual B – -----

Manual C – p.76 (Harry Hess); p.76 (Alfred Wegener); p.76 (Arthur Holmes)

Instrumentos/Equipamentos

¹³¹ Conteúdo essencial: corresponde ao que está definido no programa da disciplina.

¹³² Conteúdo complementar: corresponde ao que é de enriquecimento.

Manual A – p.35 (fig.14- navio ‘Glomar Challenger’)

Manual B – p.25 (fig.12- aparelho ‘sonar’); p.32 (fig.19- navio ‘Joides Resolution’)

Manual C – p.26 (fig.11A- navio ‘Joides Resolution’)

◆ Sub-categoria: Documentos/textos

Manual A – -----

Manual B – p.24 (33)

Manual C – -----

◆ Sub-categoria: Relatos de observações/experiências históricas

Manual A – -----

Manual B – p.65

Manual C – -----

4.º Categoria - **Proposta de atividades envolvendo o Paleomagnetismo**¹³³

◆ Sub-categoria: Obrigatoriedade ou não na realização das atividades

Atividades Prioritárias

Manual A – p.33 (atividade experimental)

Manual A₁ – -----

Manual B – p.33 (atividade prática)

Manual C – p.23 (ACT. 3); p.32 (LAB.1)

Manual C₁ – -----

Atividades Livres/facultativas

Manual A – p.46 (exerc.11 e 12)

Manual A₁ – p.18 (exerc.2.); p.19 (exerc.3.)

Manual B – p.66 (exerc.1.6. e 2.1.); p.67

Manual C – p. 70 (exerc.3.6 e 4); p.72 (exerc.6)

¹³³ Os manuais A1 e C1 correspondem aos cadernos de atividades que acompanham os manuais do professor. O manual B não se faz acompanhar de caderno de atividades.

Manual C₁ – p.11 (exerc.8.4); p.12 (exerc.9 e 10); p.14 (exerc.12.8); p.21 (Doc. 2)

◆ Sub-categoria: Tipologia das atividades

Leitura guiada

Manual A – -----

Manual A₁ – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – p.21 (Doc. 2)

Pesquisa bibliográfica

Manual A – -----

Manual A₁ – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

Realização de experiências

Manual A – p.33 (atividade experimental)

Manual A₁ – -----

Manual B – -----

Manual C – p.32 (LAB.1)

Manual C₁ – -----

Análise de dados

Manual A – -----

Manual A₁ – p.19 (exerc.3)

Manual B – p.33 (atividade prática); p.67 (exerc.2)

Manual C – p.23 (ACT. 3); p.70 (exerc.4); p.72 (exerc.6)

Manual C₁ – p.11 (exerc.8.4); p.12 (exerc.9 e 10)

Outro

Manual A – p.46 (exerc.11 e 12)

Manual A₁ – p.18 (exerc.2)

Manual B – p.66 (exerc.1.6. e 2.1.)

Manual C – p.70 (exerc.3.6); p.74 (exerc.11)

Manual C₁ – p.14 (exerc.12.8)

5.º Categoria - **Representação pictórica e relação com a linguagem verbal**

◆ Sub-categoria: O texto não faz referência à representação pictórica que o acompanha

Manual A – p.26 (fig.1); p.28 (fig.2); p. 29 (fig.3 e 4); p. 30 (fig.5 e 6); p. 31 (fig.7 e 8); p.32 (fig.9); p.33 (fig.10); p.34 (fig.11); p.35 (fig.12, 13 e 14); p.36 (fig.15 e 16); p.37 (fig.17 e 18); p.38; p.39; p.40 (fig. 19)

Manual A₁ – p.18

Manual B – p.25 (fig.12); p.26 (fig.13); p.28 (fig.14); p.29 (fig.15); p.30 (fig.16); p.31 (fig.17); p.32 (fig.18 e 19); p.33 (fig.20 e 21); p. 35 (fig. 22); p. 65 (6 figuras); p.67 (fig.1)

Manual C – p.23 (fig.7); p.30; p.32 (fig.16); p.76 (4 figuras)

Manual C₁ – p.20; p.21

◆ Sub-categoria: O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha

Manual A – -----

Manual A₁ – -----

Manual B – -----

Manual C – p.24 (fig.8)

Manual C₁ – -----

◆ Sub-categoria: O texto faz referência à representação pictórica que o acompanha, descrevendo alguns aspetos do conteúdo que esta pretende representar

Manual A – p.45

Manual A₁ – p.19 (fig.1.)

Manual B – -----

Manual C – p.25 (fig.9); p.26 (fig.10 e 11); p.27 (fig.12 e 13); p.28 (fig.14); p.29 (fig. 15); p.70;
p.71 p.72

Manual C₁ – p.11 (2 figuras); p.12 (2 figuras); p.22; p.14

Tipologia das representações pictóricas

- Fotografias

Manual A – p.26 (fig.1); p.29 (fig.4); p.35 (fig.12 e 14)

Manual A₁ – p.18

Manual B – p.25 (fig.12); p.32 (fig.19); p.65 (última figura da página)

Manual C – p.76 (4 fotografias)

Manual C₁ – p.20

- Desenhos/ilustrações

Manual A – p.29 (fig.3); p.30 (fig.5 e 6); p.31 (fig.7 e 8); p.32 (fig.9); p.33 (fig.10- composta por
2 desenhos); p.34 (fig.11); p.38 (composta por 5 desenhos); p.39; p.40

Manual A₁ – p.19 (fig.1.)

Manual B – p.29 (fig.15); p.30 (fig.16); p.31 (fig.17- composta por 2 desenhos); p.32 (fig.18);
p.65 (2.^a, 3.^a, 4.^a e 5.^a figuras da página)

Manual C – p.24 (fig.8- composta por 3 desenhos); p.25 (fig.9- composta por 3 desenhos); p.27
(fig.12); p.28 (fig.14); p.32 (fig.16); p.71

Manual C₁ – p.12 (as 2 figuras da página); p.14 (1.^a figura da página)

- Esquemas

Manual A – -----

Manual A₁ – -----

Manual B – -----

Manual C – -----

Manual C₁ – -----

- Gráficos

Manual A – p.45

Manual A₁ – -----

Manual B – p.33 (fig.20)

Manual C – p.72

Manual C₁ – p.22

- Mapas

Manual A – p.28 (fig.2); p.35 (fig.13); p.36 (fig.15 e 16); p.37 (fig.17 e 18)

Manual A₁ – -----

Manual B – p.26 (fig.13); p.33 (fig.21); p.65 (1.ª figura da página)

Manual C – p.27 (fig.13); p.30; p.70

Manual C₁ – -----

- Associação de tipologias

Manual A – -----

Manual A₁ – -----

Manual B – p.28 (fig.14- gráfico e mapa); p.35 (fig.22- mapa e desenho); p.67 (fig.1- gráfico e mapa)

Manual C – p.23 (fig.7- mapa, desenho e gráfico); p.26 (Fig.11- fotografia e desenho); p.29 (fig.15- mapa e desenho)

Manual C₁ – p.11 (1.ª figura da página- desenho e mapa e 2.ª figura da página- desenho e gráfico)

6.º Categoria - **Aspetos relativos às Representações pictóricas**

◆ Sub-categoria: Legenda

Sem legenda (SL)

Manual A – p.39; p.45

Manual A₁ – p.18; p.19 (fig.1.)

Manual B – p.29 (fig.15); p.30 (fig.16); p.31 (fig.17); p.65 (6 figuras)

Manual C – p.30; p.70; p.71; p.72

Manual C₁ – p.11 (2 figuras); p.12 (2 figuras); p.21; p. 22

Legenda simples (LS)

Manual A – p.26 (fig.1); p.28 (fig.2); p.29 (fig.3 e 4); p.30 (fig.5); p.31 (fig.7 e 8); p.33 (fig.10); p.34 (fig.11); p.35 (fig.12 e 14); p.36 (fig.15 e 16); p.37 (fig.17 e 18); p.38

Manual A₁ – -----

Manual B – p.26 (fig.13); p.28 (fig.14); p.32 (fig.18 e 19); p.33 (fig.20 e 21); p.35 (fig.22); p.67 (fig. 1)

Manual C – p.23 (fig.7); p.24 (fig.8); p.26 (fig.10); p.27 (fig.13); p.28 (fig.14); p.29 (fig.15); p.32 (fig.16)

Manual C₁ – p.14

Legenda descritiva (LD)

Manual A – p.30 (fig.6); p.32 (fig.9); p.35 (fig.13); p.40 (fig.19)

Manual A₁ – -----

Manual B – p.25 (fig.12)

Manual C – p.25 (fig.9); p.26 (fig.11); p.27 (fig.12); p.76 (4 figuras)

Manual C₁ – p.20

◆ Sub-categoria: Escala espacial

Sem escala (SE)

Manual A – p.35 (fig.14)

Manual A₁ – p.18

Manual B – p.25 (fig.12); p.32 (fig.19); p.65 (última figura da página)

Manual C – p.26 (fig.11)

Manual C₁ – p.20

Com escala (CE)

Manual A – p.26 (fig.1); p.29 (fig.4); p.35 (fig.12)

Manual A₁ – -----

Manual B – -----

Manual C – p. 76 (4 fotografias)

Manual C₁ – -----

Transcrição das respostas à entrevista semiestruturada

Q1. Sabendo que os estudos de paleomagnetismo foram muito importantes para o desenvolvimento dos modelos subjacentes à proposta e desenvolvimento da Teoria da Tectónica de Placas, acha que o paleomagnetismo deveria ser mais aprofundado nos currículos:

Q1.1 – do ensino secundário? Porquê?

Entrevista 1

“Sim. As orientações curriculares não se coadunam com os princípios subjacentes ao programa da disciplina. Especificamente, o aprofundar de um dado conceito à medida que avança o ano de escolaridade. No 10.º ano o professor leciona o geomagnetismo, sendo obrigatória a explicitação do paleomagnetismo.”

Entrevista 2

“Sim. O paleomagnetismo é abordado de uma forma demasiado simplificada para que os alunos consigam verdadeiramente compreender a importância destes estudos.”

Entrevista 3

“Sim. Talvez mais fundamentado a nível de pesquisa experimental, no que respeita a estudos concretos referenciados a problemas que permitiram a progressão na formulação do modelo.”

Entrevista 4

“Sim. Sobretudo a nível do 10.º ano de escolaridade, aborda-se numa perspectiva muito superficial e depois constata-se que os exames vão a um nível de exigência muito superior. Para além disso é uma temática que se for bem compreendida pelos alunos os ajuda muito a compreender a Tectónica de Placas. A pertinência da temática para a compreensão da Tectónica de Placas dá uma perspectiva integradora da própria teoria.”

Entrevista 5

“Sim. Nos manuais de 10.º ano a informação é residual e muito pouco concreta.”

Q1.2 – de Geologia do 12.º ano? Porquê?

Entrevista 1

“Sim. Mais aprofundado e clarificado. Verifica-se que é um tema em que os alunos revelam dificuldades e estão intimamente ligadas à compreensão do conceito em si e logo não podem compreender a transversalidade da temática.”

Entrevista 2

“Sim. De uma forma prática deveria ser mais aprofundado. Na teoria está bem desenvolvido.”

Entrevista 3

“Sim. Talvez no sentido de nos apontarem pequenas experiências de serem exequíveis no nosso laboratório acompanhadas de vídeos ou outras ilustrações.”

Entrevista 4

“Sim. Uma das razões é que se for bem compreendida pelos alunos, os ajuda a ter uma visão mais integradora da Tectónica de Placas e dos fenómenos geológicos, climáticos e até

biológicos relacionados com a própria história da Terra.”

Entrevista 5

“Sim. A informação teórica não é muito desenvolvida e as atividades práticas são em pequeno número. Julgo que os manuais deveriam ter mais exercícios de aplicação sobre esta matéria.”

Q2. Considera importante a História da Ciência na leccionação desta temática? Porquê?

Entrevista 1

“Sim. Para ter a noção de que a ciência está em constante construção; que muitas teorias que hoje validamos foram fruto de descobertas científicas e tecnológicas e que há um tempo atrás não eram exequíveis.”

Entrevista 2

“Sim. Considero que a ciência e sociedade são inseparáveis e tanto agora como antigamente a sociedade sempre condicionou a ciência e vice-versa. Acho importante os alunos terem noção dos entraves (bloqueios) na evolução do conhecimento. Bloqueios que continuam a existir.”

Entrevista 3

“Sim, fundamental. Na medida em que se compreendermos como tudo nasce, por exemplo, como funcionam os mecanismos da natureza que gradualmente vão sendo descobertos, por quem e da forma como vão sendo conseguidos os conhecimentos. Assim, compreenderemos melhor e de forma mais fácil se fará a assimilação destas ideias descobertas.”

Entrevista 4

“Sim, muito importante. Sobretudo porque nos ajuda a fazer com que os alunos compreendam a forma como se construiu, passo a passo, o conhecimento científico que está relacionado com a Tectónica de Placas. Para além disso, ajuda o aluno a compreender as dificuldades que os cientistas tiveram, quer a nível do conhecimento científico, quer a nível dos instrumentos e tecnologias que utilizavam, quer a nível dos contextos sociais que dificultaram a própria evolução da Tectónica de Placas.”

Entrevista 5

“Sim, sem dúvida. A evolução da ciência sempre foi fortemente condicionada pela sociedade e vice-versa. É importante os alunos perceberem as dificuldades que os cientistas foram tendo para conseguir fazer valer a sua opinião.”

Q3. Considera que a componente da História da Ciência, incluída no manual escolar de Geologia do 12.º ano com que trabalha/trabalhou, é suficientemente desenvolvida tendo em conta as orientações curriculares? Porquê?

Entrevista 1

“Sim. Abordava os assuntos principais.”

Entrevista 2

“Não. Um só manual não aborda todas as frentes da História da Ciência. Houve necessidade da minha parte, como docente, em encontrar informação noutros manuais.”

Entrevista 3

“Não parece. Exactamente acho que faltam, por vezes, demonstrações da prática e dos estudos que os investigadores apontados fizeram. Não me parece muito atractivo.”

Entrevista 4

“Não. Poderia ser mais aprofundada a História da Ciência pela importância de que se reveste. O que me leva a nível individual, como professora, a consultar os três livros e ver se encontro alguma novidade e dar o máximo de informação aos alunos. Complementar a informação e partilhá-la com os alunos.”

Entrevista 5

“Não. Para complementar senti necessidade de consultar outras fontes bibliográficas e fornecer mais informação aos alunos.”

Q4. Em sua opinião, é importante a realização de actividades práticas para a compreensão desta temática? Porquê?

Entrevista 1

“Sim. Porque qualquer conteúdo geológico, face à escala que o contextualiza, deve ter, sempre possível, uma forte componente prática. Se possível de campo ou laboratorial e apoiada em modelos analógicos.”

Entrevista 2

“Sim. Apenas com a teoria o aluno não consegue apreender a verdadeira importância do estudo do paleomagnetismo, nem perceber para que serve e como se processa.”

Entrevista 3

“Sim, fundamental. A visualização e a execução de actividades práticas e experimentais contribuem para a assimilação das ideias e dos conhecimentos que mais facilmente podem ser utilizados, nos mais diversos raciocínios necessários para responder a perguntas.”

Entrevista 4

“Sim, muito importante. Sobretudo porque é uma temática complexa e exige conceitos de física, que eles têm dificuldade em integrar e ir buscar informação à física. E as actividades práticas, se as realizarmos numa perspectiva em que o aluno tem um papel activo, podemos levá-lo a compreender vários aspectos do paleomagnetismo.”

Entrevista 5

“Sim. Esta matéria já é difícil para os alunos. Se não for complementada com actividades práticas torna-se mais difícil de perceber.”

Q5. Quando leccionou o paleomagnetismo teve dificuldades? Se sim, quais?

Entrevista 1

“Sim. Nas paleolatitudes. Relacionar a deriva dos continentes com o paleomagnetismo.”

Entrevista 2

“Sim. É um conceito complicado para os alunos adquirirem. Questionam-me muitas vezes como o ser humano “sabe isto”, apesar de serem confrontados com muitos estudos. Os alunos são

muito cépticos.”

Entrevista 3

“Não.”

Entrevista 4

“Sim. Dificuldades no conceito de polaridade normal e polaridade inversa em relação à posição do norte magnético e norte geográfico.

Dificuldades em lhes explicar como os minerais da rochas magnéticas orientam a sua posição em relação ao campo vigente e em relação à latitude em que se encontram.”

Entrevista 5

“Não. Julgo que não.”

Q6. Em sua opinião, quais são as dúvidas principais dos alunos?

Entrevista 1

“Tudo o que implique relações. Relação do paleomagnetismo com a deriva continental e a tectónica de placas. Geomagnetismo e paleomagnetismo é tudo a mesma coisa.”

Entrevista 2

“As dúvidas que apresentam mais são: Como são determinadas as inversões?; porque acontecem?; e uma vez que a ciência não tem respostas leva-os a duvidar se não passarão de teorias.”

Entrevista 3

“Eles têm uma certa dificuldade em compreender que a Terra é envolvida por um campo de forças com determinado sentido de linhas de orientação, que têm que ver com a dinâmica do interior do planeta e permite relacionar com a orientação da bússola.

Outra dúvida é perceber concretamente o paleomagnetismo fóssil, “O que é?!”

Ainda uma outra, que é o que permite concluir-se estudos sobre o afastamento dos oceanos.”

Entrevista 4

“As dúvidas principais dos alunos têm que ver com as dificuldades do professor. Onde o professor não consegue chegar melhor, os alunos têm mais dificuldade. Algumas dúvidas dos alunos advêm de esquemas menos correctos nos manuais, nomeadamente, as cores das faixas dos fundos oceânicos.”

Entrevista 5

“As principais dúvidas são o de perceber como pode existir o campo magnético e porquê que existe. E como podemos ter a certeza de como é que o campo magnético antigo era mesmo assim. É o porquê das inversões. Como ocorrem?”

Q7. Qual o manual escolar utilizado no último ano de leccionação de Geologia do 12.º ano de escolaridade?

Entrevista 1

“O manual 12C.”

Entrevista 2

“O manual 12B.”

Entrevista 3

“O manual 12A.”

Entrevista 4

“O manual 12C.”

Entrevista 5

“O manual 12A.”

Q8. Considera os recursos pedagógicos elaborados no âmbito desta investigação essenciais como complemento aos manuais escolares? Porquê?

Entrevista 1

“Sim. Porque focam conceitos utilizados superficialmente nos manuais e que se tornam essenciais para a compreensão da temática em estudo. Alguns exercícios apelam à interpretação e aplicação de conteúdos.

A saída de campo é fundamental para despoletar o espírito de observação, sentido crítico e de argumentação fundamental para qualquer aluno da área das ciências.

Na atividade experimental seria interessante questionar ao alunos do objetivo de determinados passos experimentais, de modo a “desmascarar” o efeito receituário dos mesmos.”

Entrevista 2

“Sim. Primeiro, abordam todas as frentes da História da Ciência e promovem o tal ensino prático para a aquisição do conceito prático do paleomagnetismo.”

Entrevista 3

“Sim, considero essenciais. Porque para além das actividades de uma aula comportarem momentos de dinâmica de debate (a nível de classe, a nível de grupo), de momentos de atividades experimentais e prática, incluindo as aulas de exterior e visitas de estudo, é necessário que haja momentos em que os alunos ponderem e escrevam as suas respostas que podem rever mais tarde e complementar com o manual escolar.”

Entrevista 4

“Sim, considero que todos são essenciais e como complemento aos manuais escolares.

A ficha informativa considero que deveria ter mais suporte do contexto social e desenvolvimento tecnológico da época a que se refere. Bem como, controvérsias que ocorreram com as descobertas que fizeram.

A ficha de trabalho considero que é extremamente importante e pertinente para ajudar os alunos a compreender qual o contributo do paleomagnetismo para a mobilidade dos continentes.

O protocolo experimental também é extremamente pertinente para a compreensão da temática do paleomagnetismo. E é inovador.

As fichas de avaliação, de uma forma geral, são pertinentes e adequadas aos conteúdos e aos alunos e avaliam as aprendizagens dos alunos. Estas fazem uma abordagem transversal a todos os sub-conteúdos do paleomagnetismo.

O guia de campo considero que é muito dirigido para a observação e pouco para a interpretação e que ao mesmo tempo não aprofunda muito a temática do paleomagnetismo.

Poderia ter mais perguntas sobre a temática do paleomagnetismo. Parece que não está

devidamente integrado na temática do paleomagnetismo.”

Entrevista 5

“Sim. Essenciais e ajudam a complementar os manuais escolares. Têm atividades muito diversificadas o que aumenta o interesse dos alunos e torna as aulas mais dinâmicas. Também são inovadores, nomeadamente a atividade experimental e a ficha de trabalho. Embora nas escolas não exista algum material para realizar a atividade experimental.

Mas, agora com a redução horária não será possível usar tantos materiais para lecionar este conteúdo.

Também gostei dos exercícios das fichas de avaliação. Estão interessantes, abordam todos os conteúdos deste tema e têm estrutura de exame.”

Lista de verificação para a análise do conteúdo das entrevistas

Domínios, categorias e subcategorias

Curricular

- ♦ **Importância da sua lecionação**
- ♦ **Articulação com as orientações curriculares**
 - Aprofundamento dos conceitos
 - Adequação aos exames nacionais
- ♦ **Adequação ao programa curricular**
- ♦ **Dificuldades evidenciadas pelos alunos**
 - Âmbito da compreensão
 - Estabelecimento de relações
 - Definição de conceitos
 - Ceticismo sobre a matéria
 - Fatores exógenos
- ♦ **Dificuldades na lecionação do paleomagnetismo**
 - Validação (há, ou não, dificuldades)
 - Conceitos
- ♦ **Manual escolar**
 - Manual adotado
 - Lacunas identificadas no que respeita à História da Ciência
 - Lacunas identificadas no que respeita às atividades práticas

História da Ciência

- ♦ **Importância da sua lecionação**
 - Validação (importa, ou não, a sua lecionação)
 - Relação CTSA
- ♦ **Articulação com as orientações curriculares**
 - Validação (há, ou não articulação)
 - Fundamentação
 - Remediação de lacunas

Atividades práticas

- ♦ **Importância na lecionação**
 - Validação (importa, ou não, a sua lecionação)
 - Relação com a aprendizagem
 - Interdisciplinaridade

Avaliação dos recursos pedagógicos elaborados

- ♦ **Pertinência na sua utilização como complemento ao manual escolar**
 - Validação (importa, ou não, a sua utilização)
-

-
- Fundamentação
 - Complemento no âmbito da História da Ciência
 - Complemento no âmbito das atividades práticas
 - Complemento no âmbito da avaliação das aprendizagens
 - Entraves à sua aplicação
 - Sugestões de melhoria
-

Grelha de análise do conteúdo das entrevistas

Domínio	Categoria	Subcategoria
Curricular	Importância da sua lecionação	<p>“No 10.º ano o professor leciona o geomagnetismo, sendo obrigatória a explicitação do paleomagnetismo.” (E₁)</p> <p>“(…) é uma temática que se for bem compreendida pelos alunos os ajuda muito a compreender a Tectónica de Placas. A pertinência da temática para a compreensão da Tectónica de Placas dá uma perspetiva integradora da própria teoria.” (E₄)</p> <p>“Uma das razões é que se for bem compreendida pelos alunos, os ajuda a ter uma visão mais integradora da Tectónica de Placas e dos fenómenos geológicos, climáticos e até biológicos relacionados com a própria história da Terra.” (E₄)</p>
	Articulação com as orientações curriculares	<p>“Mais aprofundado e clarificado” (E₁)</p> <p>“O paleomagnetismo é abordado de uma forma demasiado simplificada para que os alunos consigam verdadeiramente compreender a importância destes estudos.” (E₂)</p> <p>“De uma forma prática deveria ser mais aprofundado. Na teoria está bem desenvolvido.” (E₂)</p> <p>“Talvez mais fundamentado a nível de pesquisa experimental, no que respeita a estudos concretos referenciados a problemas que permitiram a progressão na formulação do modelo.” (E₃)</p> <p>“Sobretudo a nível do 10.º ano de escolaridade, aborda-se numa perspetiva muito superficial (…).” (E₄)</p> <p>“Nos manuais de 10.º ano a informação é residual e muito pouco concreta.” (E₅)</p> <p>“A informação teórica não é muito desenvolvida (…).” (E₅)</p>
	Adequação aos exames nacionais	<p>“(…) constata-se que os exames vão a um nível de exigência muito superior.” (E₄)</p>
	Adequação ao programa curricular	<p>“As orientações curriculares não se coadunam com os princípios subjacentes ao programa da disciplina. Especificamente, o aprofundar de um dado conceito à medida que avança o ano de escolaridade.” (E₁)</p>
	Dificuldades evidenciadas pelos alunos	<p>“...dificuldades e estão intimamente ligadas à compreensão do conceito em si e logo não podem compreender a transversalidade da temática.” (E₁)</p> <p>“É um conceito complicado para os alunos adquirirem.” (E₂)</p> <p>“Esta matéria já é difícil para os alunos.” (E₃)</p> <p>“...compreender que a Terra é envolvida por um campo de forças com determinado sentido de linhas de orientação, que têm que ver com a dinâmica do interior do planeta e permite relacionar com a orientação da bússola.” (E₃)</p> <p>“(…) perceber como pode existir o campo magnético e porquê que existe.” (E₅)</p> <p>“(…) como podemos ter a certeza de como é que o campo magnético antigo era mesmo assim.” (E₅)</p>
	Estabelecimento de relações	<p>“Tudo o que implique relações. Relação do paleomagnetismo com a deriva continental e a tectónica de placas.” (E₁)</p>

Domínio	Categoria	Subcategoria	
Curricular	Dificuldades evidenciadas pelos alunos	Definição de conceitos	<p>“Geomagnetismo e paleomagnetismo é tudo a mesma coisa.” (E₁)</p> <p>“Como são determinadas as inversões?; porque acontecem?” (E₂)</p> <p>“(…) perceber concretamente o paleomagnetismo fóssil, “O que é?” (E₃)</p> <p>“(…) o porquê das inversões. Como ocorrem?” (E₅)</p>
		Ceticismo sobre a matéria	<p>“ Os alunos são muito cétricos.” (E₂)</p> <p>“(…) a ciência não tem respostas leva-os a duvidar se não passarão de teorias.” (E₂)</p> <p>“(…) o que permite concluir-se estudos sobre o afastamento dos oceanos.” (E₃)</p>
		Fatores exógenos	<p>“As dúvidas principais dos alunos têm que ver com as dificuldades do professor. Onde o professor não consegue chegar melhor, os alunos têm mais dificuldade.” (E₄)</p> <p>“(…) esquemas menos corretos nos manuais, nomeadamente, as cores das faixas dos fundos oceânicos.” (E₄)</p>
Dificuldades na lecionação do paleomagnetismo	Validação	<p>“Sim.” (E₁; E₂; E₄)</p> <p>“Não.” (E₃)</p> <p>“Não. Julgo que não.” (E₅)</p>	
	Conceitos	<p>“Nas paleolatitudes. Relacionar a deriva dos continentes com o paleomagnetismo.” (E₁)</p> <p>“Questionam-me muitas vezes como o ser humano “sabe isto”, apesar de serem confrontados com muitos estudos.” (E₂)</p> <p>“(…) polaridade normal e polaridade inversa em relação à posição do norte magnético e norte geográfico.” (E₄)</p> <p>“(…) explicar como os minerais das rochas magnéticas orientam a sua posição em relação ao campo vigente e em relação à latitude em que se encontram.” (E₄)</p>	
Manual escolar	Manual adotado	<p>“O manual 12A.” (E₃; E₅)</p> <p>“O manual 12B.” (E₂)</p> <p>“O manual 12C.” (E₁; E₅)</p>	
		Lacunas identificadas no que respeita à História da Ciência	<p>“Não me parece muito atrativo..” (E₃)</p>
	Lacunas identificadas no que respeita às actividades práticas	<p>“(…)pequenas experiências de serem executáveis no nosso laboratório acompanhadas de vídeos ou outras ilustrações.” (E₃)</p> <p>“Julgo que os manuais deveriam ter mais exercícios de aplicação sobre esta matéria.” (E₅)</p> <p>“(…) actividades práticas são em pequeno número.” (E₅)</p>	

Domínio	Categoria	Subcategoria
História da Ciência	Importância da sua lecionação	Validação <p>“Sim.” (E₁; E₂); “Sim, fundamental.” (E₃) “Sim, muito importante.” (E₄) “Sim, sem dúvida” (E₅)</p>
		Relação CTSA <p>“ (...) ter a noção de que a ciência está em constante construção; que muitas teorias que hoje validamos foram fruto de descobertas científicas e tecnológicas e que há um tempo atrás não eram exequíveis.” (E₁) “Considero que a ciência e sociedade são inseparáveis e tanto agora como antigamente a sociedade sempre condicionou a ciência e vice-versa. Acho importante os alunos terem noção dos entraves (bloqueios) na evolução do conhecimento. Bloqueios que continuam a existir.” (E₂) “ (...) se compreendermos como tudo nasce, (...) compreenderemos melhor e de forma mais fácil se fará a assimilação destas ideias descobertas.” (E₃) “ (...) ajuda a fazer com que os alunos compreendam a forma como se construiu, (...) o conhecimento científico (...) relacionado com a Tectónica de Placas.” (E₄) “ (...) ajuda o aluno a compreender as dificuldades que os cientistas tiveram, quer a nível do conhecimento científico, quer a nível dos instrumentos e tecnologias que utilizavam, quer a nível dos contextos sociais que dificultaram a própria evolução da Tectónica de Placas.” (E₄) “A evolução da ciência sempre foi fortemente condicionada pela sociedade e vice-versa.” (E₅) “É importante os alunos perceberem as dificuldades que os cientistas foram tendo para conseguir fazer valer a sua opinião.” (E₅)</p>
	Articulação com as orientações curriculares	Validação <p>“Sim.” (E₁) “Não.” (E₂; E₄; E₅) “Não parece.” (E₃)</p>
		Fundamentação <p>“Abordava os assuntos principais.” (E₁) “ Um só manual não aborda todas as frentes da História da Ciência.” (E₂) “ (...) acho que faltam, por vezes, demonstrações da prática e dos estudos que os investigadores apontados fizeram” (E₃) “ Poderia ser mais aprofundada a História da Ciência pela importância de que se reveste.” (E₄)</p>
	Remediação de lacunas	<p>“Houve necessidade da minha parte, como docente, em encontrar informação noutras manuais.” (E₂) “ (...) a nível individual, como professora, a consultar os três livros e ver se encontro alguma novidade e dar o máximo de informação aos alunos.” (E₄) “Complementar a informação e partilhá-la com os alunos.” (E₄) “ Para complementar senti necessidade de consultar outras fontes bibliográficas e fornecer mais informação aos alunos.” (E₅)</p>

Domínio	Categoria	Subcategoria
Atividades práticas	Importância na lecionação	Validação
		<p>“Sim.” (E₁; E₂; E₃)</p> <p>“Sim, fundamental.” (E₃)</p> <p>“Sim, muito importante.” (E₄)</p>
		Relação com a aprendizagem
		<p>“ (...) qualquer conteúdo geológico, face à escala que o contextualiza, deve ter, (...), uma forte componente prática. (...) de campo ou laboratorial e apoiada em modelos analógicos. ” (E₁)</p> <p>“Apenas com a teoria o aluno não consegue apreender a verdadeira importância do estudo do paleomagnetismo, nem perceber para que serve e como se processa.” (E₂)</p> <p>“A visualização e a execução de atividades práticas e experimentais contribuem para a assimilação das ideias e dos conhecimentos que mais facilmente podem ser utilizados, nos mais diversos raciocínios necessários para responder a perguntas.” (E₃)</p> <p>“ (...) se as realizarmos numa perspetiva em que o aluno tem um papel ativo, podemos levá-lo a compreender vários aspectos do paleomagnetismo. ” (E₄)</p> <p>“ Se não for complementada com atividades práticas torna-se mais difícil de perceber. ” (E₅)</p>
		Interdisciplinaridade
		<p>“ (...) é uma temática complexa e exige conceitos de física, que eles têm dificuldade em integrar e ir buscar informação à física. ” (E₄)</p>
Domínio	Categoria	Subcategoria
Avaliação dos recursos pedagógicos elaborados	Pertinência na sua utilização como complemento ao manual escolar	Validação
		<p>“Sim.” (E₁; E₂)</p> <p>“Sim, considero essenciais.” (E₃)</p> <p>“Sim, considero que todos são essenciais (...)” (E₄)</p> <p>“Sim. Essenciais (...)” (E₅)</p>
		Fundamentação
		<p>“ (...) focam conceitos utilizados superficialmente nos manuais e que se tornam essenciais para a compreensão da temática em estudo. Alguns exercícios apelam à interpretação e aplicação de conteúdos. ” (E₁)</p> <p>“ (...) para além das atividades de uma aula comportarem momentos de dinâmica de debate (a nível de classe, a nível de grupo), de momentos de atividades experimentais e prática, incluindo as aulas de exterior e visitas de estudo, é necessário que haja momentos em que os alunos ponderem e escrevam as suas respostas que podem rever mais tarde e complementar com o manual escolar. ” (E₃)</p> <p>“ (...) como complemento aos manuais escolares. ” (E₄)</p> <p>“ (...) ajudam a complementar os manuais escolares. Têm atividades muito diversificadas o que aumenta o interesse dos alunos e torna as aulas mais dinâmicas. Também são inovadores, nomeadamente a atividade experimental e a ficha de trabalho. ” (E₅)</p>

Domínio	Categoria	Subcategoria
Avaliação dos recursos pedagógicos elaborados	Pertinência na sua utilização como complemento ao manual escolar	<p>Complemento no âmbito da História da Ciência...” (E₂)</p> <p>Complemento no âmbito das actividades práticas</p> <p>“A saída de campo é fundamental para despoletar o espírito de observação, sentido crítico e de argumentação fundamental para qualquer aluno da área das ciências.” (E₁)</p> <p>“ (...) promovem o tal ensino prático para a aquisição do conceito prático do paleomagnetismo.” (E₂)</p> <p>“A ficha de trabalho (...) é extremamente importante e pertinente para ajudar os alunos a compreender qual o contributo do paleomagnetismo para a mobilidade dos continentes. O protocolo experimental também é extremamente pertinente para a compreensão da temática do paleomagnetismo. E é inovador.” (E₄)</p>
		<p>Complemento no âmbito da avaliação</p> <p>“As fichas de avaliação, de (...), são pertinentes e adequadas aos conteúdos e aos alunos e avaliam as aprendizagens (...). Estas fazem uma abordagem transversal a todos os sub-conteúdos do paleomagnetismo.” (E₄)</p> <p>“ (...) gostei dos exercícios das fichas de avaliação. Estão interessantes, abordam todos os conteúdos deste tema e têm estrutura de exame.” (E₅)</p>
		<p>Entraves à sua aplicação</p> <p>“ (...) nas escolas não exista algum material para realizar a atividade experimental.” (E₃)</p> <p>“ (...) agora com a redução horária não será possível usar tantos materiais para lecionar este conteúdo.” (E₅)</p>
		<p>Sugestões de melhoria</p> <p>“ Na atividade experimental seria interessante questionar ao alunos do objetivo de determinados passos experimentais, de modo a “desmascarar” o efeito receituário dos mesmos.” (E₁)</p> <p>“A ficha informativa considero que deveria ter mais suporte do contexto social e desenvolvimento tecnológico da época a que se refere. Bem como, controvérsias que ocorreram com as descobertas que fizeram.” (E₄)</p> <p>“O guia de campo (...) poderia ter mais perguntas sobre a temática do paleomagnetismo.” (E₄)</p>

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura ____ Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia ____ Geologia
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 11 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim ____ Não

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		
Observações: Se o principal objetivo desta ficha é transmitir a vertente CTSA penso que falta os conhecimentos científicos e tecnológicos que refutaram determinadas teorias em detrimento de outras. Nalguns cientistas essa informação é clara, noutros não.				

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	
Observações: No meu entender não colocava a definição dos conceitos importantes, visto terem sido assuntos tratados no 11.º ano. Era uma boa maneira de averiguar se os conceitos estavam presentes e bem ou mal consolidados.				

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X (1)		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X (o C não)		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Não entendo a necessidade dos passos 3 e 4 do procedimento! Qual o objetivo de se colocar a mistura no interior de um cilindro de papel? O protocolo C Nunca pode ser feito nas escolas. Não temos esse tipo de material!!! (1) questionar o porquê da realização de alguns passos no protocolo.

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo		X		
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		
Observações:				

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X
Observações:				

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura X Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia X Biologia ____ Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 14 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 X 2010/2011 X

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	
Observações:				

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X
Observações:				

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura - X Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia ____ Geologia - X
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 36 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim - X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 ____

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: O texto informativo pode melhorar a fim de ser mais explícito, quer a nível da expressão escrita, quer relativamente ao cumprimento do segundo objetivo.

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Porque se trata do estudo do tema “Paleomagnetismo” seria necessário que a bússola constasse do material recomendado para a aula de campo e que um dos objetivos fosse “Aplicar conhecimentos relativos ao uso da bússola para orientação da carta topográfica e /ou geológica, e possíveis anomalias magnéticas das rochas.

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Penso que seria de acrescentar ao 1º Objetivo: pela análise das observações do procedimento A; E acrescentar ao 2º Objetivo: ----- a partir dos dados fornecidos pelos procedimentos B e C.

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: No 1º Objetivo deverá ser suprimida a atividade “Leitura”, pois para se interpretar tem que se ler previamente; Como 3º Objetivo colocaria: Compreender estudos paleomagnéticos realizados na Serra do Buçaco segundo uma perspetiva CTSA.

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Penso que a ficha diagnóstica será aplicada antes de todos os documentos da Unidade, e não em 5º lugar. O texto da pergunta 2 deveria referir que o Olduvai se situa nos EUA e explicitar “que caso é o de Solana”. Colocaria o item 2.3 depois do 2.4.

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Faria correções de expressão escrita nas perguntas 2.3 e 3.2. E também na introdução 3.

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Talvez fizesse correções na expressão escrita nas perguntas 2. Também deveria haver algumas questões do nível cognitivo mais elevado, de análise e/ou até de síntese, equiparando-se aos itens das provas de exame nacionais.

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário **é anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento X Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura ____ Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia X Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 19 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 X 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/1011 X

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações: Penso que poderia ainda fazer um maior aprofundamento dos conteúdos, nomeadamente ao nível do contexto social em que os cientistas viveram e que influenciou as suas ideias e os trabalhos que apresentaram.

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular		X		
ao nível etário dos alunos alvo		X		
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		

Observações: Penso que o livro guia da saída de campo deveria possuir mais questões interpretativas da geologia de cada paragem, de formulação de hipóteses e a procura de respostas para uma questão orientadora de toda a saída de campo.

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.**Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.**

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____

Licenciatura X Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia X Biologia ____ Geologia ____

Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 16 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 X

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Algum do material solicitado não existe na maioria das escolas.

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Apresenta questões estruturadas à semelhança dos exames.

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.**Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.**

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância da paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura X Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia X Biologia ____ Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 5,48 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 X 2010/2011 X

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	
Observações: Útil pois costumava fazer sempre um pequeno resumo da História da Geologia no início do ano letivo e relacionar com o primeiro capítulo em estudo (Manual adotado na escola onde trabalho é o 12C)				

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular		X		
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		
Observações: Pela minha experiência os alunos, apesar de estudarem as rochas nos anos anteriores demonstram poucos conhecimentos e não muita motivação no estudo das mesmas. Relacionam bem o paleomagnetismo com as rochas magmáticas mas quando se começa a aprofundar desinteressam-se. É uma boa ideia para uma visita de estudo mas com a redução de horas não sei até que ponto será exequível.				

QUESTIONÁRIO

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: O pouco adequado advém do facto de não existir o material suficiente para os diferentes grupos de trabalho (este ano se nenhum colega da mobilidade interna ficar no meu lugar terei duas turmas de geologia com 30 alunos cada) e não ter na escola onde lecciono o material para a tarefa C.

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	
Observações:				

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		
Observações:				

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação X
 Licenciatura ____ Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia X Biologia ____ Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 4 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim ____ Não X ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 X 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 ____

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.**Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.**

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação X
Licenciatura ____ Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia X Geologia ____
Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 15 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 X 2009/2010 X 2010/2011 X

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula	X			
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Os laboratórios das escolas secundárias, na generalidade, não dispõem dos instrumentos de medição indicados e necessários na atividade.

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.**Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.**

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância da paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura X Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia X Biologia ____ Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 6 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 ____

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		

Observações: Creio que o “contributo grego” para o conhecimento atual foi muito importante uma vez que nessa época levantaram inúmeras questões. Uma delas, a do filósofo Filon de Alexandria que se interroga sobre as montanhas; ao verificar que certos fatores meteorológicos lhes provocam a erosão, questiona-se sobre o que lhes permitiria erguerem-se e que compensaria a sua degradação. Vinte séculos depois, a teoria da isostasia dará uma resposta a esta questão, não muito afastada desta interpretação. Parece-me que uma contextualização/informação do conhecimento existente nessa altura levaria a uma melhor compreensão da construção do conhecimento ao longo do tempo.

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: penso que esta atividade poderia ser também realizada para professores, uma vez que é sempre importante partilhar/refrescar conhecimentos que podem estar latentes durante anos!!!

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações: Com a diminuição da carga horária semanal da disciplina, parece-me, no entanto, que a abordagem, exploração e resolução de todos estes recursos não será tarefa fácil. Se eventualmente se quiser seguir o mesmo critério de aplicação de recursos semelhantes aos restantes temas e subtemas, tarefa nada fácil se avizinha.

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	
Observações:				

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	
Observações:				

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura X Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia X Biologia ____ Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 22 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim ____ Não X

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 X 2010/2011 X

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: O manual utilizado não apresenta muita informação sobre a história da ciência.

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: O percurso é apresentado numa região muito distante da qual em que me encontro a trabalhar. Com os condicionamentos económicos, seria difícil conseguir fazer esta aula de campo.

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	
Observações:				

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X
Observações:				

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado X Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura ____ Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia X Biologia ____ Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 6 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim ____ Não X

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 X

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo		X		
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular		X		
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo		X		
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
Licenciatura X Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia ____ Geologia X
Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 26 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 X 2008/2009 X 2009/2010 X 2010/2011 X

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X
Observações:				

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X
Observações:				

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		

Observações:

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação **X**

Licenciatura ____ Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia ____ Geologia **X**

Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 12 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim **X** Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 **X** 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 **X**

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular		X		
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula		X		
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		

Observações:

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância do paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado ____ Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura **X** Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia **X** Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 28 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim **X** Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 ____

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo			X	
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

QUESTIONÁRIO

	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:				
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada			X	
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular			X	
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações:

Na minha opinião falta colocar o tempo necessário para a realização da prova.

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.

QUESTIONÁRIO

Cara/o colega,

No âmbito do Doutoramento em Geologia, especialização em História e Metodologia das Geociências, da Universidade de Coimbra, pretende-se realizar uma investigação sobre aspetos didáticos relacionados com o tema *a importância da paleomagnetismo na construção da Teoria da Tectónica de Placas*. Para o efeito, optou-se por selecionar uma unidade do programa curricular da disciplina de Geologia do 12.º ano. Após a avaliação dos respetivos manuais escolares, através de uma análise qualitativa ao capítulo sobre a temática em estudo, foi construído um conjunto de recursos pedagógicos que visam colmatar as lacunas encontradas.

Assim, através do preenchimento deste questionário, solicita-se a sua colaboração para a avaliação e validação destes recursos, relativamente à estruturação, adequação e pertinência para a disciplina de Geologia do 12.º ano. O questionário é **anónimo** e os dados aqui recolhidos serão apenas usados na presente investigação, não sendo divulgados para quaisquer outros fins. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente à estruturação, adequação e pertinência dos seguintes recursos: 1 – ficha informativa; 2 – livro guia da aula de campo; 3 – protocolo laboratorial; 4 – ficha de trabalho; 5 – ficha de avaliação diagnóstica; 6 – ficha de avaliação formativa; 7 – ficha de avaliação de conhecimentos.

Agradece-se desde já o seu contributo para esta investigação.

Muito obrigada.

DADOS PROFISSIONAIS

Para cada uma das seguintes questões, preencha ou assinale com um X a sua situação.

a) Habilitações académicas:

Doutoramento ____ Mestrado X Formação Espec./Pós-graduação ____
 Licenciatura ____ Bacharelato ____ Outra ____

b) Formação de base:

Biologia e Geologia ____ Biologia X Geologia ____
 Outra ____

c) Tempo de serviço até 31 agosto 2011: 25 (anos).

d) Lecionou Geologia do 12.º de escolaridade no ano letivo 2011/2012:

Sim X Não ____

e) Anos letivos em que lecionou Geologia no 12.º de escolaridade:

2007/2008 ____ 2008/2009 ____ 2009/2010 ____ 2010/2011 ____

QUESTIONÁRIO

ANÁLISE DOS RECURSOS PEDAGÓGICOS

Em seguida, são apresentadas, para cada um dos recursos pedagógicos construídos (1 a 7), um conjunto de seis afirmações para efetuar a sua avaliação, enquanto Professor(a). Cada afirmação é acompanhada de uma escala de 1 a 4. **Assinale com um X no quadro a resposta que melhor traduz a sua opinião.** Não se trata de identificar uma afirmação certa, mas perspectivas de análise e reflexão. Procure a sua!

1 - A ficha informativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos			X	
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula			X	
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado			X	

Observações: Não conheço os 3 manuais, trabalhei com o da Areal.

2 - O livro guia da aula de campo é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Não uso o acordo ortográfico

QUESTIONÁRIO

3 - O protocolo laboratorial é, no que diz respeito:	Nada Adequado (1)	Pouco Adequado (2)	Adequado (3)	Muito Adequado (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações: Que escolas têm estes aparelhos?

4 - A ficha de trabalho é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado				X

Observações:

5 - Em termos gerais, a ficha de avaliação diagnóstica é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos				X
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		

Observações: No meu ponto de vista a avaliação diagnóstica é feita antes da lecionação da unidade, não é usada para complementar informação de manuais.

QUESTIONÁRIO

6 - A ficha de avaliação formativa é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		

Observações: Questão 3: facto comprovado pela ciência.

7 - A ficha de avaliação de conhecimentos é, no que diz respeito:	Nada Adequada (1)	Pouco Adequada (2)	Adequada (3)	Muito Adequada (4)
à sua adequação ao programa curricular				X
ao nível etário dos alunos alvo				X
à linguagem científica utilizada				X
ao aprofundamento dos conceitos		X		
à exequibilidade de utilização em contexto sala de aula				X
à pertinência da sua utilização, como complemento, à informação incluída em qualquer dos três manuais disponíveis no mercado		X		

Observações: Considero que as avaliações “tanto formativa como sumativa”, avaliam dificuldades de aprendizagem, mas já não são usadas como estratégia para aprofundamento de conceitos.

Mais uma vez, agradece-se a sua colaboração.

Por favor, antes de entregar o questionário, verifique se respondeu a todas as questões.