



**Maria Cláudia Pinto
Soares Sodré Borges**

**Concepções Alternativas Dos Alunos Sobre o
Campo Magnético Terrestre:
IMPLICAÇÕES NA APRENDIZAGEM DA TEORIA TECTÓNICA DE PLACAS**



**Maria Cláudia Pinto
Soares Sodré Borges**

**Concepções Alternativas Dos Alunos Sobre o
Campo Magnético Terrestre:
IMPLICAÇÕES NA APRENDIZAGEM DA TEORIA TECTÓNICA DE PLACAS**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Geologia e Biologia, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Luís Marques.

O júri

presidente

Doutor **António Augusto Soares de Andrade**

Professor Associado da Universidade de Aveiro

Doutor **Alexandre Júlio Machado Leite**

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia de Minas da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Doutor **Luís Manuel Ferreira Marques**

Professor Auxiliar Da Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Luís Marques, não só pela orientação desta Tese, mas também pelo apoio, compreensão e disponibilidade em ajudar, sempre demonstradas e sem as quais não teria sido possível a realização deste estudo.

Ao Prof. Doutor António Andrade e à Prof. Doutora Lucília Santos que validaram o questionário.

Aos Docentes que leccionaram a parte curricular do Mestrado.

Aos Professores do Ensino Secundário que administraram o questionário nas suas turmas.

Ao Conselho Executivo da Escola E.B. 2,3 Leça do Balio.

Aos Alunos do 11º ano de escolaridade que responderam ao questionário, cujo contributo foi fundamental.

Resumo

Este estudo visava atingir dois objectivos: identificar as concepções alternativas dos alunos sobre o magnetismo terrestre e, a partir delas, elaborar sugestões para actividades de ensino facilitadoras de modificação conceptual particularmente no que à Teoria Tectónica de Placas diz respeito.

A justificação para este estudo, no âmbito da Didáctica das Ciências, mais especificamente no domínio do Movimento das Concepções Alternativas, resulta do facto de investigações já efectuadas mostrarem que as concepções dos alunos são obstáculos a uma aprendizagem com significado, impedindo o sucesso do processo de ensino aprendizagem. Tem, por isso, interesse educacional em – com base nos resultados desta investigação – propor que, tendo em conta as concepções dos alunos, promovam a sua substituição por outras mais próximas do conhecimento científico.

Apesar da crescente importância do Movimento das Concepções Alternativas, existem vários temas da área da Geociência em que não se investigou satisfatoriamente o valor que pode ter, para uma aprendizagem com significado, o conhecimento das concepções dos alunos sobre o tema em estudo e a sua posterior utilização. É o caso da natureza e registo do magnetismo terrestre importante na compreensão da Teoria Tectónica de Placas, leccionada na disciplina de Geologia no 12º ano de escolaridade, motivo por que este tema se escolheu como objectivo desta investigação.

Este estudo decorreu em três fases: na primeira efectuou-se uma caracterização teórica dos temas e sub-temas considerados essenciais para a compreensão dos dados de paleomagnetismo, na segunda identificaram-se os conceitos dos alunos e na terceira apresentaram-se sugestões para estratégias de ensino e aprendizagem, de acordo com um modelo de mudança conceptual, que poderão ser discutidas pelos professores aquando da leccionação do tema: Teoria da Tectónica de Placas.

O instrumento metodológico usado para proceder à identificação das ideias dos alunos foi um inquérito de questões abertas. Os dados recolhidos com o questionário foram submetidos à técnica de análise de conteúdo, permitindo identificar Concepções Alternativas dos alunos sobre a natureza e registo do campo magnético terrestre. As sugestões didácticas propostas tiveram em vista contribuir para facilitar a modificação de concepções por outras mais identificadas com a versão científica.

Abstract

The present study has two main aims: to identify the students' conceptions about the earth's magnetic field and, to design teaching and learning strategies to provoke students' conceptual change brought about to geology by the theory of plate tectonics.

The study is developed in Science Education - and more specifically with respect to the Alternative Conceptions Movement – since previous research has shown that students' misconceptions take difficult meaningful learning and become a hindrance to educational success. Therefore, from the results of the present study teaching strategies are put forward taking into consideration students' misconceptions promoting their replacement towards scientific perspectives.

In spite of the increasing importance of the Alternative Conceptions Movement, several topics in Earth Sciences remain unknown as far as misconceptions are concerned. This is the case of the nature and record of earth's magnetic field in regard to the understanding of the Theory of Plate Tectonics, lectured in Geology at the 12th level. This is why the subject was chosen for the present research.

This study comprised three stages: firstly, a scientifically adequate characterization of the subject was sought; secondly, the students' conceptions were probed; finally, teaching and learning strategies are designed in accordance with a model of conceptual change, which may be used by teachers when dealing with the Theory of Plate Tectonics.

In order to identify students' conceptions a test of open questions was designed. The data drawn from it were subjected to the contents analysis technique which revealed the students' alternative conceptions on the nature of the earth's magnetic field. The proposed educational suggestions aimed at contributing to facilitate a change in students' conceptions towards a best fit to the present scientific knowledge.

Índice

Capítulo 1	5
Introdução	5
1- Introdução	7
2- Novas finalidades requeridas pela Educação em Ciências.....	7
3- Pertinência do estudo no contexto das novas finalidades para a Educação.....	14
4- O problema em investigação.....	16
4.1- Importância do estudo	18
4.2- Construção das hipóteses de trabalho	19
4.3- Objectivos do estudo.....	19
5- Descrição do plano geral de investigação	19
Capítulo 2	23
Revisão Bibliográfica	23
1- Introdução	25
Parte I - A problemática do Campo Magnético Terrestre no estudo da Teoria Tectónica de Placas.....	25
I.1- Introdução histórica	26
I.2- Variações temporais do campo magnético terrestre	27
I.3- Origem do campo magnético terrestre.....	28
I.4- Elementos do campo magnético terrestre	31
I.5- Registo do campo magnético terrestre	34
I.6- Tipos de magnetização	37
I.7- Anomalias magnéticas	42
I.8- Geocronologia baseada no estudo das anomalias existentes no fundo do oceano próximo do rifte	44
I.9- Implicações do estudo do Campo Magnético terrestre na construção da Teoria Tectónica das Placas	46
I.9.1- O calendário magnético da Terra	46

Parte II- Caracterização da investigação efectuada no âmbito do MCA	53
I I.1- Pressupostos teóricos do MCA	53
I I.2- Caracterização dos modelos de mudança conceptual	57
I I.3 Justificação do modelo de ensino-aprendizagem adoptado neste estudo	59
I I.4- Justificação da terminologia adoptada neste estudo	60
I I.5- Concepções dos alunos em temas curriculares de Geologia.....	60
A- Concepções alternativas dos alunos sobre as características do campo magnético terrestre.....	62
B- Actividades práticas que exigem conhecimentos do campo magnético terrestre para a compreensão da Teoria Tectónica de Placas	63
Capítulo 3.....	65
Metodologia	65
1- Introdução.....	67
2- Enquadramento do estudo na investigação em Ciências	67
3- Selecção e caracterização da população – alvo	68
3.1- Selecção e caracterização da amostra.....	68
4- Escolha do instrumento de recolha de dados	69
5- Construção do instrumento de recolha de dados.....	71
5.1- Elaboração das questões	72
5.2- Validação do questionário	74
6- Administração do questionário	76
6.1- Estudo piloto	76
6.2- Estudo principal	77
7- Modelo de análise utilizado.....	78
Capítulo 4.....	81
Apresentação e Discussão dos Resultados.....	81
1- Introdução.....	83
2- Discussão e análise dos dados	83
2.1- Questões do grupo A.....	83
2.2- Questões do grupo B.....	96
2.3- Questões do grupo C	118
2.4- Questão do grupo D	130
3- Discussão dos resultados	133

Capítulo 5	137
Propostas para Materiais Curriculares	137
1- Introdução.....	138
2 - Justificação dos temas e das actividades propostas.....	138
3- Breve descrição das actividades, procedimentos e estratégias.....	140
4- Descrição pormenorizada das estratégias, processos e conteúdos a utilizar de acordo com o modelo de ensino-aprendizagem seleccionado.	144
Capítulo 6	151
Conclusões e Limitações da Investigação	151
1- Introdução.....	153
2 Conclusões da investigação efectuada.....	153
3- Limitações do estudo.....	154
4- Sugestões	155
4.1- Sugestões educacionais	155
4.2- Sugestões para futuras investigações.....	156
Bibliografia	157
Anexos	165
Anexo 1	167
Anexo 1.1- Documento apresentado aos juizes para validação do questionário	167
Anexo 1.2- Questionário do primeiro estudo piloto	173
Anexo 1.3- Questionário do segundo estudo piloto.....	180
Anexo 1.4- Questionário do estudo principal.....	185
Anexo 2	190

Capítulo 1

Introdução

1- Introdução

O ensino das ciências visa preparar os jovens para resolverem com êxito muitos dos problemas que encontrarão no dia-a-dia do seu futuro, no meio em que vão viver e trabalhar.

Face a um mundo em mudança e sendo a Ciência um instrumento indispensável para o compreender, assim como, para formar cidadãos intervenientes e responsáveis na sociedade que integram, surgiram novas finalidades para a Educação em Ciência. Estes novos princípios são descritos na primeira secção deste capítulo.

Na segunda secção, tomando como referência, os novos princípios orientadores da Educação em Ciência, fundamenta-se a selecção do tema em estudo. Na terceira secção, define-se o problema em estudo, os pressupostos em que assenta e os objectivos que nos propusemos atingir neste trabalho de investigação.

Por último descreve-se o plano organizacional deste trabalho, indicando-se, de forma sucinta, as tarefas desenvolvidas em cada uma das etapas.

2- Novas finalidades requeridas pela Educação em Ciências

Ao longo dos últimos anos tem sido consensual a ideia de que há uma disparidade crescente entre a educação em Ciências nas nossas escolas e as necessidades e interesses dos jovens que deverão ser, no futuro, cidadãos intervenientes da Sociedade que integram.

A mudança tecnológica acelerada e a globalização do mercado exigem indivíduos com educação geral em diversas áreas, capacidade de comunicação, flexibilidade adaptativa e um continuado desejo de aprender. O conhecimento científico permitiu o desenvolvimento de uma espantosa variedade de artefactos e produtos, desde motores eléctricos a antibióticos, de satélites artificiais aos *robots*, que transformaram o nosso estilo de vida quando comparado com o das gerações anteriores.

Estas necessidades não se coadunam com um ensino científico compartimentado em conteúdos desligados da realidade, isto é, não estudando os fenómenos naturais por forma a tornar a aprendizagem útil ao pleno exercício da cidadania (Pozo,1997). Os jovens têm de aprender a relacionar-se com a evolução do conhecimento científico, aprendendo a apreciar e a compreender essa evolução e a saber integrá-la na realidade do meio em que vivem. Neste sentido é importante encarar o ensino das Ciências como uma formação para a literacia científica (Millar *et al.*, 1998).

Após a II Guerra Mundial, iniciou-se um desenvolvimento muito rápido da Tecnologia e da Ciência que obrigou a uma reforma na Educação. Desde esta altura definiu-se como finalidade do Ensino da Ciência a promoção da literacia científica (DeBoer, 2000).

Além da necessidade de um suplemento adequado de investigadores, cientistas, matemáticos e engenheiros, a sociedade passou a necessitar de cidadãos informados, capazes de participar, consciente e criticamente, nos grandes desafios que lhe são proporcionados pela Ciência e na procura de soluções para inúmeros problemas.

Ao longo dos anos setenta e oitenta, a literacia científica identificou-se ainda mais fortemente com a Ciência e o seu contexto social. Na mesma linha de pensamento, também Aikenhead (1998), refere a importância, numa sociedade democrática, do cidadão comum compreender quer as inter-relações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade como os processos da Ciência.

Com o mesmo objectivo a *National ScienceTeacher Association (NSTA)* em 1982 elaborou um documento intitulado *Ciência - Tecnologia - Sociedade: Educação científica para os anos oitenta*. De acordo com este documento os objectivos da Educação em Ciência era formar indivíduos cientificamente literados, capazes de compreender a relação entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade e de usar o seu conhecimento para a tomada de decisões no seu quotidiano (DeBoer, 2000).

Em 1989, a American Association for the Advancement of Science considerou ser necessário chegar a um consenso sobre o que os estudantes deveriam saber para adquirirem literacia científica. Neste sentido, foi elaborado o *Projecto 2061: Literacia científica para um Futuro Dinâmico*, em que numa das suas publicações (Science for all Americans, 1990) atribui ao indivíduo cientificamente literado seis características: (1) está familiarizado com a diversidade e unidade do mundo natural; (2) está consciente da existência de relações de dependência entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade; (3) compreende os conceitos e princípios mais importantes da Ciência; (4) tem capacidade para desenvolver o raciocínio científico; (5) reconhece as limitações e potencialidades da Ciência, Matemática e da Tecnologia por estas constituírem empreendimentos do Homem; (6) é capaz de utilizar o raciocínio científico na resolução de problemas sociais ou pessoais.

Mais tarde, a *National Research Council*, para reforçar os princípios definidos pela publicação da Science For All Americans e assegurar que todos os cidadãos fossem cientificamente literados elaborou um documento onde se definiam seis finalidades da Educação para a literacia científica: (1) permite explicar e prever fenómenos do quotidiano; (2) permite intervir, de uma forma racional, em debates sobre temas

importantes relacionados com a Ciência e a Tecnologia; (3) permite sentir e partilhar o entusiasmo de se saber mais sobre o mundo; (4) facilita a aquisição de emprego porque possibilita o desenvolvimento da aprendizagem, o raciocínio, a criatividade, a tomada de decisões e a resolução de problemas; (5) possibilita a avaliação da qualidade de uma informação científica, tendo em conta as fontes de informação e os processos usados na sua produção.

Sentimentos de receio e rejeição, manifestados pelo cidadão comum, em compreender a Ciência podem levar a uma debilitação da indústria ou da medicina e conseqüentemente, da própria prosperidade nacional porque existe uma relação entre o desenvolvimento tecnológico e científico e as características sociais, políticas e económicas dominantes em cada momento (Dunbar, 1995; Wolpert, 1997).

Sendo certo que alguns resultados da Ciência do sec. XXI seriam impensáveis no século passado e estão na origem de grandes debates sobre ética e moralidade, por exemplo algumas aplicações da engenharia genética: a clonagem e técnicas de reprodução, também é verdade que o Homem já não pode viver sem os actuais e futuros contributos da Ciência para o seu bem estar (Maddox, 1998).

Os cidadãos devem ter conhecimento dos possíveis efeitos para o mundo da aplicação de determinada descoberta científica para poderem intervir e orientar a actividade científica no sentido do bem estar da humanidade. Debates, numa perspectiva moral, ética ou mesmo física, sobre a aplicação de determinada lei devem ser da responsabilidade dos cientistas e participados pelos cidadãos (Wolpert, 1997).

Contudo só uma sociedade cientificamente culta poderá ser crítica com os conhecimentos científicos. As explicações, diferentes das aceites pela comunidade científica, manifestadas pelo cidadão comum, resultam, de acordo com Host (1991), da incapacidade para organizar, filtrar e aplicar o saber científico.

Para Frederic Mayor (1999), director-geral da UNESCO, a influência que a actividade científica terá sobre aspectos relacionados com o bem estar físico, psicológico e social da humanidade será uma das principais características do século XXI. Refere, ainda, que para a correcta aplicação dos conhecimentos científicos é imprescindível a democratização da cultura científica.

Na opinião de DeBoer (2000) existem muitas formas de ser cientificamente literado. O importante é que o aluno aprenda algo que considere importante para querer continuar a estudar tanto um estudo formal como informal. A literacia científica é essencialmente o grau de formação científica que existe na população adulta, algo que muda ao longo dos tempos.

Nem todos poderão desenvolver o mesmo grau de conhecimento e capacidades mas saber que qualquer um pode continuar a aprender e a participar são características essenciais numa sociedade democrática. É importante que a todos seja dada oportunidade para aprender, pelo menos o suficiente, para não ficar de fora da sociedade.

De acordo com Baez (1993) os problemas ambientais e da humanidade resultam de uma má gestão dos conhecimentos científicos. Para tal considera que o grande desafio que se coloca à Educação em Ciência é ajudar a humanidade a melhorar a sua qualidade de vida. Pode consegui-lo se possibilitar o desenvolvimento de quatro valores: curiosidade, criatividade, competência e compaixão.

Os primeiros três são especialmente relevantes para a educação, a curiosidade orienta o cientista, a criatividade permite projectar algo que anteriormente não existia, a tecnologia exige competência para colocar o engenho a trabalhar e a compaixão permite uma gestão correcta do conhecimento científico e tecnológico.

Enquanto que a curiosidade e a criatividade parecem nascer com o indivíduo, a compaixão tem de ser ensinada. Para Rodger Bybee, referido por Baez (1993), os valores que orientaram a sociedade industrial têm de ser trocados por outros para permitir o surgimento de uma sociedade ecológica. Esta mudança implica uma substituição de interesses: a necessidade de "ter" deve dar lugar à necessidade de "ser". A Educação deve possibilitar a aquisição de uma consciência ecológica porque cada um de nós é responsável pela conservação do planeta Terra.

A forma como vivemos, os cuidados que temos com a protecção do ambiente (por exemplo, não construir em zonas de paisagem protegida, utilizar os recursos naturais com moderação e diminuir a utilização de produtos poluente), está relacionada com a nossa ignorância.

O Aluno tem que aprender a ser sensível aos problemas ambientais, assumindo uma atitude responsável e crítica na defesa e melhoria da qualidade de vida na Sociedade, em que deve agir como cidadão de pleno direito e assumidos deveres.

O Ensino da Ciência, no século XXI, tendo como finalidades principais promover um nível elevado de literacia científica e um desenvolvimento pessoal e social favorável a uma educação para a cidadania, terá necessariamente de :

- ☞ “despertar e desenvolver a curiosidade dos jovens acerca do mundo natural à sua volta e criar confiança nas suas capacidades de questionamento do comportamento humano perante esse mundo;
- ☞ desenvolver um sentimento de admiração, entusiasmo e interesse pela Ciência,

de modo a sentirem-se confiantes e competentes na abordagem das matérias científicas e técnicas;

☞ possibilitar aos jovens a aquisição de uma compreensão geral e alargada das ideias importantes e das estruturas explicativas da Ciência, bem como dos procedimentos da investigação científica que tiveram maior impacto no nosso ambiente e na nossa cultura.” (Galvão *et al*, 2000, p.6)

A importância da educação em Ciência é hoje imprescindível e os fenómenos naturais que os nossos alunos observam, desde muito cedo, solicitam explicações de natureza científica, muitas vezes mais fornecidas pelos meios de comunicação social do que pela escola.

A enorme quantidade de estudos a respeito das concepções dos alunos, representada pelo crescente número de publicações a nível internacional, faz desta linha de investigação uma das mais importantes das existentes em Didáctica das Ciências nos últimos vinte anos (Cachapuz, 1997; Fensham, 1998; Gil Pérez, 1986).

A esta linha de investigação está subjacente uma perspectiva construtivista da aprendizagem, segundo a qual a estruturação do saber resulta fundamentalmente da actividade do sujeito. O aluno é envolvido na sua própria aprendizagem: confrontado com o seu próprio conhecimento, ele é induzido, através da superação de conflitos, a estabelecer novas ligações, a alargar a sua estrutura conceptual e a reorganizá-la.

Neste sentido, tem de admitir-se também que o acto de aprender mobiliza vários níveis de organização mental e o erro é considerado um meio de progresso do conhecimento. Ao tomar consciência de que a sua ideia não permite explicar determinado fenómeno, o aluno torna-se receptivo à mudança. Assim, a aprendizagem não é um processo imediato uma vez que implica a ruptura com modelos anteriores, depois de ultrapassados obstáculos, resistências e superados os conflitos cognitivos (Santos, 1998).

Na perspectiva do Ensino por Mudança Conceptual, as concepções alternativas dos alunos são valorizadas relativamente aos conceitos científicos (Cachapuz *et al.*, 2000). Contrariamente à perspectiva de ensino designada por Ensino por Descoberta, o Ensino por Mudança Conceptual é orientada por perspectivas cognitivo-construtivistas de aprendizagem.

As representações que os alunos vão construindo sobre fenómenos naturais, fortemente marcadas pelo sensorial e pela observação, ao longo do seu percurso de desenvolvimento, quer antes, quer durante o ensino formal, podem ser um forte obstáculo a uma aprendizagem científica significativa e duradoira. São, frequentemente, designadas por **concepções alternativas (CA's)** porque aparecem num grupo

significativo de alunos, referem-se a representações pessoais, espontâneas e diferem significativamente dos conceitos científicos.

Para o aluno as suas concepções são muito lógicas, úteis e viáveis porque permitem-lhe interpretar os problemas que lhe surgem. Através delas ele seleccionará a informação, dar-lhe-á um significado, eventualmente conforme os saberes científicos de referência, relacioná-la-á e integrá-la-á na sua estrutura cognitiva, ou seja, aprenderá (Giordan, 1995).

De entre as várias implicações da adopção desta perspectiva de ensino, destaca-se a necessidade do Professor possuir uma boa formação:

- ☞ no domínio científico da disciplina e respectiva estruturação, bem como das relações que pode estabelecer com outras áreas do Ensino;
- ☞ no domínio da epistemologia da natureza da ciência e da investigação científica (Cachapuz, 1995 e Ariza *et al.* 1996);
- ☞ dos modelos de mudança conceptual capazes de dar a conhecer as concepções alternativas e promover o conflito cognitivo;
- ☞ no desenvolvimento de capacidades e atitudes associadas à resolução de problemas em Ciência, transferíveis para a vida quotidiana, ou seja, aumentar a literacia científica do aluno;
- ☞ das concepções alternativas dos alunos já identificadas em trabalhos de investigação científica no âmbito da mudança conceptual.

O professor necessita de começar por conhecer as concepções dos alunos para em seguida seleccionar e organizar estratégias que ajudem o aluno a modificar tais concepções, para poderem compreender melhor os conteúdos em causa.

Com todos estes conhecimentos o professor organiza estratégias de conflito cognitivo para promover aprendizagens adequadas e, conseqüentemente, a mudança conceptual.

Contudo, Hewson *et al.* (1998) referem que, na prática comum dos professores, as ideias dos alunos não são explicitamente consideradas, justificando-se com argumentos do tipo “levaria mais tempo” e “poderia confundir os outros alunos”.

De todos os artigos publicados, tanto em revisões bibliográficas como nas revistas, cerca de 50% relacionam-se com o estudo das ideias que os alunos trazem para a sala de aula e que dificulta a aprendizagem de conceitos científicos. Dentre estes os conceitos de Física (61%) ocupam lugar de destaque, seguem-se os de Biologia (20%), os de Química (18%) e por último os de Geologia (Furió, 1996).

Na área das Ciências da Terra, comparativamente com o que se verifica noutras áreas científicas, verifica-se um maior desconhecimento do valor didáctico das concepções

alternativas dos alunos (Marques, 1994).

A caracterização e a análise das concepções dos alunos em vários domínios curriculares teve um duplo efeito nos investigadores:

? permitiu uma nova abordagem do ensino-aprendizagem numa perspectiva constructivista, assente sobretudo em três pressupostos (Arcà e Caravita, 1983, p.89): 1) "a criança é artesã do seu próprio conhecimento; 2) todo o conhecimento se constrói a partir de conhecimentos anteriores; 3) o conhecimento constrói-se graças aos conflitos.";

? proporcionou a elaboração e aplicação de estratégias, na sala de aula, com o objectivo não só, de conhecer e analisar as ideias dos alunos mas também de provocar o conflito cognitivo, para que o aluno reconheça as suas ideias como inapropriadas para explicar determinado fenómeno e possa aceitar a explicação fornecida pela comunidade científica.

Assim e após quinze anos de intensa investigação em torno do Ensino por Mudança Conceptual, surgiu uma nova perspectiva de ensino, Ensino por Pesquisa. De acordo com Cachapuz *et al* (2000), esta nova perspectiva de ensino caracteriza-se por três momentos fortes:

a) **problematização** - durante esta fase encontram-se três pólos em interacção: o **pólo do currículo intencional**, deve ser apresentado aos alunos para que estes possam avaliar a sua própria aprendizagem e inclui os conhecimentos, capacidades atitudes e valores para um dado nível de ensino/disciplina; **o pólo dos saberes académicos, pessoais e sociais** que inclui conhecimentos, capacidades, atitudes e valores que o individuo traz para a sala de aula; o **pólo das situações problemáticas** em torno de contextos Ciência-Tecnologia-Sociedade, quadro C/T/S que vão possibilitar atingir os objectivos actuais da Educação em Ciência.

b) **metodologias de trabalho**: a metodologia seleccionada deve ser orientada no sentido de permitir a acção e o raciocínio. Podem ser de vários tipos: trabalho experimental, trabalho de campo, leituras, organização de informação, etc. Durante esta fase realizam-se actividades de avaliação com carácter formativo que têm como objectivo ajudar a decidir o que fazer e como fazer para ultrapassar determinada etapa.

A aprendizagem dos processos da Ciência (por exemplo: observação, medição, classificação, formulação de hipóteses, etc) são importantes para a promoção da literacia científica porque permitem a aquisição de capacidades, atitudes e valores necessários a uma análise crítica e racional dos dados fornecidos pelo conhecimento científico e tecnológico, não necessariamente para se tornarem futuros cientistas (Aikenhead, 1998).

De salientar que o professor é responsável pela criação de espaço e tempo necessários à promoção de uma cidadania activa que favoreçam a análise crítica, a autonomia de raciocínio e o trabalho de grupo.

De acordo com Aikenhead (1998), deve-se recorrer ao trabalho em grupo porque o conhecimento científico, actualmente, implica o empenho e determinação de um grupo de cientistas, não é um trabalho individual.

c) **avaliação terminal**: durante esta fase serão avaliadas duas vertentes da aprendizagem: os resultados da aprendizagem e os métodos que se utilizaram para ultrapassar as dificuldades. Relativamente à avaliação da aprendizagem deve-se ter em atenção, não só os conceitos aprendidos pelo aluno (como era o objectivo principal do Ensino por Mudança Conceptual), mas também as suas novas capacidades, atitudes e valores.

De acordo com esta perspectiva, o Ministério da Educação (Galvão *et al*, 2000) propõe que se avaliem as seguintes competências:

- ☞ interpretação de notícias científicas nos media;
- ☞ demonstração da compreensão de ideias principais da Ciência;
- ☞ demonstração da capacidade de fazer e responder a questões baseadas em dados;
- ☞ demonstração da capacidade de reconhecer o papel da evidência na resolução de problemas, por argumentação e contraste de diferentes descrições teóricas.

As sugestões didácticas, propostas neste trabalho, tiveram por base os pressupostos teóricos desta nova perspectiva de ensino.

Para que o Professor cumpra o papel que lhe cabe como facilitador da aprendizagem e indutor do desejo de aprender, ele tem de conhecer a metodologia mais adequada ao ensino que lhe compete fazer, mobilizando na sua prática quotidiana os saberes que foi buscar à Didáctica.

A Didáctica das Ciências, que inicialmente foi encarada como muito intimamente ligada à experimentação, está hoje plenamente integrada no conjunto das disciplinas que se interessam pela educação do Aluno.

3- Pertinência do estudo no contexto das novas finalidades para a Educação

Os cidadãos necessitam de compreender que vivemos num mundo em mudança, onde os recursos são finitos, distribuídos de uma forma heterogénea e que a manutenção da vida na Terra depende de um equilíbrio dinâmico entre seres vivos, materiais e

processos.

As Geociências podem fornecer conhecimentos imprescindíveis para que o Homem possa exercer uma cidadania crítica, mas, também construtiva e esclarecida que o leve a questionar e a analisar as relações entre avanços científicos, tecnológicos numa perspectiva ecológica (Palmer, 1991). Nesta perspectiva, Mayer (2001) reconhece a importância do Sistema Terra surgir como um tema integrador nos currículos de Ciências associado a abordagens construtivistas da aprendizagem.

O estudo da História da Terra, registado nas rochas, ajuda-nos a conhecer a frequência dos sismos, das erupções vulcânicas e de outras catástrofes. Tomamos consciência, por exemplo, que: os recursos naturais que utilizamos não são repostos com a mesma intensidade com que são consumidos; a alteração dos cursos de água para a criação de zonas de lazer perturba a vida dos seres vivos não só naquela zona mas também a jusante e a nascente; a água, o petróleo, o gás natural ou o ouro existem em zonas determinadas da Terra e que o seu conhecimento só foi possível graças à relação que existe entre a Ciência e a Tecnologia.

De salientar, a importância do estudo da Teoria Tectónica de Placas como meio de permitir, por exemplo, comparar argumentos de diferentes cientistas para explicar o mesmo fenómeno ou para compreender a localização de alguns sismos e de alguns vulcões (Palmer, 1991; Rea, 1986).

O estudo de um conjunto de conceitos relacionados com a estrutura e funcionamento do sistema Terra, tendo em consideração a interacção Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) “permite uma tomada de consciência quanto ao significado científico, tecnológico e social da intervenção humana na Terra, o que poderá constituir uma dimensão importante em termos de uma desejável educação para a cidadania.” (Galvão *et al*, 2000, p.13).

Para Rea (1986), o ensino da Geociências pode contribuir para a Educação em Ciência porque (1) recorre a uma grande variedade de situações de aprendizagem (por exemplo: o campo e o laboratório), e de materiais (por exemplo, rochas, minerais, fósseis, mapas, diagramas, imagens de satélite); (2) aborda temas muito referidos pela comunicação social (por exemplo os dinossauros), importantes (por exemplo o petróleo) e bonitos (por exemplo as gemas); (3) podem ser facilmente observadas mesmo nas zonas urbanas; (4) permite a integração dos saberes fornecidos por outras Ciências, especialmente, a Química, a Física e a Biologia; (5) relaciona o desenvolvimento científico e tecnológico e a conservação dos recursos naturais. Permitindo que o indivíduo tome consciência do seu papel na manutenção ou melhoramento da qualidade de vida na Terra.

É hoje aceite que a Educação em Ciências deve ser uma componente da escolaridade

básica e não apenas dos estudantes do ensino secundário. Assim, todos os membros da sociedade poderiam intervir de uma forma crítica e reflectida, demonstrando interesse pelas Ciências, pelas suas contribuições para a nossa cultura e com uma vasta compreensão das ideias científicas mais importantes para poderem tomar decisões democráticas.

Nesta perspectiva, o currículo deve incidir no estudo de problemas científicos, de interesse prático para os alunos, que permitam o seu envolvimento e o desenvolvimento de estratégias de investigação. Deve ainda incluir referências às dimensões sociológicas e tecnológicas como elementos indissociáveis do conhecimento científico (Martins e Veiga, 1999; Millar, Osborne e Nott, 1998).

De acordo com alguns autores, Cachapuz *et al* (2000) um currículo apropriado à promoção da literacia científica deve contemplar quatro aspectos:

- ☞ explorar o conteúdo programático numa perspectiva inter e transdisciplinar dada a necessidade de compreender o mundo na sua globalidade e complexidade;
- ☞ abordar situações-problema do quotidiano que poderão permitir construir conhecimentos e reflectir sobre os processos da Ciência. Possibilitará também desenvolver capacidades, competências, atitudes e valores;
- ☞ ao nível das estratégias de trabalho, deve recorrer a diferentes metodologias;
- ☞ a avaliação deve ser essencialmente formadora, influenciando positivamente o ensino e a aprendizagem da Ciência.

O Professor de Ciências tem que estar, portanto, atento ao conhecimento que o Aluno traz para a aula dos fenómenos naturais por forma a, aproveitando esse prévio conhecimento, auxiliá-lo na construção de concepções cientificamente correctas.

Situa-se nesta problemática o trabalho aqui apresentado, que assenta no pressuposto de que a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, em conjugação com estratégias que promovam a discussão/reflexão em diferentes níveis de processo de aprendizagem, pode facilitar a mudança conceptual e, portanto, uma aprendizagem mais significativa de conceitos no campo da Geociências.

4- O problema em investigação

Pretende-se neste estudo conhecer as concepções alternativas dos alunos sobre a natureza e o registo do campo magnético terrestre e as suas implicações na compreensão da Teoria Tectónica de Placas.

Este tema tem relevância a vários níveis que, seguidamente, se especificam.

? Razões curriculares

“A Tectónica de Placas – um modelo unificador” constitui um dos temas do programa da disciplina de Geologia do 12º ano (Ministério da Educação, 1991). Um dos objectivos da leccionação deste conteúdo é que os alunos conheçam as diferenças entre a teoria da Deriva dos Continentes e a da Tectónica de Placas.

O programa da disciplina (Ministério da Educação, 1991) sugere como actividade a desenvolver, durante a respectiva leccionação, a utilização de esquemas que ilustrem os fundamentos daquelas teorias. A análise e interpretação dos referidos esquemas permitem a abordagem de conceitos relacionados com o estudo do campo magnético terrestre: campo magnético, declinação magnética, inclinação magnética e paleomagnetismo.

O estudo do campo magnético terrestre constitui um dos conteúdos do tema “Nós e o Universo”, incluído no programa de Ciências Físico-Química do 8º ano de escolaridade (Ministério da Educação, 1994). Como actividade sugere-se a construção de uma bússola rudimentar, explorações sobre interacções magnéticas (com bússolas e ímanes) e o deslocamento de um local para outro, recorrendo a uma bússola.

? Razões científicas

O conhecimento dos registos das anomalias paleomagnéticas e a sua interpretação permitiu confirmar fenómenos já interpretadas pela hipótese de Hess. Além disso propôs soluções credíveis para os problemas não solucionados e previu situações que ainda não tinham sido sugeridas. Por esta razão, alguns autores afirmam que o conhecimento dos registos das anomalias magnéticas nos fundos oceânicos iniciou uma revolução científica ao substituir uma perspectiva fixista e contraccionista por uma visão mobilista da forma como se comporta a crosta terrestre (Gilles, 1991; Praia *et al.*, 1998).

? Investigação em Didáctica das Ciências no âmbito da mudança conceptual

A utilização da bússola e dos ímanes, nas mais variadas situações e a divulgação deste tema pelos meios de comunicação contribuem para a construção de conceitos sobre a natureza e o registo do campo magnético terrestre, muitas vezes diferentes dos aceites pela comunidade científica.

Importa conhecer aqueles conceitos para os aproveitar numa perspectiva construtivista, ainda não suficientemente investigada no âmbito do ensino-aprendizagem da Teoria

Tectónica de Placas.

Deste modo, elegeram-se os seguintes problemas a serem investigados neste estudo:

- 1- Que tipo de concepções possuem os alunos, do 11º ano de escolaridade, sobre a natureza e o registo do campo magnético terrestre?
- 2- Como organizar matérias curriculares de forma a que os alunos possam confrontar as suas ideias, investigar e reflectir sobre diferentes situações para uma aprendizagem mais significativa de conceitos implícitos no tema em estudo?

4.1- Importância do estudo

A educação na área das Ciências da Terra e da Vida - ao abordar temas tão diversos como os tremores de terra, as erupções vulcânicas, os deslizamentos de terrenos e as inundações que influenciam, positiva e negativamente, as actividades do ser humano - permite o exercício de uma cidadania crítica, construtiva e esclarecida que leva os alunos a questionar e a analisar as relações entre avanços científicos, tecnológicos e progresso social (Mayer, 2001).

Por outro lado, esta ciência contribui também para o desenvolvimento de capacidades metacognitivas, nomeadamente na construção de modelos espaço-temporais, parte integrante da maior parte das teorias que representam, explicam e prevêem mudanças no planeta Terra.

A Teoria Tectónica das Placas constitui um tema perfeito para o ensino das competências inerentes à construção do conhecimento, porque integra uma grande variedade de informações, exigindo ao aluno a integração e a inter-relação de diferentes saberes (Metzger, 1992).

Na realidade ela constitui uma importante base para a compreensão de muitos dos processos geológicos característicos da História da Terra, por exemplo, formação das montanhas e das bacias oceânicas e distribuição dos vulcões (Metzger, 1992).

O conhecimento da natureza e registo do campo magnético terrestre permitem ao aluno realizar a integração coerente dos diferentes fenómenos explicados pela Teoria Tectónica de Placas, particularmente a expansão do fundo oceânico.

Por outro lado, são necessários conceitos tradicionalmente vistos como pertinentes ao campo da Física. Esse facto contribui para que os alunos desenvolvam uma perspectiva de integração dos vários saberes, oriundos de diferentes áreas do conhecimento, o que

se revela como extraordinariamente importante.

4.2- Construção das hipóteses de trabalho

Tendo em atenção o quadro teórico sobre o MCA e os resultados de estudos, já realizados, sobre as concepções dos alunos acerca do tema, foi possível colocar algumas hipóteses de trabalho para este estudo, que a seguir se indicam:

- ☞ há alunos que apresentam concepções alternativas sobre o conceito de campo magnético terrestre;
- ☞ nem todas as concepções elaboradas pelos alunos têm o mesmo grau de consistência e a mesma capacidade explicativa;
- ☞ é possível planificar estratégias que permitam substituir ou modificar as concepções alternativas através de um modelo de ensino de natureza investigativo.

4.3- Objectivos do estudo

A adopção de perspectivas de ensino promotores de mudança conceptual implica o conhecimento das concepções dos alunos acerca dos conceitos em leccionação, pelo que a sua identificação é importante. Deste modo, constituem objectivos deste estudo os que a seguir se indicam:

- a) identificar concepções dos alunos sobre a natureza do campo magnético terrestre;
- b) investigar formas como esses alunos mobilizam as suas aprendizagens (sobre campo magnético) para novas situações de aprendizagem;
- c) compreender as concepções existentes;
- d) apresentar sugestões de estratégias de ensino-aprendizagem, facilitadoras da modificação das concepções alternativas identificadas.

5- Descrição do plano geral de investigação

O plano de investigação decorreu em seis fases, descritas nos vários capítulos deste trabalho, cuja caracterização sucinta é apresentada nesta secção. A tabela 1.1 ilustra o esquema do plano geral do estudo, bem como, o respectivo cronograma.

• Fase I – Conceptualização da problemática de investigação

Esta fase caracterizou-se pela realização de alguns procedimentos inerentes a um trabalho exploratório, tais como, a leitura de obras de referência e de trabalhos já realizados, sobre o Ensino das Ciências, o Movimento das Concepções Alternativas (MCA) e sobre a problemática do campo magnético terrestre no estudo da Teoria Tectónica de Placas, bem como, a realização de contactos informais com professores. Estes procedimentos, descritos no capítulo 1 e 2, contribuíram para a caracterização de temas e de sub-temas necessários à compreensão dos dados de paleomagnetismo, em particular aqueles implicados no conhecimento da História da Terra. Contribuíram, também, para a estruturação da investigação, a elaboração das hipóteses, dos objectivos de estudo e da metodologia de trabalho.

• Fase II – Selecção e construção de instrumentos de recolha de dados

Nesta etapa procedeu-se à selecção e construção de um instrumento de recolha de dados que permitisse estudar as hipóteses de trabalho inicialmente colocadas. Esta etapa é descrita nas secções 4 e 5 do capítulo 3, referentes à metodologia seguida na construção e validação do questionário.

• Fase III – Recolha dos dados

Esta etapa consistiu na selecção e caracterização da população-alvo, na realização do estudo piloto e do estudo principal, na escolha do método de análise dos dados e na descrição da sua aplicação. Estes procedimentos são referidos na secção 6 e 7 do capítulo 3.

• Fase IV – Análise dos dados

Nesta etapa procedeu-se à apresentação dos resultados obtidos e ao estudo das hipóteses de trabalho, subjacentes às questões do questionário. No capítulo 4 faz-se referência às categorias de resposta construídas para cada questão, procede-se à sua análise, particular e geral e apresentam-se as concepções alternativas encontradas.

• Fase V – Propostas para materiais curriculares

Esta etapa consistiu na definição dos temas e das actividades, procedimentos e estratégias, a desenvolver pelo professor e aluno, de acordo com o modelo de ensino-aprendizagem seleccionado. Implicou a análise do conteúdo conceptual que se relacionava com cada uma das concepções alternativas obtidas e a construção de uma actividade que permitisse ao aluno aperceber-se das insuficiências e das diferenças da sua explicação relativamente ao conteúdo científico. Estes procedimentos são descritos

no capítulo 5.

• **Fase VI – Conclusões e limitações do estudo**

Nesta fase procedeu-se a uma análise geral do estudo efectuado, que nos permitiu elaborar as implicações educacionais e apresentar sugestões para futuras investigações.

Estes procedimentos são descritos no capítulo 6.

Fases do plano de estudo	Data
I- Conceptualização da problemática de investigação	Outubro/ Novembro de 1999
II- Selecção e construção de instrumentos de recolha de dados	Dezembro a Março de 2000
III- Recolha de dados	Março de 2000
IV- Análise dos dados	Junho a Dezembro de 2000
V- Propostas para materiais curriculares	Dezembro de 2000 a Fevereiro de 2001
VI- Conclusões e limitações do estudo	Fevereiro a Abril de 2001

Tabela 1.1 – Fases de desenvolvimento do projecto de investigação.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

1- Introdução

Neste capítulo, procede-se a uma revisão bibliográfica que vai ser dividida em duas partes.

A primeira (Parte I) inicia-se com a caracterização de temas e sub-temas considerados importantes para a compreensão dos dados de paleomagnetismo, em particular aqueles implicados no conhecimento da História da Terra.

Na segunda (Parte II), analisam-se alguns indicadores da investigação, integrada na Didáctica das Ciências, efectuada no âmbito das Concepções Alternativas e da Mudança Conceptual e termina-se com a descrição das concepções dos alunos acerca de conceitos relacionados com o campo magnético terrestre.

Parte I - A problemática do Campo Magnético Terrestre no estudo da Teoria Tectónica de Placas

Para se poderem analisar e interpretar fenómenos relacionados com o campo magnético terrestre que, de algum modo, contribuíram para a Teoria Tectónica de Placas é necessário ter conhecimentos sobre este tema. Por exemplo, a interpretação do perfil das anomalias magnéticas do fundo oceânico exige conhecimentos sobre a polaridade do campo magnético terrestre ao longo do tempo e sobre o registo do campo nas rochas.

Por isso, descreve-se um conjunto de conceitos que se julga serem essenciais para compreender as características do campo magnético terrestre e o tipo de influência que tem sobre certos materiais existentes na Terra. Os conceitos centrais são: noção de polaridade do campo magnético terrestre, noção de declinação e inclinação magnética, noção do registo do campo magnético terrestre e noção de anomalias magnéticas.

Reconhecendo que o ensino das ciências, numa perspectiva construtivista, exige do professor uma elevada disponibilidade de saberes (os da própria disciplina e de outras áreas disciplinares que nela se integram), considerou-se ser necessário realizar uma abordagem histórica ao tema e caracterizar a origem do campo magnético terrestre.

A abordagem histórica poderia ser utilizada pelo professor durante a fase de iniciação ao tema como meio de mobilizar a atenção dos alunos para este. Por outro lado, a compreensão da origem do campo magnético terrestre exige conhecimentos da área da Física que se integram nos conceitos atrás referidos e permitem que o professor fundamente melhor as suas actividades.

Não se pretende uma abordagem exaustiva destes temas mas, uma caracterização, cientificamente adequada, que possa auxiliar o professor nas actividades de ensino-aprendizagem sobre o tema : “Tectónica de placas, um modelo unificador”, que constitui um dos temas do programa da disciplina de Geologia do 12º ano.

Termina-se com uma descrição das etapas, relacionadas com o campo magnético terrestre, que permitiram o conhecimento de novos factos e a construção de novas hipóteses que confluíram na Teoria Tectónica de Placas.

I.1- Introdução histórica

Magnus magnes ipse est globus terrestris.

(A Terra é um íman gigantesco.)

William Gilbert

Junto à costa do mar Egeu, onde é hoje a Turquia, os antigos gregos fizeram uma descoberta surpreendente: encontraram uma pedra metálica escura que não era como as outras pedras. Ela podia, por um processo misterioso, repelir ou atrair objectos de ferro. Como esta pedra foi encontrada, pela primeira vez, na Magnésia, antiga região da Lídia, foi-lhe dado o nome de magnetite (Fiolhais, 1991). Tratava-se do minério de ferro que conhecemos por *magnetite ou pedra-íman*, em que a palavra *íman* significa “*pedra que ama*”. Designa-se por magnetismo o poder de atracção de um íman sobre objectos de ferro e alguns outros metais. Os gregos sabiam que a pedra-íman podia atrair o ferro. Tales de Mileto (640 a 546 a.C.) foi o primeiro a referir a relação existente entre magnetismo, electricidade e gravidade, mas durante centenas de anos este fenómeno esteve relacionado com um poder sobrenatural (Ruivo, 2000). Na sua obra *Ion*, Sócrates diz que a pedra “não só atrai anéis de ferro, mas também lhes confere um poder semelhante para atrair novos anéis; e por vezes podem ver-se alguns bocados de ferro e anéis suspensos uns dos outros, de modo a formar como que uma longa cadeia” (Holden, 1969, p.8). O romano Lucrécio Caro escreveu no século I a.C.: “...o ferro pode ser atraído por essa pedra, a que os gregos chamam *magnete*...por vezes também o ferro é repellido por esta pedra.” (Holden, 1969, p.9). Mais tarde, os estudiosos verificaram que uma pequena barra de ferro quando suspensa pelo seu centro, indicava grosseiramente os extremos norte e sul da Terra. A primeira menção definidora de polaridade foi a de um dicionário do sec. II d.C.(Holden, 1969).

No século XI um artífice chinês de nome Sem Kua mencionou o uso de uma agulha magnética para orientação na Terra. Compreende-se, assim, que fossem os chineses a transmitir a bússola aos Árabes, só tendo chegado à Europa no sec. XII d.C. (Babbage,

2000). Os primeiros estudos científicos dos fenómenos magnéticos terão surgido nos fins do século XIII: Pierre de Maricourt, um monge francês, descobriu, por exemplo, que pólos do mesmo sinal se repelem, pólos de sinal oposto se atraem e a impossibilidade de separar os pólos de um íman. Para provar as suas hipóteses construiu uma esfera magnética que utilizava como modelo da Terra. (Pereira *et al.*, 1991; Ruivo, 2000).

Estes estudos foram retomados por William Gilbert, no século XVII. Tratava-se de um físico da Corte no tempo da Rainha Isabel I, de Inglaterra (Jardine, 1972). Ele acreditava que a forma da Terra era a responsável pelo seu poder atractivo, que as forças magnéticas terrestres se distribuíam em zonas concêntrica à volta desta e que a Terra tinha um campo magnético próprio semelhante a um íman gigante (Fiolhais, 1991). Este cientista distinguiu claramente o magnetismo da electricidade e atribuiu-lhe diversas propriedades: direcção, inclinação e declinação.

No século XVII, algumas destas ideias foram desenvolvidas, reformuladas ou rejeitadas. Kepler, por exemplo, acreditava que no interior do Sol e nos planetas do sistema solar existiria um grande íman. Descartes tinha um ideia diferente: acreditava que as forças magnéticas necessitavam de ar para se propagarem (Ruivo, 2000).

No século XVIII, Coulomb estabelece as primeiras leis quantitativas da electricidade e do magnetismo. Ele acreditava existir uma analogia entre as forças eléctricas e as forças magnéticas. O mistério da natureza das forças que conseguem actuar à distância, sem ajuda de um meio de suporte, persistiu mesmo depois de se terem elaborado fórmulas matemáticas (Ruivo, 2000).

Só no século XIX, Ampère e Faraday conseguem contribuir com importantes dados para a interpretação da acção magnética dos materiais ferromagnéticos (ferro, cobalto e níquel). De salientar que esta descoberta só foi possível graças a importantes contribuições de outros cientistas: Alexandro Volta (1745-1827), Hans Christian Oersted (1777-1851) e vários físicos ingleses e franceses que estabeleceram os alicerces experimentais do electromagnetismo (Pereira *et al.*, 1991).

I.2- Variações temporais do campo magnético terrestre

Modelos matemáticos, como por exemplo o *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)* e o *World Magnetic Model (WMM)* têm alguma dificuldade em prever o campo magnético que caracterizará um determinado local, porque o campo magnético terrestre resulta de interacções entre o campo principal (campo magnético gerado no núcleo, *main field*), as rochas magnéticas presentes na superfície terrestre, o campo magnético

externo e os efeitos locais, como por exemplo, linhas de caminho de ferro e cabos de alta tensão (McLean, 2000).

O campo magnético externo que tem origem num sistema de correntes resultantes do movimento diferencial de iões e electrões no interior da magnetosfera (região do espaço em que o campo magnético de um planeta domina o do vento solar) ou da ionosfera (parte da atmosfera terrestre que começa a uma altitude de 40 quilómetros e se estende para fora durante 400 quilómetros ou mais). Estas correntes externas sofrem alterações mais rápidas que o campo principal e são as principais responsáveis por cerca de 10% do campo magnético terrestre, enquanto que o campo principal contribui com cerca de 90% do total desse campo (McLean, 2000).

Assim, contrariamente ao campo gravítico, o qual é tendencialmente fixo, o campo magnético terrestre apresenta variações temporais: **variações seculares**, variações muito lentas, medidas anualmente que resultam, provavelmente, do movimento dos fluídos no interior do núcleo; **variações diurnas**, variações mais rápidas que decorrem durante um dia e estão relacionadas com variações do campo magnético externo. Por exemplo, as correntes da ionosfera são fortemente influenciadas pelo sol e principalmente confinadas ao lado da Terra virado para o sol, todos os dias há uma variação cíclica do magnetismo terrestre; **variações de grande amplitude**, as tempestades magnéticas, resultantes da interacção de partículas carregadas, provenientes do Sol, com a ionosfera. Estas variações da actividade magnética podem durar uma semana ou mais e provocam alterações na direcção do campo magnético terrestre de alguns graus (Barton, 2000).

I.3- Origem do campo magnético terrestre

No início do estudo do campo magnético terrestre pensava-se que o interior da Terra era constituído por um gigantesco íman. Esta ideia baseava-se no facto de se presumir que o ferro existe em grande quantidade no interior da Terra e tem propriedades magnéticas (Campbell, 1997).

O campo magnético terrestre comporta-se como se houvesse uma pequena barra de íman próximo do centro da Terra e inclinada 11º em relação ao eixo de rotação do planeta, como está representado na figura 1 (Press *et al.*, 1998).

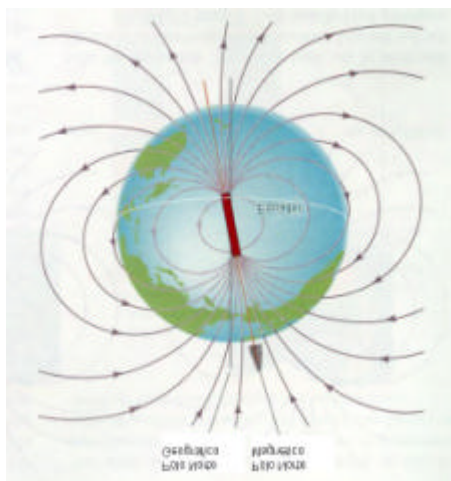


Fig.1: O campo magnético terrestre assemelha-se ao campo magnético que seria produzido se no interior da Terra, se encontrasse uma barra de ímã gigante, inclinada cerca de 11° em relação ao eixo de rotação da Terra. Estão representadas as linhas de força originadas pela referida barra de ímã e o sentido de orientação de uma agulha magnética sujeita ao campo magnético terrestre (adaptado de Press *et al.*, 1998).

Experiências em laboratório mostraram que o calor destrói o magnetismo e que os materiais perdem o seu magnetismo permanente quando as temperaturas ultrapassam os 500°C (Ponto de Curie). Como a temperatura aumenta com a profundidade, os constituintes localizados abaixo dos 20 ou 30 km não podem estar magnetizados, porque as temperaturas são muito altas (Press *et al.*, 1998).

Estudos recentes do campo magnético terrestre permitem admitir que o movimento de rotação da Terra e o calor gerado pela radioactividade do núcleo são a causa de um tipo de movimento convectivo e de rotação do *spin* dos electrões existentes no fluido do núcleo externo (camada líquida de ferro e níquel) responsáveis pela existência de correntes eléctricas fracas (Glatzmaier, 2001; Wyllie, 1976 ; Press *et al.*, 1998).

Ao movimento do electrão na sua orbital corresponde um momento magnético ($m_{\text{orb.}}$) porque é equivalente a uma corrente circular fraca. Mas, a contribuição principal (cerca de 95%) para o magnetismo dos materiais ferromagnéticos (ferro, cobalto e níquel) deve-se ao movimento de *spin* dos electrões. Ao movimento de *spin* do electrão corresponde um momento magnético de *spin*, m_s (fig. 2). No caso de dois electrões emparelhados o momento magnético de um anula o momento magnético do outro porque têm sentidos opostos. Só os electrões desemparelhados são responsáveis pelo momento magnético de *spin* de um átomo (Pereira *et al.*, 1991).

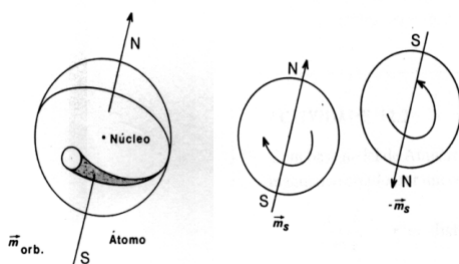


Fig.2: Ao movimento do electrão na sua orbital, corresponde um momento magnético, $m_{\text{orb.}}$ e ao movimento de *spin* do electrão corresponde um momento magnético de *spin*, m_s que pode estar direccionado para norte ou para sul. Num par de electrões emparelhados o momento magnético resultante é nulo (Pereira *et al.*, 1991).

Para outros autores (Campbell, 1997 e Gubbins, 1998), o movimento causado pelo crescimento do núcleo interno da Terra, devido à migração de elementos mais leves, origina o movimento dos fluídos no núcleo externo. Este movimento está também relacionado com a forma da Terra e com as correntes libertadas pelos “spin” dos electrões existentes no núcleo externo.

A estrutura dipolar, que constitui uma das principais características do campo magnético terrestre, consiste em dois pólos magnéticos: um pólo positivo, designado por N e um pólo negativo, designado por S. A distribuição das forças num dipolo é semelhante à observada à volta de um íman: as forças magnéticas parecem dirigir-se do pólo N para o pólo S.

Relativamente à polaridade do campo magnético terrestre, verifica-se que nem sempre o pólo norte magnético se localizou, como actualmente, próximo do pólo norte geográfico e o pólo sul magnético próximo do pólo sul geográfico (polaridade normal). O campo magnético terrestre pode apresentar inversão da sua polaridade: o pólo norte magnético passa a localizar-se próximo do pólo sul geográfico e o pólo sul magnético próximo do pólo norte geográfico.

Ao longo do tempo geológico períodos de polaridade normal, como a actual, alternaram com períodos de polaridade inversa. Informações sobre a polaridade do campo magnético terrestre, em diferentes períodos da História da Terra, podem ser obtidas a partir da análise de uma escala de tempo da inversão da polaridade geomagnética (secção 2.8).

Todos os modelos baseados na teoria do dínamo admitem existir uma relação entre o movimento de rotação da Terra e a existência do campo magnético terrestre (Campbell, 1997; Glatzmaier, 2001).

Contudo, ainda não foi possível construir um modelo que permita explicar os valores de intensidade magnética apresentada pelo campo magnético terrestre, o alinhamento do eixo dipolar com o eixo de rotação da Terra e a razão do campo apresentar, ocasionalmente, inversões da sua polaridade (Glatzmaier, 2001).

De acordo com o modelo de dipolo magnético, o campo seria produzido por um íman, no centro da Terra, ligeiramente deslocado em relação ao eixo de rotação, tal como se mostra na fig.1. Mas, de facto, não existe qualquer íman no interior da Terra (secção 2.3) e este modelo representa, apenas, cerca de 90% do campo magnético terrestre (Wyllie, 1976).

Como conclusão do que foi exposto pode-se referir que as forças magnéticas têm uma

origem diferente das forças gravíticas. Enquanto que o campo gravítico depende da massa do corpo, o campo magnético depende do movimento e da velocidade de duas partículas carregadas, mas não da sua massa. O campo gravítico não apresenta polaridade, mas o campo magnético apresenta, o que lhe confere variações temporais porque experimenta inversões ao longo da História da Terra (Odenwald, 1997).

I.4- Elementos do campo magnético terrestre

Um campo magnético é uma grandeza vectorial, grandeza física representada no espaço (a três dimensões) por três componentes que definem tanto a magnitude como a direcção. A posição do vector no espaço, como se ilustra na Fig. 3, é definida por dois ângulos: o ângulo de declinação, δ , que o referencia no sistema de coordenadas da Terra e o ângulo de inclinação, θ , que fixa o vector no espaço em relação ao plano horizontal.

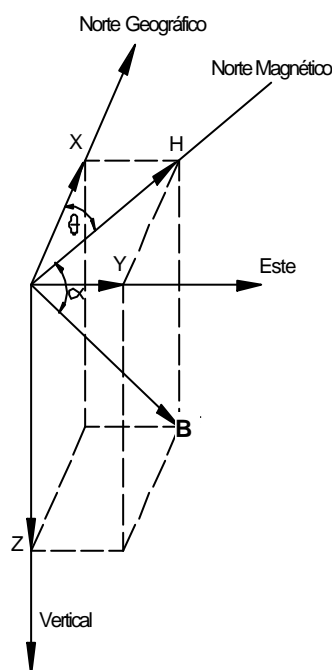


Fig.3: Representação dos ângulos definidores da orientação do campo magnético terrestre. A amplitude do vector do campo magnético **B** terrestre é proporcional à intensidade do campo (adaptado de Jacobs, 1992).

A direcção do campo magnético terrestre (**B**) é normalmente definida pelos seguintes elementos, que seguidamente se definem.

? Declinação magnética (?)

É o ângulo obtido entre o norte geográfico e a projecção horizontal do vector da força magnética. Este ângulo mede-se do Norte geográfico para Este e pode apresentar valores entre os 0° e os 360° . Os valores de declinação apresentados pelo campo magnético terrestre, em diferentes locais da Terra, são uma prova de que o campo

magnético terrestre não pode ser definido apenas pela sua estrutura dipolar. O oposto seria verdade, se a direcção da força magnética fosse, em qualquer local da Terra, sempre para o norte magnético (Fig. 4).

? **Inclinação magnética (?)**

É o ângulo entre o vector da força magnética e a sua projecção horizontal (**H**). Pode apresentar valores entre -90° e $+90^{\circ}$: se a direcção do vector for para cima, o ângulo de inclinação apresentará valores negativos; se a direcção do vector for para baixo, o ângulo de inclinação apresentará valores positivos (Fig. 5).

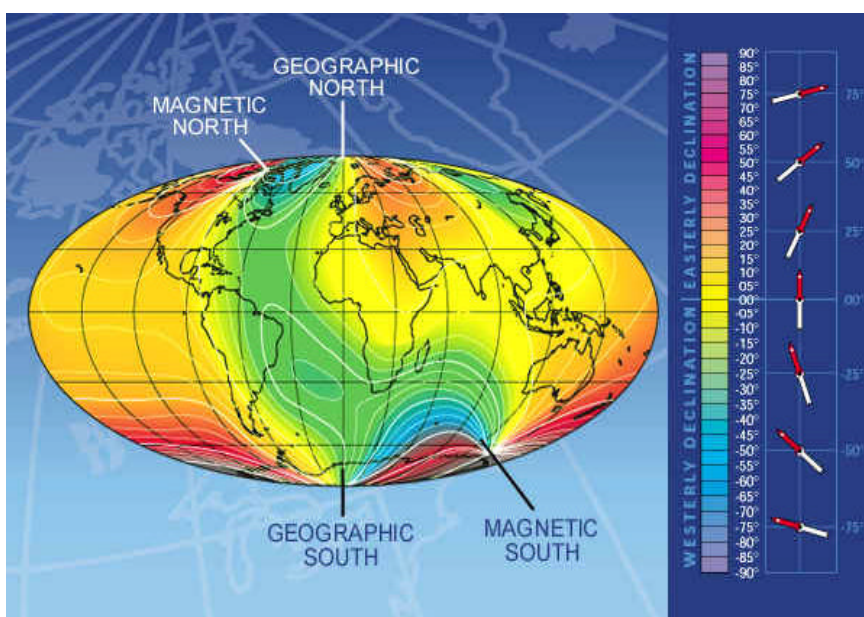


Fig.4: Representação das variações de declinação em diferentes partes da Terra. Os valores da declinação magnética aumentam próximo dos pólos magnéticos, atingindo nestes locais o seu valor mais elevado (adaptado de www.enjoytheoutdoors.csm/camping/silva/mag.html).

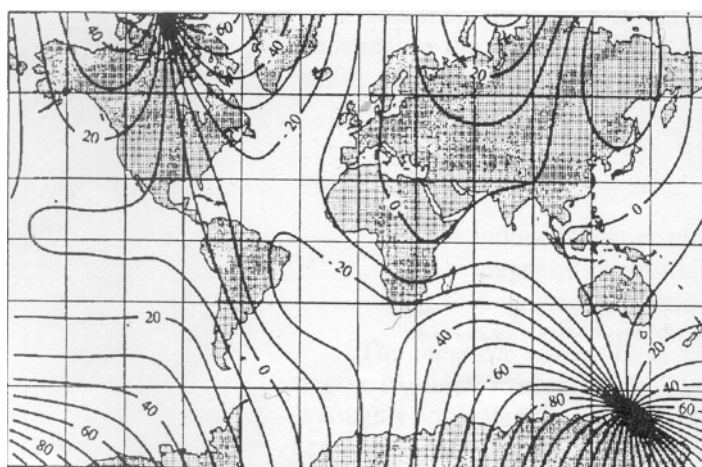


Fig. 5: Representação dos ângulos de inclinação em diferentes zonas da Terra (Lillie, 1999).

Designa-se por **equador magnético** o local, à volta da Terra, onde o ângulo de inclinação é zero (o vector do campo magnético terrestre é horizontal). Este local não corresponde ao Equador.

Define-se **pólo magnético** como sendo a área onde a inclinação da força magnética é vertical. A Terra apresenta dois pólos magnéticos: o pólo norte magnético e o pólo sul magnético. A sua localização é difícil por muitas razões: as áreas onde se localizam são muito grandes e inacessíveis aos investigadores. Não são áreas fixas, mas movem-se de dez a cem quilómetros devido às variações diárias, à presença de rochas magnetizadas na crosta, à existência de campos resultantes das correntes eléctricas produzidas na ionosfera e magnetosfera (Barton, 2000).

Como se ilustra na figura 6, os primeiros utilizadores da agulha magnética interpretaram de uma forma incorrectas forças atractivas do campo magnético terrestre e designaram erradamente os pólos terrestres. O pólo norte magnético tem polaridade sul e o pólo sul magnético tem polaridade norte.

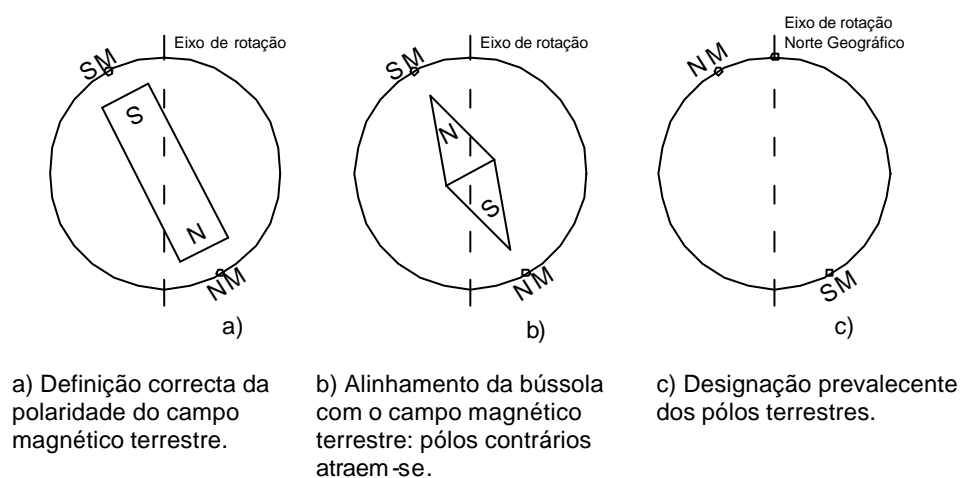


Fig. 6: Representação dos pólos terrestres. N M – Norte Magnético; S M – Sul Magnético

Designa-se por **pólo geomagnético** o local da superfície terrestre onde o eixo do dipolo (pequena barra de íman), no centro da Terra, intercepta a superfície terrestre. A Terra possui dois pólos geomagnéticos: pólo norte geomagnético e pólo sul geomagnético. Estes pólos têm uma posição antipodal enquanto que os pólos magnéticos não apresentam este tipo de posição. Por exemplo, no início de 1986 o Pólo Sul Geomagnético (latitude 79° S, longitude 109° E) distanciava-se 1800 km do pólo sul magnético (Barton, 2000).

Os pólos geomagnéticos só podem ser deduzidos a partir de análises matemáticas de

medidas do campo magnético terrestre, enquanto que os pólos magnéticos podem ser detectados fisicamente (locais da superfície terrestre onde a inclinação é de 90°).

Contrariamente à aceleração gravítica, a qual apresenta uma direcção praticamente perpendicular em relação à superfície da Terra, as direcções do campo magnético não são tão facilmente definidas. Em qualquer ponto da Terra, a força magnética apresenta uma determinada intensidade e está orientada numa determinada direcção.

I.5- Registo do campo magnético terrestre

Se se sujeitar um material ferromagnético a um campo magnético externo (designado por campo indutor), o material adquire um campo magnético idêntico ao do campo indutor. Se se medir o campo magnético total, próximo do material magnetizado, este corresponderá à soma dos dois campos. Se se conhecer as características do campo indutor e se verificar variações magnéticas pode-se determinar a susceptibilidade magnética do local.

As rochas, susceptíveis de serem magnetizadas, existentes à superfície terrestre contribuem para os diferentes valores de intensidade magnética e de declinação que têm sido registados e utilizados na elaboração de mapas como os representados na figura 4 e 5.

Perturbações da direcção do campo podem ser ilustradas movendo um íman próximo de uma bússola: a inclinação e declinação da agulha magnética altera-se em resposta à posição do íman (Fig.7). Por esta razão quando rochas magnetizadas existem por baixo da superfície da Terra, a direcção e magnitude das linhas de força do campo magnético terrestre sofrem alterações. É, por isso, importante conhecer a possibilidade de vários materiais serem magnetizados (**grau de susceptibilidade**) e a forma como afectam, localmente, o campo magnético terrestre.

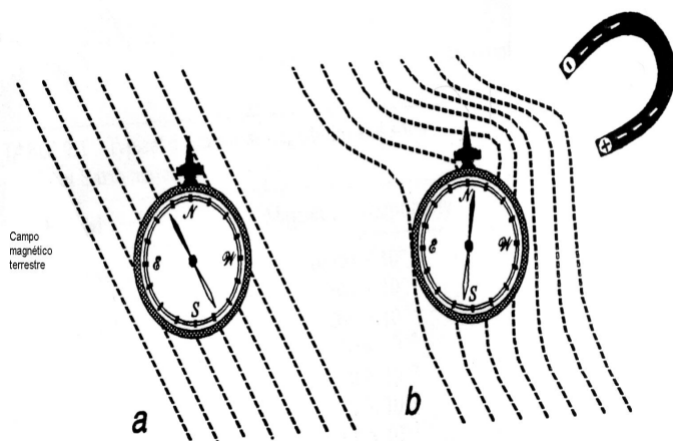


Fig.7: a) Orientação da agulha magnética, quando sujeita ao campo magnético terrestre; b) perturbação da orientação da agulha magnética, quando dela se aproxima um íman (Adaptado de Lillie, 1999).

O grau de susceptibilidade magnética (?) de uma dada rocha depende da sua composição mineralógica. Concretamente, a susceptibilidade magnética de uma rocha será tanto maior quanto mais rica for em minerais ricos em ferro, nomeadamente, em magnetite.

Com base no estudo da composição das rochas, podem-se construir tabelas de susceptibilidade magnética para essas rochas e inferir, da composição litológica num determinado local, se será mais ou menos provável a ocorrência de alterações locais do campo magnético.

A Tabela 2.1 ilustra como a quantidade de ferro num material, particularmente na forma do mineral magnetite ($\text{Fe}_3 \text{O}_4$), influencia fortemente a susceptibilidade magnética.

Material	Susceptibilidade magnética
Magnetite ($\text{Fe}_3 \text{O}_4$)	1000×10^{-5}
Peridotito	500×10^{-5}
Basalto/Gabro	200×10^{-5}
Diorito	20×10^{-5}
Arenito	10×10^{-5}
Granito	1×10^{-5}
Halite (NaCl)	-1×10^{-5}

Tabela 2.1 : Susceptibilidades magnéticas típicas de alguns materiais da Terra (Adaptado de Lillie, 1999).

Rochas máficas e ultramáficas (como o peridotito, o basalto e o gabro), as quais são ricas em magnetite, têm uma elevada susceptibilidade comparada com as rochas félsicas (como o diorito e o granito).

O tipo de magnetismo exibido por um mineral, na presença de um campo magnético externo, depende do grau de susceptibilidade magnética do mineral. Se um corpo que contém um mineral (Fig. 8) é sujeito à acção de forças magnéticas externas (\mathbf{B}_{amb}), o corpo adquire magnetização com uma intensidade, J, proporcional à susceptibilidade magnética global do corpo:

$$\mathbf{J} = \chi_m \mathbf{B}_{\text{amb}} \quad \text{onde:}$$

J - magnetização induzida no material;

χ_m - grau de susceptibilidade magnética;

\mathbf{B}_{amb} - componente B do ambiente

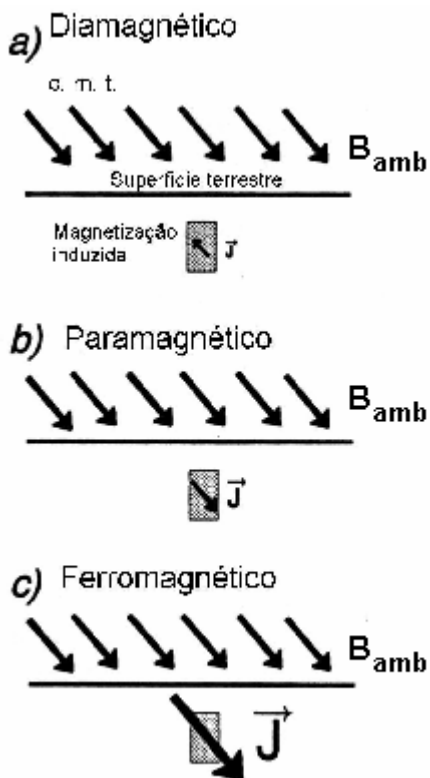


Fig. 8: Tipos de comportamento magnético a) os minerais diamagnéticos adquirem fraca magnetização (J) com direcção oposta à do campo magnético externo (B_{amb}); b) a magnetização nos minerais paramagnéticos é fraca, mas na mesma direcção do campo magnético externo; c) nos minerais ferromagnéticos ocorre uma magnetização forte e na mesma direcção que a do campo magnético externo (Adaptado de Lillie, 1999) .

A- Diamagnetismo (??-10⁻⁵)

Um mineral diamagnético, tal como a halite, tem uma susceptibilidde negativa, adquire uma magnetização induzida com direcção oposta à do campo magnético externo (Fig. 8 a). A fraca magnetização resulta de alterações das orbitais dos electrões, quando sujeitos a forças de um campo magnético externo. Susceptibilidades de apenas -10^{-5} significa que a magnetização é cerca de 10^{-5} vezes a força de magnetização do campo magnético externo.

B- Paramagnetismo (??+10⁻⁴)

A susceptibilidade magnética de um mineral paramagnético é positiva, adquirindo um magnetismo paralelo ao campo externo (Fig. 8b). O magnetismo ocorre quando os momentos magnéticos dos átomos magnéticos estão parcialmente alinhados na presença de um campo externo. A maioria dos minerais magnéticos exibem este fraco comportamento magnético.

C- Ferromagnetismo ($\chi + 10^{-1}$)

Em alguns minerais metálicos ricos em ferro, cobalto, manganésio ou níquel, os momentos magnéticos dos átomos alinham-se rapidamente com o campo externo (Fig. 8c). Susceptibilidades na ordem de 10^{-1} indicam que a magnetização apresenta a mesma direcção do campo magnético externo e a magnitude é cerca de 1/10 da magnitude do campo magnético externo. Sob certas circunstâncias, a magnetização induzida pode ficar conservada nos materiais ferromagnéticos, mesmo depois do campo magnético ter sido removido (magnetização remanescente).

I.6- Tipos de magnetização

A magnetização de uma rocha ocorre de duas formas: pode ser induzida pelo campo magnético actual (magnetização induzida) ou pode ter sido formada no passado, assim que ocorreu a litificação da rocha (magnetização remanescente) (Fig. 9).

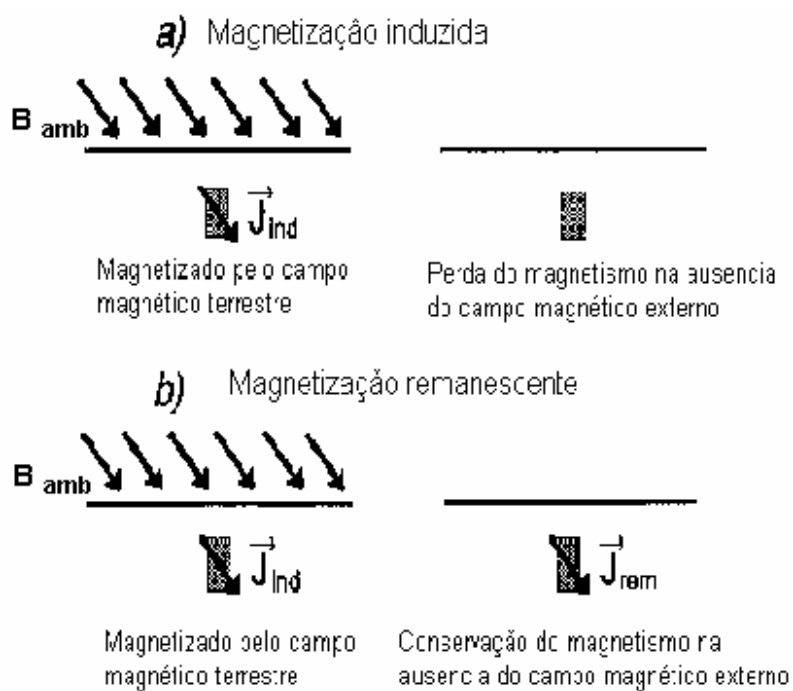


Fig. 9: Tipos de magnetização a) a magnetização pode ser induzida, num material, na presença de um campo magnético externo. Este tipo de magnetização desaparece quando se retira o campo magnético externo; b) alguns materiais mantêm a magnetização depois de se ter retirado o campo magnético externo, designa-se por magnetização remanescente (Adaptado de Lillie, 1999).

A- Magnetização induzida

Este tipo de magnetização é um caso de magnetização temporária das rochas (Fig. 9a), dado que estas podem deixar de possuir magnetização quando são retiradas do meio e a magnitude e direcção do campo induzido depende da magnitude, da direcção do campo magnético externo e da susceptibilidade magnética da rocha. Os minerais diamagnéticos e paramagnéticos apresentam, a uma dada temperatura, uma susceptibilidade constante

e adquirem uma magnetização paralela à direcção do campo magnético existente (Fig.8). Um corpo com magnetização induzida gera um campo magnético local. Na ausência de uma magnetização remanescente, o campo magnético global observado na vizinhança de um corpo magnético é igual á soma do campo magnético terrestre naquele local e o campo induzido nele próprio:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_{amb} + \mathbf{B}_{ind}$$

em que:

\mathbf{B} = campo magnético total

\mathbf{B}_{amb} = zona de influência do campo magnético

\mathbf{B}_{ind} = campo magnético induzido

Perturbações locais no campo magnético terrestre fornecem pistas relativas à presença, à superfície, de materiais magneticamente susceptíveis. O campo induzido desses materiais é igual à diferença entre o valor do campo magnético terrestre local e o campo magnético total:

$$\mathbf{B}_{ind} = \mathbf{B} - \mathbf{B}_{amb}$$

A anomalia total do campo (ΔB) é obtida subtraíndo a magnitude total do campo magnético (\mathbf{B}_{amb}) do valor de \mathbf{B} e é:

$$\Delta B = \mathbf{B} - \mathbf{B}_{amb}$$

B- Magnetização remanescente

A magnetização remanescente é a designação dada ao magnetismo fóssil de uma rocha. Neste tipo de magnetização, os domínios magnéticos de alguns minerais (particularmente magnetite), no momento de formação das rochas, comportam-se como agulhas magnéticas, orientando-se por si próprios na direcção do campo magnético externo. Assim que as rochas litificam, a orientação da magnetização pode ficar conservada na rocha. Este tipo de magnetização mantém-se, mesmo após uma eventual mudança do campo magnético externo (Fig. 9b) e é normalmente cinco vezes superior à magnetização induzida.

A magnetização remanescente numa rocha regista a informação sobre a direcção do norte magnético no momento em que a rocha se formou. Os estudos paleomagnéticos podem indicar a idade da rocha e sugerir a latitude da região na altura em que se formou. A magnetização de um material é um vector resultante da soma da magnetização remanescente com a magnetização induzida:

$$\mathbf{J} = \mathbf{J}_{ind} + \mathbf{J}_{rem}$$

em que:

\mathbf{J} = magnetização total do material

\mathbf{J}_{ind} = magnetização induzida da matéria

\mathbf{J}_{rem} = magnetização remanescente da matéria

Portanto, o campo magnético total numa dada zona é igual á soma dos campos magnéticos locais resultantes das magnetizações induzidas, remanescentes e do campo magnético local:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_{amb} + \mathbf{B}_{ind} + \mathbf{B}_{rem}$$

em que:

\mathbf{B} = magnitude e direcção do campo magnético total

\mathbf{B}_{amb} = campo magnético local

\mathbf{B}_{ind} = campo magnético resultante da magnetização induzida

\mathbf{B}_{rem} = campo magnético resultante da magnetização remanescente

Depois de se ter subtraído a magnitude do campo magnético local (\mathbf{B}_{amb}) à magnetização do campo magnético total (\mathbf{B}), a anomalia magnética total (ΔF) é uma função das magnitudes do campo magnético induzido (\mathbf{B}_{ind}) e do campo magnético remanescente (\mathbf{B}_{rem}). Em muitas alturas a magnitude remanescente é muito mais forte que a magnitude induzida de tal modo que a anomalia total do campo reflecte o paleomagnetismo existente.

Os materiais ferromagnéticos retêm uma magnetização permanente (ou remanescente), mesmo quando o campo magnético externo é removido. Há três formas dos materiais adquirirem magnetização remanescente (Fig. 10):

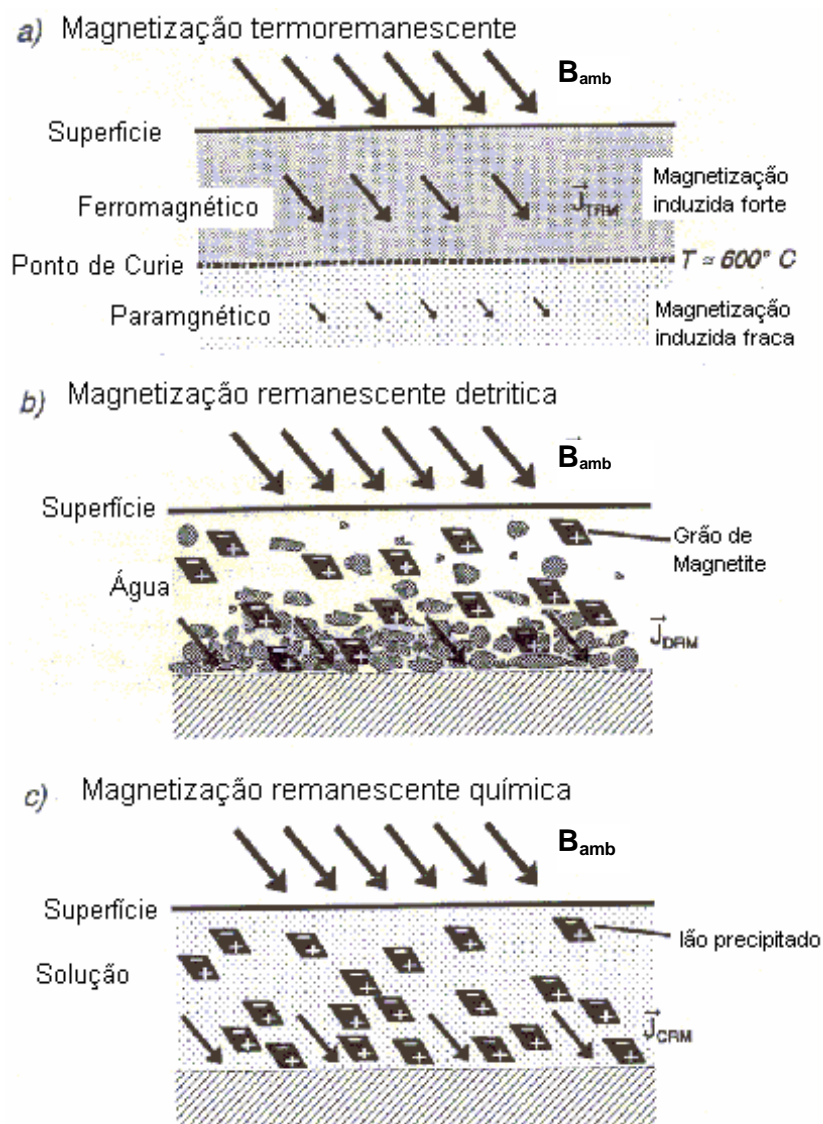


Fig.10: Tipos de magnetização remanescente a) magnetização termoremanescente (J_{TRM}), ocorre sempre que um material arrefece abaixo da temperatura de Curie, caracteriza-se por uma forte ferromagnetização, paralela ao campo magnético terrestre; b) magnetização remanescente detritica (J_{DRM}), durante a sedimentação os grãos orientam-se de acordo com o campo magnético externo; c) magnetização remanescente química (J_{CRM}), durante a precipitação dos iões, os seus domínios magnéticos alinham-se de acordo com o campo magnético externo (Adaptado de Lillie, 1999).

A- Magnetização termoremanescente (J_{TRM})- Quando sujeito a temperatura elevada, um material ferromagnético exibe comportamento paramagnético. Assim que a rocha arrefece abaixo do ponto de Curie, alguns minerais (particularmente a magnetite) passam de um comportamento paramagnético para um comportamento mais forte, um

comportamento ferromagnético. As rochas adquirem uma magnetização termoremanescente de maior magnitude assim que os minerais magnéticos se orientam de acordo com o campo magnético externo (Fig. 10a).

Este tipo de magnetização pode ocorrer durante a solidificação da lava resultante de uma erupção vulcânica. Num derrame de lava, existem vários minerais com composições diferentes, entre eles está a magnetite, um óxido de ferro que é idêntico ao da pedra-ferro dos antigos marinheiros. Enquanto a lava está ainda quente, os átomos que compõem a magnetite orientam-se segundo direcções ao acaso, vibrando ao redor das suas posições médias na estrutura cristalina, mas, à medida que a lava arrefece e atinge temperaturas inferiores a 500° C, os átomos vão-se orientar todos na mesma direcção, a direcção do campo indutor.

Este é, portanto, um fenómeno termodinâmico: os minerais orientam-se de acordo com o campo magnético externo, à medida que a lava arrefece e endurece (Lillie, 1999). Este fenómeno resulta de um mineral, a magnetite, apresentar a configuração de menor energia, quando o seu momento magnético está alinhado com o campo magnético externo. Como o arranjo atómico é fixo nos minerais, sendo a sua magnetização permanente, é necessária uma temperatura alta para que os grupos atómicos possuam energia térmica necessária à vibração fora das suas posições orientadas. Como os minerais estão bloqueados como um todo, dentro da rocha, a direcção de magnetização da rocha é, também, permanente e estável (Wyllie, 1976).

B- Magnetização remanescente detrítica (J_{DRM})- Quando os sedimentos se acumulam na água, os minerais de ferro (particularmente, a magnetite e a hematite) tendem a orientar-se de acordo com o campo magnético externo (Fig. 10b). A rocha adquire uma magnetização remanescente detrítica.

C- Magnetização remanescente química (J_{CRM})- Os iões são precipitados na solução, formando minerais de ferro (particularmente, a magnetite e a hematite). Durante a precipitação dos iões, os seus domínios magnéticos alinham-se de acordo com o campo magnético externo (Fig. 10c). As bacias vermelhas utilizadas frequentemente nos estudos de paleomagnetismo têm frequentemente esta origem: a cor vermelha resulta do mineral de ferromagnético, a hematite.

I.7- Anomalias magnéticas

No início de 1960, um estudante australiano encontrou vestígios de uma fogueira num local que se pensa ter sido utilizado, no passado, pelos aborígenes como acampamento. As rochas encontradas nesse local estavam magnetizadas e antes de terem sido removidas registou-se a sua orientação geográfica (latitude e longitude). Depois, mediu-se a direcção das rochas magnetizadas e verificou-se que era exactamente o inverso do campo magnético actual (Fig. 11). O jovem estudante propôs ao seu professor que, há cerca de 30.000 anos atrás, o campo magnético era o inverso do actual, isto é, a agulha da bússola apontaria para o sul geográfico em vez de apontar para o norte geográfico (Press *et al*, 1998).

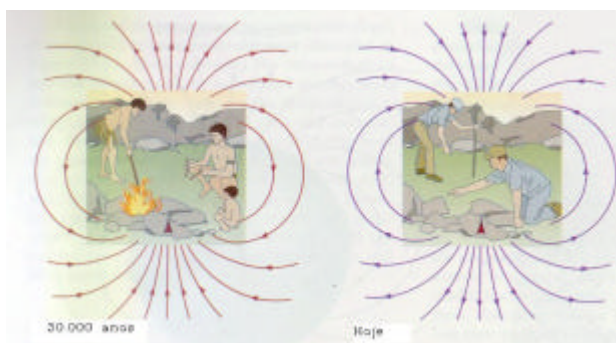


Fig. 11: O campo magnético terrestre há 30 mil anos atrás apresentava uma polaridade inversa da actual. Esta conclusão só foi possível depois de se ter descoberto que rochas formadas há 30 mil anos atrás apresentavam uma polaridade do campo magnético inversa da actual. A direcção do campo magnético terrestre, existente na altura (Press *et al*, 1998).

Desde 1906, que se admite que algumas rochas estão magnetizadas em sentido precisamente inverso ao do campo magnético terrestre actual (LeGrand, 1994). Mais tarde, nos anos cinquenta, foi estabelecido que, aproximadamente, metade das rochas estudadas estão normalmente magnetizadas e a outra metade são rochas com magnetização inversa.

A mudança da polaridade normal para inversa envolve a inversão completa do campo magnético, o eixo magnético permanece na mesma posição em relação ao eixo de rotação da Terra, mas o pólo norte magnético troca a sua posição com a do pólo sul magnético. De notar que o arranjo geométrico das linhas de força magnética no espaço permanece o mesmo (Fig. 11).

A ideia de que as rochas inversamente magnetizadas podiam ter sido formadas numa altura em que a polaridade magnética da Terra era inversa da do campo magnético terrestre presente foi acolhida com cepticismo. Era, realmente, uma ideia demasiado radical para os cientistas conservadores. Exploraram-se explicações alternativas, envolvendo as propriedades dos minerais de ferro nas rochas e descobriu-se que algumas rochas, na verdade, se formavam com magnetização de direcção oposta à do campo magnético indutor, mas só em circunstâncias especiais.

As medidas da intensidade de magnetização, em amostras que atravessam um limite de inversão, mostra que 10 000 anos antes da inversão, a intensidade decresce de sessenta por cento a oitenta por cento, e inverte-se, então, completamente num período de cerca de 2000 anos, antes de aumentar de novo na direcção oposta durante os 10 000 anos seguintes (Wyllie, 1976).

A presença de rochas magnetizadas aumenta ou diminui a intensidade do campo magnético em relação ao valor da intensidade do campo magnético, valor esse estimado para o caso de não ocorrerem rochas magnetizadas. Os desvios, em relação ao valor médio, são designados por anomalias magnéticas.

Dependendo da orientação da magnetização das rochas subjacentes, a intensidade do campo magnético terrestre, em qualquer ponto, pode ser aumentada ou diminuída. Uma rocha magnetizada na mesma direcção do campo magnético terrestre faz aumentar a intensidade do campo magnético terrestre (anomalia positiva) e uma rocha magnetizada numa direcção oposta à do campo terrestre faz diminuir a intensidade do campo (anomalia negativa) (Fig. 12a).

Algumas rochas, tal com as das jazidas de ferro, são tão fortemente magnetizadas que produzem anomalias muito acentuadas. Localmente, o campo magnético terrestre pode tornar-se insignificante, quando comparado a um corpo de minério de ferro (Lillie, 1999).

A magnetização remanescente do basalto oceânico contribui para aumentar ou diminuir a intensidade do campo magnético terrestre. Um registo das polaridades normais e inversas é como que conservado no fundo do oceano Atlântico. Uma das utilidades do estudo de datação magnética, ao registar a idade das rochas, é permitir estudar o fundo oceânico. O novo fundo oceânico originado de um dos lados do rifte apresenta a mesma direcção de magnetização que o novo fundo oceânico do outro lado do rifte e à mesma distância deste, porque se formaram na mesma altura.

Perfis das anomalias magnéticas registadas ao longo de um rifte mostram, alternativamente, máximos e mínimos que significam que o fundo oceânico apresentou, respectivamente, polaridade normal e inversa. A presença de rochas com direcção de magnetização oposta ou igual à direcção de magnetização do campo magnético actual vai ser igual em cada um dos lados do perfil. As bandas de anomalias magnéticas positivas e negativas, de cada um dos lados do rifte, são claramente simétricas. Esta simetria é uma prova muito importante da divergência de placas e expansão do fundo oceânico nesta zona (Fig. 12b).

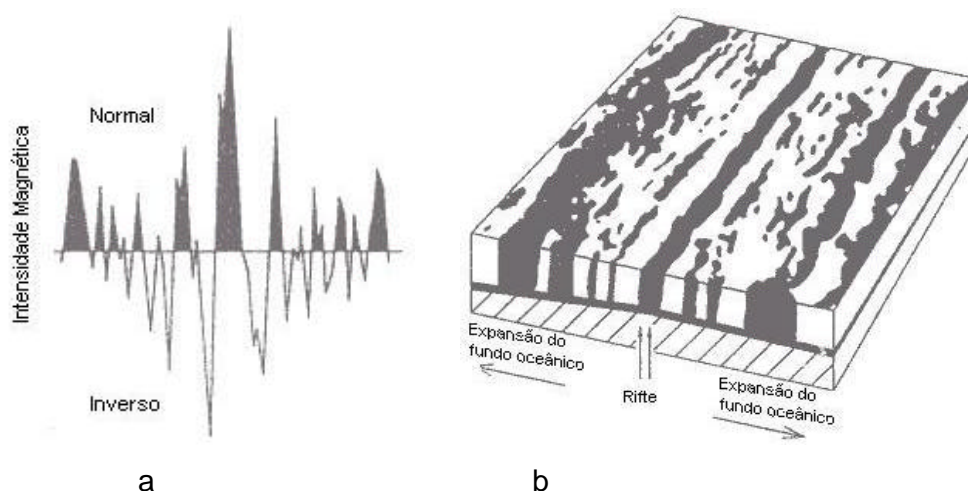


Fig. 12: a) Perfil das anomalias magnéticas obtidas junto ao rifte Reykjanes no sul da Islândia, b) modelo esquemático da formação do fundo oceânico (adaptado de Campbell, 1997).

A causa das inversões é ainda desconhecida, mas a determinação da sua ocorrência permitiu, aos geólogos, determinar a taxa de expansão do fundo oceânico (Press *et al*, 1998). Esta pode ser obtida, se se relacionar a extensão da anomalia magnética com o período de tempo em que ocorreu, de acordo com a análise da escala de tempo da inversão da polaridade (secção 2.8).

I.8- Geocronologia baseada no estudo das anomalias existentes no fundo do oceano próximo do rifte

Utilizando observações das inversões de polaridade, construiu-se uma escala de tempo das inversões da polaridade geomagnética (fig.13).

A escala é baseada em vários métodos, que incluem:

- ☞ estudos de magnetização remanescente, a partir de datação isotópica em rochas ígneas jovens (menos de cinco milhões de anos);
- ☞ observações de anomalias marinhas magnéticas, acompanhadas por datação isotópica de minerais com potássio, determinado pelo método de potássio – árgon, quer presentes em sedimentos quer no basalto, recolhidos pelas sondagens dos fundos oceânicos no âmbito do projecto de perfuração dos fundos do oceano (*Deep Sea Drilling Project, DSDP*);
- ☞ estudos de estratigrafia magnética de secções sedimentares com registos invulgares de fósseis completos.

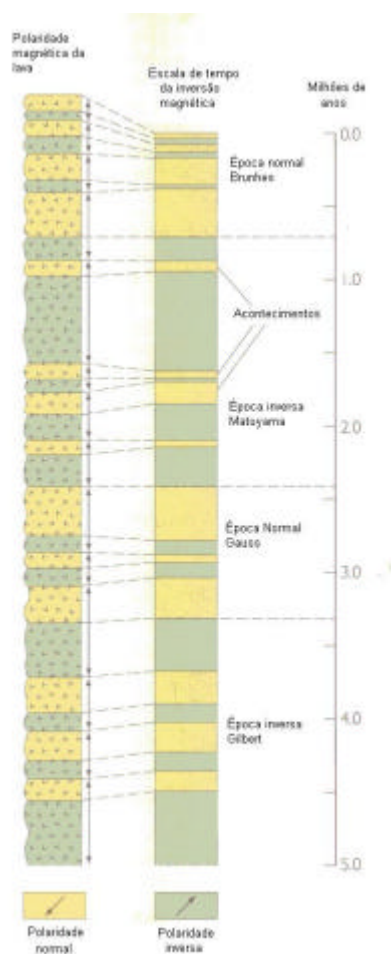


Fig.13: Escala de tempo da inversão da polaridade geomagnética (adaptado de Press *et al*, 1998).

Cientistas dos Estados Unidos, geofísicos Allan Cox e Richard Doell e o geoquímico Brent Dalrymple, reconstruíram a história das inversões para os últimos quatro milhões de anos, utilizando uma técnica de datação baseada nos isotopos dos elementos químicos potássio e árgon. Cox e os seus colegas utilizaram este método para datar rochas vulcânicas continentais de todo o mundo. Após terem medido a direcção de magnetização destas rochas, puderam datar as inversões do campo magnético terrestre (Watson,1999).

A escala de inversões da polaridade magnética fornece informações sobre a polaridade da campo magnético terrestre para os últimos cinco milhões de anos. Durante épocas em que prevalece uma dada polaridade magnética, existem curtos períodos de inversões que se designam por “acontecimentos”.

A actual orientação do campo magnético terrestre surgiu há 0,75 milhões de anos (época de Brunhes). Antes desta época, entre -2,5 Ma e -0,75 Ma, a direcção do campo

magnético terrestre era a inversa da actual.

Segundo Jacobs (1996) Durante uma inversão magnética a intensidade do campo começa por diminuir cerca de vinte milhares de anos até que ocorre a inversão dos pólos magnético e a intensidade aumenta novamente.

I.9- Implicações do estudo do Campo Magnético terrestre na construção da Teoria Tectónica das Placas

Em 1960, H.H. Hess da Universidade de Princeton sugeriu que o rifte assinalava zonas mais fracas, onde o fundo oceânico tinha sido rasgado e ao longo das quais saía novo magma que, depois de solidificar, dava origem a nova crosta oceânica. Este cientista propôs que seria na crista média oceânica que se encontravam as áreas mais quentes, onde os magmas eram formados e expelidos de acordo com a dinâmica das células de convecção (Gilles, 1991).

Outra característica topográfica notável eram as grandes depressões, as fossas, as quais captaram as atenções de Vening-Meinesz e Hess. Vening-Meinesz tinha já notado existir uma correlação entre as fossas e anomalias negativas e isto, juntamente com dados sísmicos, levou-o a identificar as fossas como áreas de deformação crustal (Hallam, 1973).

A hipótese de Hess ou geopoesia de Hess foi, portanto, uma variante da teoria da deriva continental e recebeu pouco apoio da comunidade científica até cerca de 1966 (Shea,1988).

I.9.1- O calendário magnético da Terra

Em 1906, Brunhes, um físico francês, descobriu que certas rochas vulcânicas apresentavam uma orientação magnética diferente da normal. Não correspondia a uma variação de apenas alguns graus, mas de uma inversão completa: o pólo norte correspondia ao pólo sul e vice versa (Gilles, 1991).

Vinte anos mais tarde, um investigador japonês, Matuyama (Gilles, 1991), observou o mesmo fenómeno numa camada de lava e deduziu que o campo magnético terrestre se inverteu várias vezes no passado. Esta afirmação gerou grande controvérsia.

Também na superfície do fundo oceânico, cartografada durante os anos cinquenta, era possível observar o mesmo fenómeno. De salientar que as variações magnéticas

revelavam uma simetria em relação ao rifte: anomalias negativas (representadas por bandas claras), correspondentes a uma polaridade inversa, alternavam com anomalias positivas (representadas por bandas escuras), correspondentes a uma polaridade normal. Nos finais dos anos cinquenta, graças a novos dados geológicos e geofísicos dos oceanos, surgiram novas ideias sobre a expansão dos oceanos. Estes dados referem-se a modelos da topografia do fundo do mar, ao tipo e à idade dos sedimentos, à idade e à composição dos vulcões ao longo da crista médio-oceânica, à distribuição das anomalias gravimétricas, às medidas do fluxo de calor, à distribuição dos vulcões e à sua relação com a profundidade dos abalos sísmicos.

Em 1958, Arthur Raff, Ronald Mason e V. Vacquier observaram uma sucessão de fortes anomalias magnéticas, positivas e negativas, dispostas em bandas sensivelmente paralelas. Estes investigadores elaboraram um mapa (Fig. 14) que teve grande impacto e onde se representavam as anomalias magnéticas das margens ocidentais do continente Norte-Americano: quilómetros de faixas pretas e brancas, dispostas alternadamente e que correspondem à magnetização normal e inversa, respectivamente.

A intensidade destas anomalias, duas vezes superior à que se observava nos continentes, levou a supor que grandes massas magnéticas de origem desconhecida se escondiam por baixo do fundo oceânico (Gilles, 1991).

Em 1963, o canadiano Lawrence Morley, os ingleses Fred Vine e Drummond Matthews, apesar de se situarem em continentes diferentes, justificaram da mesma forma este fenómeno magnético. Eles propuseram uma articulação da expansão de Hess com as inversões geomagnéticas através das bandas magnéticas globalmente paralelas aos riftes.

Estes cientistas sugeriram a seguinte interpretação: a quantidade de lava que é expulsa de um dos lados do rifte é igual à quantidade de lava que é expulsa do outro lado do rifte. Como a lava fica magnetizada na direcção do campo magnético terrestre, se a expulsão ocorrer durante períodos de polaridade normal cria uma anomalia magnética positiva, se a lava for expulsa durante períodos de polaridade inversa cria uma anomalia magnética negativa (Fig. 15). Os dois princípios básicos desta hipótese são: a expansão do fundo oceânico e a inversão periódica do campo magnético terrestre.

Vine deu a conhecer a sua ideia a Matthews o qual conseguiu publicar, apesar de existirem poucas evidências a favor da proposta, um pequeno artigo na *Nature*. Este artigo não teve, inicialmente, grande receptividade, porque a expansão do fundo oceânico não era geralmente aceite e existiam ainda dúvidas de que a inversão do campo magnético era a principal causa da polaridade inversa das rochas.

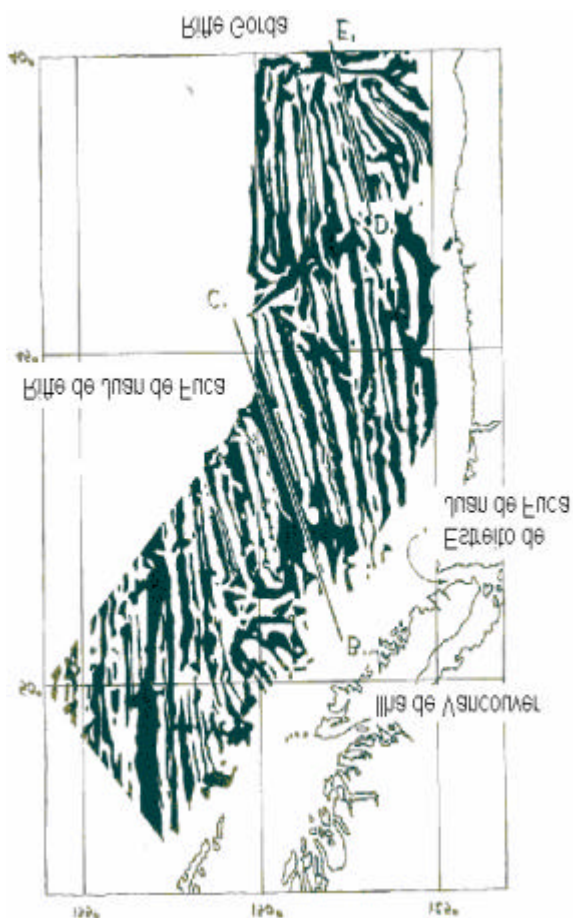
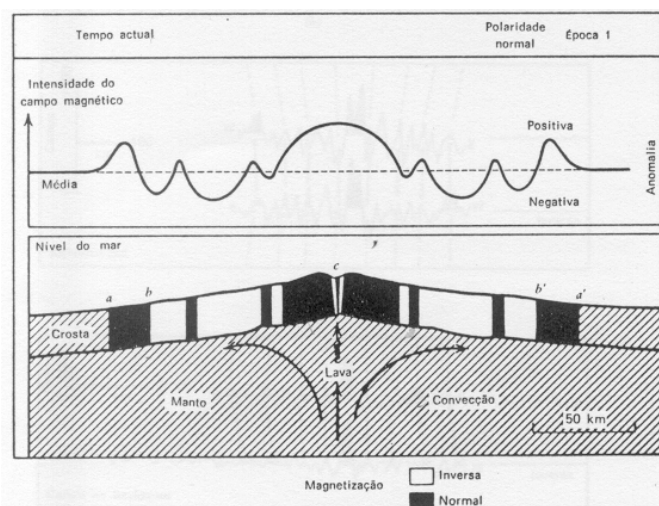


Fig. 14: Mapa de anomalias geomagnéticas a este da ilha de Vancouver. Áreas de anomalias positivas estão representadas a negro e áreas de anomalias positivas estão representadas a branco. BC'' representa o rifte de Juan de Fuca e DE' representa o rifte de Gorda (Adaptado de Takeuchi, 1970).

Mesmo que fosse, que se aceitasse que o campo magnético se invertia, não era ainda claro como eram geradas as anomalias magnéticas. A ideia mais aceita na altura era a de que as bandas representavam rochas com diferente composição mas esta ideia não poderia ser confirmada sem que se fizesse uma grande amostragem.

Fig. 15: Representação esquemática do processo pelo qual a expansão e a inversão de polaridade produzem uma série de faixas de lavas magnetizadas paralelas à dorsal que, por sua vez, dão anomalias magnéticas simétricas, em bandas paralelas a essa dorsal. Banda escura representa uma lava com polaridade normal e banda clara uma lava com polaridade inversa (Adaptado de Wyllie, 1976).



Poder-se-ia, então, afirmar que o conhecimento das anomalias magnéticas do fundo oceânico permitia conhecer a história dos fundo oceânicos? Tornava-se necessário demonstrar que as bandas de anomalias magnéticas eram paralelas ao rifte e que os conjuntos de bandas magnéticas, de um e outro lado do rifte, eram simétricos, como um objecto e a sua imagem num espelho (Hallam, 1973).

Vine e Matthews persistiram no seu modelo, apesar da falta de apoio de geólogos e cientistas marinhos. No início de 1965, Fred Vine e Tuzo Wilson fizeram algumas reformulações. Tanto Hess como Wilson visitaram Cambridge, onde colaboraram com Vine: Hess estava entusiasmado com o documento de 1963 de Vine-Matthews; Wilson ainda não o conhecia, mas, já em 1963, ele tinha previsto que, se a expansão oceânica ocorre, então quanto mais distantes as ilhas vulcânicas, distribuídas no oceano Atlântico, estiverem do rifte mais antigas elas deveriam ser (LeGrand, 1994).

Vine encorajado por Hess e Wilson, reformulou a sua hipótese. Vine e Matthews não repararam, inicialmente, nas implicações, para o seu modelo, de uma expansão uniforme. Se a expansão ocorre numa taxa uniforme, então deve existir uma correlação entre a largura das faixas de magnetização normal ou inversa e as suas idades. Supondo que o fundo oceânico cresce quatro centímetros por ano (dois centímetros em cada lado do rifte) então uma faixa do fundo de duzentos metros de largura representa dez mil anos de história da magnetização da Terra. Estas idades devem coincidir com as escalas de tempo baseadas nas rochas continentais para as inversões do campo magnético (LeGrand, 1994).

Estes cientistas, Vine e Matthews, também não repararam que se o rifte representa o centro de uma corrente de convecção ascendente, a qual se separa por baixo do rifte, então as anomalias magnéticas deveriam distribuir-se simetricamente de ambos os lados do rifte. Este facto implicava que os perfis magnéticos dos dois lados do rifte: deveriam ser simétricos.

O desenvolvimento destes dois corolários, em 1965 e 1966, permitiu a Vine apoiar o seu modelo e constitui a prova concreta que faltava em 1963 (LeGrand, 1994). Tendo em conta os pressupostos considerados e uma escala de tempo das inversões magnéticas, Fred Vine e Tuzo Wilson construíram um modelo do rifte e das suas faixas de anomalias magnéticas que se aproximava muito do modelo de Juan de Fuca como se assinala na Fig. 16.

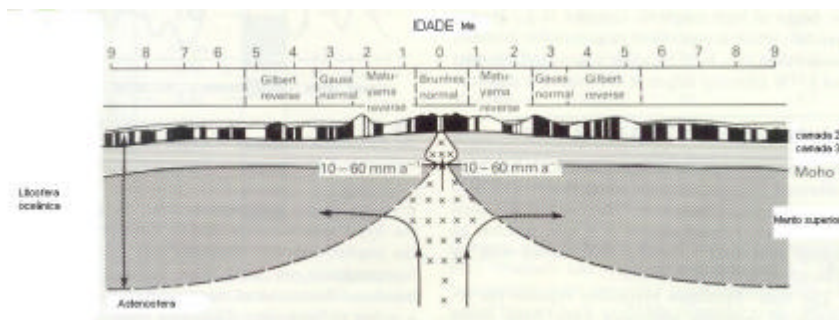


Fig. 16: Expansão do fundo oceânico e formação de bandas magnéticas paralelas de acordo com a hipótese de Vine – Matthews (Adaptado de Kearey P. *et al.*, 1990).

Concomitantemente, Wilson, ao investigar as zonas de fractura que atravessavam o rifte, admitiu que este tipo de deslocamento poderia ser entendido, se se introduzisse o conceito de falha transformante. Foi também elaborado, nesta altura, um modelo segundo o qual a actividade sísmica estava relacionada com os riftes e com as zonas de falhas que os atravessam. A Falha de Santo André podia ser considerada como uma falha transformante que liga o rifte, a este do Pacífico, no Golfo da Califórnia, ao rifte de Juan de Fuca, a sudoeste da ilha Vancouver, como se pode observar na Fig. 17.

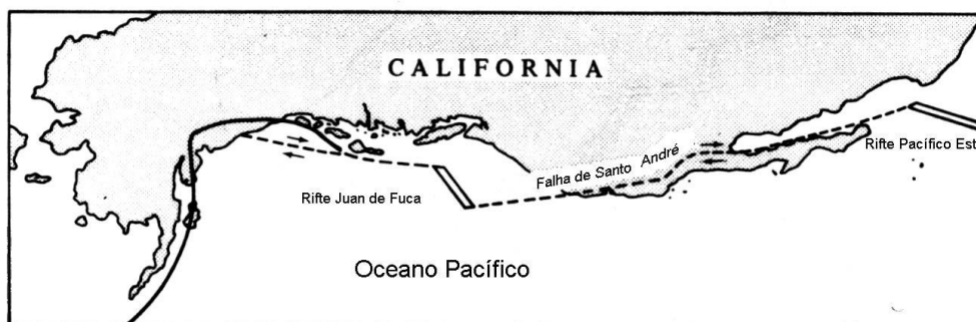


Fig. 17: Interpretação de Wilson para a falha de Santo André (Adaptado de LeGrand, 1994).

Enquanto Vine e Matthews reflectiam sobre o significado das anomalias magnéticas, um grupo de geólogos (Allan Cox, Richard Doell e Brent Dalrymple), em 1959, utilizando um aparelho de datação radiométrica, novo e muito sensível, preparavam-se para publicar a primeira escala de tempo da polaridade magnética. Esta escala de tempo mostrou que o campo magnético terrestre sofreu inversões de periodicidade variável (Shea, 1988).

Por volta de 1960, um grupo de investigadores de Lamont, constituído por James Heirtzler, Walter Pitman e Xavier Le Pichon desenvolveram estudos no rifte Reykjanes ao largo da Islândia e na dorsal “East Pacific Rise”, para encontrarem uma solução a favor

de uma concepção fixista, pois argumentavam que os perfis magnéticos actuais não coadunavam no modelo de Vine-Matthews. Os modelos de anomalias encontrados próximo do centro do rifte estavam bem marcados, os que se encontravam dos lados estavam pouco nítidos e mostravam, segundo eles, algumas diferenças significativas. Para explicar a expansão, eles invocavam autoinversões ou, alternativamente, diferenças na susceptibilidade magnética, resultante de diferenças na composição.

No final de 1965, Neil Opdyke estava a trabalhar, quando identificou um “acontecimento” com cerca de 0,9Ma (mais tarde designado por “acontecimento” Jaramillo). Ao mesmo tempo um colega, Walter Pitman, analisava as anomalias magnéticas registadas pelo navio Eltanin ao largo do rifte a este do Pacífico. Walter Pitman concluiu existirem semelhanças entre três zonas transversais do rifte do Pacífico: Eltanin-19,-20 e -21 e o perfil de Fred Vine e Tuzo Wilson para o rifte de Juan de Fuca.

Vine participava num encontro da *American Geological Society*, quando Dalrymple lhe entregou um documento com a escala de polaridade e lhe disse que o grupo tinha encontrado um novo “acontecimento”, com cerca de 0,9 Ma. Mais tarde, Fred Vine visitou o laboratório de Lamont, onde lhe mostraram o novo perfil, Eltanin-19, o mais simétrico de todos. Este investigador ficou entusiasmadíssimo com as novidades, porque o conhecimento do “acontecimento” de Jaramillo permitiu-lhe encontrar mais coincidências entre os perfis de anomalias magnéticas e o modelo que ele e Wilson tinham construído, usando a escala invertida em 1963 (LeGrand,1994).

A *American Geophysical Union* reuniu em Washington em Abril de 1966, Allan Cox participou na sessão em que James Heirtzler deu a conhecer Eltanin-19. Allan Cox verificou que este perfil mostrava não só as inversões que ele tinha previamente documentado, mas também aquelas que ele só suspeitava e outras que ele desconhecia. Walter Pitman e James Hertzler publicaram os perfis com uma interpretação baseada numa adaptação da teoria de Fred Vine. Pouco depois este investigador demonstrou a aplicação da hipótese que partilhava com Tuzo Wilson em quatro grandes segmentos de riftes: Juan de Fuca, East Pacific Rise, Carlsberg, Reykjanes e do rifte do Mar Vermelho. Os anos seguintes foram ricos em investigações intensivas das anomalias magnéticas por todos os oceanos, orientadas por investigadores do laboratório de Lamont. A mesma sequência de bandas de anomalias magnéticas aparecia nos lados dos riftes em diferentes oceanos e podiam ser relacionadas umas com as outras. Esta descoberta permitiu a James Hertzler e aos seus colegas elaborar uma escala de tempo para os acontecimentos magnéticos ocorridos no Terciário, assumindo uma taxa de expansão constante, que foi, naturalmente, contestada.

Contudo, antes da década terminar, foi sujeita com sucesso a um teste crítico. Este teste consistia numa série de expedições ao fundo do oceano realizadas a bordo do navio oceanográfico Glomar Challenger, na presença de um conjunto de cientistas internacionais. Os resultados obtidos permitiram afirmar que a idade dos sedimentos aumentava sistematicamente, dois centímetros por ano, a partir do eixo do rifte do Médio-Atlântico e confirmavam a escala de tempo construída por James Hertzler.

A validação da hipótese de Vine-Matthew-Morley só foi possível quando se conseguiu relacionar o modelo de anomalias magnéticas com a escala de tempo de magnetização normal e inversa. Estas condições surgiram em 1965-66 e em 1967-68 formalizou-se a Teoria Tectónica de Placas (Shea, 1988).

Esta teoria, frequentemente atribuída a Harry Hess, gerou uma grande mudança nos conhecimentos da geofísica, só possível graças à forte cooperação que existiu entre um grande grupo de cientistas de várias nacionalidades. Sem este empenho, a Teoria de Hess ter-se-ia mantido no que ela era em 1962: uma teoria muito criativa e especulativa, a *geopoesia* de Hess (Gilles, 1991).

O conhecimento dos registos das anomalias magnéticas e a sua interpretação permitiram explicar fenómenos já explicados pela hipótese de Hess, propôs soluções credíveis para os problemas não solucionados e previu situações que ainda não tinham sido pensadas. Por esta razão, alguns autores afirmam que o conhecimento dos registos das anomalias magnéticas nos fundos oceânicos iniciou uma revolução científica, ao substituir uma perspectiva fixista e contraccionista por uma visão mobilista para o comportamento da crosta terrestre (Gilles, 1991; Praia *et al.*, 1998).

Parte II- Caracterização da investigação efectuada no âmbito do MCA

Este estudo integra-se numa das linhas de Investigação da Didáctica de Ciências: Movimento das Concepções Alternativas (M.C.A.). A sua grande finalidade é proceder à identificação das concepções dos alunos relativamente a temas científicos e depois organizar estratégias de ensino e aprendizagem susceptíveis de facilitar a aproximação às versões cientificamente aceites.

Na primeira parte, referem-se, resumidamente, os pressupostos teóricos do M.C.A., na segunda parte descrevem-se alguns modelos de mudança conceptual e na terceira parte justifica-se a terminologia utilizada no estudo. No final do capítulo, mencionam-se alguns estudos efectuados sobre as representações dos alunos acerca de conceitos incluídos na área da Geologia e sobre as concepções alternativas, já identificadas, relacionadas com o tema em estudo.

II.1- Pressupostos teóricos do MCA

O MCA é influenciado por uma epistemologia racionalista e construtivista porque, como assinala Santos (1998, p.174) “preconiza modelos de ensino que têm subjacentes teorias de aprendizagem que defendem que a actividade dos alunos não se limita a simples operações de adição ou subtracção de informação aos conhecimentos existentes.” Considera que o aluno tem um papel activo na aquisição de conhecimentos: é ele que organiza os conhecimentos e constrói os instrumentos que permitem a sua aquisição, a interpretação da informação é pessoal e depende da estrutura cognitiva do aluno.

De acordo com a ideia básica do construtivismo, ensinar significa transformar a mente de quem aprende e este deve reconstruir, a nível pessoal, os produtos e processos culturais para que deles se possa apropriar (Carretero, 1991; Pozo *et al.*, 1998).

Na perspectiva construtivista o conhecimento científico é um processo social de elaboração de modelos para interpretar a realidade e não como supunha a concepção positivista: uma colecção de factos objectivos regidos por leis que podem ser facilmente conhecidas se se utilizarem os métodos adequados.

A mudança conceptual, necessária para que o aluno progrida desde os seus conhecimentos intuitivos até aos conhecimentos científicos, exige que os alunos pensem em modelos e teorias que lhes permitam interpretar a realidade e não somente reproduzir os conhecimentos pré-concebidos: “Aprender ciência deve ser, portanto, comparar e

diferenciar modelos e não adquirir modelos.”(Pozo *et al.*, 1998, p.25).

Torna-se necessário compreender as dificuldades que tal estratégia implica e pensar em métodos de ensino que ajudem o aluno a substituir as suas concepções pelas concepções científicas. De acordo com a perspectiva cognitiva-constructivista em que se baseia o MCA, a aprendizagem está centralizada na actividade do sujeito. É ele que “(re)constrói e transforma os seus conceitos, que modifica a sua estrutura conceptual, que muda a maneira de observar e de pensar os fenómenos.” (Cachapuz *et al.*, 2000, pag.19). Torna-se, por esta razão, essencial conhecer as características e a origem das concepções alternativas dos alunos.

Segundo Pozo *et al.* (1998), as concepções alternativas são muito persistentes (mantêm-se após anos de instrução), generalizadas (são partilhadas por pessoas de diferentes culturas, idades e níveis educativos), de carácter mais implícito que explícito (os alunos utilizam-nas mas muitas vezes não as verbalizam), relativamente coerentes (o aluno recorre a elas diversas vezes) e, em muitos casos, são idênticas às concepções apresentadas, no passado, pelos cientistas.

Os conhecimentos prévios são o produto de uma aprendizagem, na maior parte dos casos, informal que tem por objectivo, tornar os fenómenos da natureza mais previsíveis e controláveis. Não resultam de uma distração, de um erro ou de um acaso mas de um processo cognitivo que procura estabelecer relações entre os factos apercebidos mediante processos sensoriais e perceptivos (origem sensorial), crenças aceites pela sociedade e referidas, muitas vezes, pela comunicação social como conhecimentos científicos (origem cultural) e uma origem escolar relacionada com o facto do aluno desconhecer a diferença entre o conhecimento científico e o conhecimento do quotidiano (Pozo *et al.*, 1998).

Para Chi *et al.* (1994) as pessoas ao interpretar um determinado objecto, colocam-no numa determinada categoria ontológica. Assim, de acordo com o modelo de Chi, a mudança conceptual exige a mudança de uma entidade de uma categoria para outra. As categorias ontológicas são três: matéria, processos ou estados mentais.

As concepções manifestadas por cada sujeito são fundamentadas em teorias implícitas, conjunto de regras, que determinam, não só, a selecção de informação processada, mas também as relações a estabelecer entre os diferentes conceitos. Estes não estão isolados mas integrados numa rede de conceitos e só a alteração desta pode levar à mudança conceptual. Não basta só mudar a concepção prévia, é também necessário alterar a rede em que ela se integra, implica uma reorganização conceptual (Cachapuz *et al.*, 2000).

A tendência dos alunos é interpretar os acontecimentos em termos de relações causais lineares e unidireccionais, dificilmente os fenómenos naturais são interpretados como um sistema de interações cujo objectivo final é o equilíbrio, ou seja, não conseguem interpretar os fenómenos em termos de processos. Por exemplo, o peso de um corpo não depende só de si mas é um produto da relação entre duas massas (Pozo *et al.*, 1998).

Alguns autores, como Engel Clough & Driver (1986), referem que os alunos devem ter um critério diferente para analisar as situações, porque utilizam diferentes explicações para situações que são consideradas semelhantes pela comunidade científica. O grau de consistência parece depender do contexto e os alunos não revelam, na maioria dos casos, uma perspectiva integradora. As concepções são activadas por critérios diferentes aos utilizados pelos cientistas, os alunos parecem recorrer com mais frequência a regras específicas que a regras gerais (Pintó, 1996; Faria *et al.*, 1994).

A mudança conceptual só se dará, segundo Pintó (1996), quando o aluno procurar uma coerência entre as suas ideias e as evidências empíricas, quando a objectividade for um desejo fortemente sentido, ou seja, quando for adquirindo uma metodologia para validar o conhecimento e, por sua vez, as novas concepções não lhe pareçam refutáveis por motivos pessoais. A disparidade das respostas dos alunos parece estar relacionada com os diferentes critérios em que se baseia o conhecimento científico e o empírico. São necessárias novas metodologias sendo de esperar progressos e regressões.

Também à luz da epistemologia bachelardiana, a mudança conceptual só se concretiza se se alterar o grau de subjectividade que o aluno atribui ao conhecimento. Entre o aluno e as suas concepções há uma forte ligação afectiva de que resulta um grande grau de confiança, do aluno, no seu próprio saber. Neste sentido, o ensino devia dar ao aluno oportunidade para colocar em causa as suas próprias explicações. Só depois do aluno ter noção do seu erro é que pode ocorrer mudança conceptual (Santos, 1998).

Para Hewson (1990) os alunos constróem concepções isoladas e não conseguem prever outros acontecimentos para a mesma explicação. Para estes autores, se os alunos forem capazes de utilizar critérios de consistência, coerência e generalidade para avaliar as suas concepções, significa que atingiram uma etapa intermédia de mudança conceptual. Desta forma, as dificuldades de mudança conceptual estariam relacionadas com a capacidade em mudar de ideias de umas situações para outras e no uso dos conhecimentos aprendidos nas situações do quotidiano.

Alguns autores (Pozo *et al.*, 1991) consideram a possibilidade de coexistirem, num mesmo aluno, duas ou mais ideias diferentes, susceptíveis de competir entre si numa situação determinada. A resposta do aluno resulta de uma decisão influenciada por três

tipos de factores: actualidade (recuperamos mais facilmente os factos e as ideias que mais recentemente processamos); frequência (recorremos com mais frequência aquelas relações causais empregues mais vezes) e evidência (recorre-se aos critérios que mais sobressaíam do campo preceptivo).

Durante o processo de ensino-aprendizagem, o professor deve ter em atenção a actividade metacognitiva do aluno como elemento essencial e regulador do processo. “Somente quando o aluno se sentir comprometido afectiva e cognitivamente com a evolução das suas concepções, é que se poderá esperar um certo êxito na nossa tarefa de ensinar ciências” (Oliva Martinez, 1999, p.104).

Se as ideias que os alunos trazem, para a sala de aula, influenciam a sua actividade de aprendizagem então a realização de actividades experimentais não é suficiente, como estratégia de mudança conceptual. Porque as observações que os alunos fazem, o modo como interpretam e mesmo o tipo de experiências que propõem são influenciadas pelas concepções que têm. A aprendizagem, numa perspectiva construtivista, implica uma mudança conceptual, metodológica e atitudinal (Meneses Villagrà *et al.*, 1995). Tendo em conta o referido e de acordo com Driver *et al.* (1986), destacam-se as seguintes características da aprendizagem significativa:

- ☞ valorizar o diálogo e a discussão na sala de aula, já que o conhecimento é construído pelas pessoas através da interacção social;
- ☞ colocar à disposição dos alunos diferentes actividades que impliquem o tratamento de situações problemáticas. Encoraja-los a formular hipóteses e a interpretar dados porque são actividades que ajudam o aluno a tornar-se responsável pela sua própria aprendizagem;
- ☞ permitir que os alunos utilizem as novas ideias numa grande variedade de situações de modo que eles se consciencializem da sua utilidade.

As teorias implícitas, características do conhecimento do quotidiano, baseiam-se em estruturas conceptuais muito mais simples que as subjacentes às teorias científicas, pelo que a aprendizagem requer mudanças epistemológicas, ontológicas e uma reestruturação do conhecimento. Estas mudanças só são possíveis se o sujeito estiver empenhado e consciente da necessidade de mudar e for capaz de explicitar as razões das suas previsões. É também necessário que a aprendizagem se inicie por dados concretos para chegar às estruturas e dos factos para chegar aos princípios.

II.2- Caracterização dos modelos de mudança conceptual

Orientados por epistemologias racionalistas e construtivistas, os modelos de mudança conceptual admitem que o aluno tem um papel activo, determinado pelo seu quadro referencial teórico, no processamento da informação. Pressupõem também que sujeitos diferentes constróem concepções diferentes a partir da mesma informação e que “novas” ideias interagem com as ideias que o aluno possui originando alterações em ambas (Santos, 1998).

Nesta perspectiva de ensino, a finalidade é que ocorra substituição de concepções. A partir das concepções alternativas diagnosticadas, o professor selecciona actividades de ensino que coloquem o aluno em situação de conflito cognitivo. A resolução de determinados problemas não poderá ser feita de acordo com as suas concepções que se tornaram insuficientes e portanto falíveis.

A perspectiva de ensino sustentada pelo conflito cognitivo assume que a substituição dos conhecimentos prévios do aluno ocorrerá se se confrontar esse conhecimento com um conhecimento mais explicativo. Pretende-se uma acumulação de conflitos que provoquem mudanças sucessivamente mais radicais da estrutura conceptual. Deve apresentar três fases principais:

primeira fase - o aluno realizará tarefas que mediante inferências predictivas ou soluções dos problemas, explicitam as concepções dos alunos. A função destas tarefas é não somente que o professor conheça as diferentes concepções alternativas mantidas pelos alunos, mas também que estes tomem consciência das suas concepções;

segunda fase - o aluno terá de confrontar os seus conhecimentos com os resultados de uma pequena investigação ou com os dados apresentados. O aluno toma consciência, não somente das suas concepções mas também das suas insuficiências e diferenças relativamente ao conhecimento científico;

terceira fase - espera-se que o aluno abandone a sua concepção porque percebeu que o conhecimento adquirido tem maior poder explicativo relativamente à perspectiva anterior

De salientar que a mudança conceptual é efectuada pelo aluno. Tal só é facilitado se o aluno utilizar estratégias metacognitivas durante o processo de aprendizagem. A metacognição permitirá que o aluno seja capaz de explicar ao professor o que não percebe, planear uma estratégia antes de iniciar uma tarefa, procurar ligações com outras situações e formular opiniões. A realização, pelo aluno, de experiências adequadas permite o desenvolvimento do seu conhecimento, a tomada de consciência das suas

capacidades e o controlo metacognitivo (Pozo *et al.*, 1998).

O modelo alostérico de Giordan, mencionado por Cachapuz *et al.*, 2000, constitui um dos modelos de mudança conceptual orientado para a reestruturação do conhecimento do aluno. De acordo com este modelo, a mudança conceptual tem várias implicações:

- ☞ o conhecimento quotidiano deve ser sempre posto em causa;
- ☞ as concepções prévias dos alunos só são substituídas se o aluno não conseguir responder aos problemas que lhe são colocados (às vezes um dos obstáculos à aprendizagem é a ausência de informação).
- ☞ a aprendizagem é um processo de construção contínua e complexo. O aluno deve ser continuamente questionado sobre a forma como organiza os seus conhecimentos. Neste sentido os problemas apresentados devem apresentar dificuldades progressivas para que os alunos possam relacionar conceitos já trabalhados.

O aluno deve estar mobilizado para aprender, deve estar consciente da sua actividade e dos processos que a regem. O saber adquirido constitui um prolongamento das aquisições anteriores que proporcionaram o quadro de referência e de conhecimento necessários à problematização mas ao mesmo tempo está em ruptura com o conhecimento anterior porque permite explicar novos problemas e responder a novas questões (Giordan, 1995).

Tendo em consideração estes pressupostos, as actividades apresentadas pelo professor, na sala de aula, têm como objectivo: “i) induzir no aluno um desequilíbrio conceptual; ii) ajudar o aluno a interrogar-se e a explicitar o seu próprio pensamento; iii) contribuir, agora, para uma adequada confrontação das suas ideias com outras opiniões, em particular, com as dos seus colegas; iv) utilizar esquemas, gráficos, fazer uma síntese, por exemplo, que ajude à reflexão e a uma nova visão da realidade construída pelo aluno” (Cachapuz *et al.*, 2000, p. 37).

Marques (1994) refere existirem dois grupos de modelos de ensino que estão de acordo com a actual perspectiva construtivista do ensino das ciências: os “modelos conceptuais” e os “modelos operacionais”. Os segundos incorporam um conjunto de etapas flexíveis e interligadas que sugerem actividades sequenciais para o aluno e para o professor, destinadas a facilitar a mudança conceptual. Estes modelos fundamentam-se nos “modelos conceptuais” e permitem a operacionalização das suas linhas orientadoras. Este investigador apresenta um “modelo operacional” constituído por quatro fases diferentes:

☞ **fase de reconhecimento e de reflexão**, durante estas fases os alunos deverão

revelar as suas ideias referentes ao tópico em estudo. O professor terá de identificar problemas cuja resolução contribua para a mudança das ideias dos alunos, organizar e fornecer a informação conceptual que se relaciona com o tema em estudo. Para que os alunos possam mudar os seus conceitos, procedimentos e atitudes, é necessário que estes possuam informação suficiente que lhes permita sustentar o conflito conceptual.

☞ **fase de reconstrução**, o aluno terá de propor e debater metodologias adequadas que permitam procurar soluções para os problemas previamente identificados.

☞ **fase de re-avaliação**, esta fase permite ao professor verificar se os materiais e estratégias implementadas permitiram atingir os objectivos iniciais e comparar os conceitos apresentados pelos alunos antes e após a aprendizagem.

Permite, também que o aluno compare o seu conhecimento actual com aquele que tinha no início e assim se consciencialize da mudança e evolução das suas ideias. A utilização de mapas conceptuais é uma boa estratégia para o aluno reflectir sobre o que aprendeu.

Esta última fase é designada de re-avaliação porque corresponde a uma segunda avaliação, a primeira ocorreu durante a primeira fase deste modelo de ensino-aprendizagem quando o professor procurou conhecer as situações que estariam mais de acordo com as necessidades e conhecimento dos alunos.

II.3 Justificação do modelo de ensino-aprendizagem adoptado neste estudo

O modelo proposto por Marques (1994) é adequado aos objectivos deste estudo porque foi desenvolvido com o objectivo de promover a mudança conceptual. De facto o modelo escolhido:

- ☞ demonstra uma perspectiva construtivista do ensino-aprendizagem, pelo que está de acordo com o actual paradigma do Ensino das Ciências;
- ☞ valoriza a aprendizagem de conhecimentos progressivamente mais complexos

e

a necessidade, para que haja aprendizagem, do novo conhecimento ser articulado com o anterior. A etapa da reestruturação do conhecimento constitui

uma das dimensões nucleares da aprendizagem;

- ☞ propõe a resolução de problemas como estratégia para confrontar o aluno com resultados diferentes dos esperados;
- ☞ valoriza a reflexão metacognitiva porque se centra na participação e reflexão do aluno. O ambiente de aprendizagem é criado a pensar no aluno para que este possa explicitar o seu próprio pensamento, interrogar-se e interrogar os colegas do mesmo grupo ou de outros grupos;
- ☞ privilegia a mobilização do aluno para resolver o conflito cognitivo. As

estratégias

planificadas pelos professores devem motivar os alunos a participar, a envolver-se na actividade experimental para que sejam capazes de identificar o problema, formular hipóteses discutir e definir os procedimentos necessários para recolher informação suficiente para testar a(s) sua(s) hipótese(s).

I I.4- Justificação da terminologia adoptada neste estudo

Optou-se pelo uso do termo “concepção alternativa” após a leitura e reflexão de estudos relevantes, realizados no âmbito do MCA, sendo este termo utilizado para designar as representações apresentadas pelos alunos antes de este ter sido abordado pelo professor. Considera-se que estas concepções alternativas têm capacidade explicativa e permitem fazer previsões. São, por esta razão, alternativas aos conceitos científicos e bloqueiam a aprendizagem.

Neste estudo, para conhecer as concepções alternativas dos alunos foram construídas duas ou mais questões que tinham como objectivo analisar o mesmo conceito a partir de perspectivas diferentes. O estudo comparativo destas questões permitiria testar a coerência das suas respostas.

Diferem das “ideias erróneas” porque estas constituem ideias sobre as quais não se tem a certeza se constituem modelos mentais a que o aluno recorre para explicar ou prever determinado fenómeno. Podem ser apenas ideias isoladas. Para determinar a verdadeira natureza das “ideias erróneas”, torna-se necessário realizar novas investigações sobre o tema em questão.

I I.5- Concepções dos alunos em temas curriculares de Geologia

O conhecimento das concepções alternativas dos alunos na área das Geociências

refletem algum desequilíbrio, relativamente a outros domínios das ciências, particularmente da Física e da Química e até mesmo da Biologia (Cachapuz, 1994). Contudo já têm sido estudados muitos temas da Geologia no âmbito das concepções alternativas. Mencionam-se de seguida alguns desses trabalhos:

- ☞ Localização da Terra no sistema Solar (Schoon, 1992; Faria, 1987; Faria *et al.*, 1994)
- ☞ Estrutura interna da Terra (Bazán *et al.*, 1996; Lillo Beviá, 1994)
- ☞ Minerais e rochas (Happs, 1982)
- ☞ Ciclo geológico (Barrabín, 1996);
- ☞ Metamorfismo (Figueiredo, 1999);
- ☞ Sismos e vulcões (Bazán *et al.*, 1996; Ross *et al.*, 1993; Leather, 1987);
- ☞ Formação das montanhas (Lillo Beviá, 1994)
- ☞ Deriva dos continentes e Tectónica de Placas (Marques, 1998; Marques *et al.*, 1996)
- ☞ Formação dos solos (Happs, 1984)
- ☞ Problemas ambientais (Brody, 1994)
- ☞ Clima (Stephans *et al.*, 1985; Russel *et al.*, 1993)

As principais dificuldades, por parte da maioria dos alunos, na compreensão de temas abordados pela Geologia estão relacionadas com uma perspectiva fixista da Terra e a ideia de que os materiais da Terra resultaram do trabalho de um Criador. Por sua vez, estas perspectivas relacionam-se com uma visão da Terra sem registos (Pedrinaci, 1993).

As características dos processos geológicos também podem considerar-se como geradoras de dificuldades de aprendizagem. Referem-se, de seguida, alguns exemplos:

- ☞ os processos geológicos ocorrem em períodos temporais difíceis de imaginar por serem muito diferentes da escala temporal humana, por exemplo, o levantamento de uma montanha poderá ser avaliado em centímetros por século.
- ☞ dificuldade em imaginar os processos geológicos, dada a profundidade a que ocorrem e a sua grandiosidade.
- ☞ a diversidade e a amplitude das escalas espaciais é também um obstáculo à aprendizagem dos processos geológicos, porque ao aluno é exigida a utilização de enormes escalas espaciais que implicam, por exemplo, uma visão global do planeta, mas também o recurso a escalas muito menores, frequentemente microscópicas e inclusive atómicas como são as alterações na composição

mineralógica (Pedrinaci, 1998).

Verifica-se também, para a maioria dos alunos, o recurso a catástrofes para explicar determinados acontecimentos. Designa-se por catastrofismo pré-científico, porque os alunos só consideram a situação inicial e a final não coordenando a forma como se passou duma situação inicial para outra. Há como que um bloqueio para formular explicações com bases científicas ou para questionar os processos geológicos.

Tal como com a perspectiva estática da Terra, o catastrofismo pré-científico inibe a formulação de questões e a procura de soluções para os fenómenos geológicos. (Pedrinaci, 1998).

A Geologia utiliza muitos conhecimentos das outras ciências. Concretamente, o estudo do campo magnético terrestre e o uso da bússola implicam a utilização de conhecimentos da Física (Hevia, 1996). De acordo com este pressuposto e porque o campo magnético é uma grandeza vectorial considera-se útil referir a análise das ideias dos alunos sobre o conceito de força.

Para a maioria dos alunos as forças são identificadas com os efeitos produzidos e são como que possuídas pelo objecto que realiza a acção (Jiménez Valladares *et al.*, 1996; Vosniadou, 1994).

Esta concepção parece estar relacionada, principalmente, com o facto dos alunos não compreenderem os fenómenos físicos em termos de interacção entre corpos e sistemas (Pozo *et al.*, 1998, Jiménez Valladares *et al.*, 1996).

Por outro lado, existe uma grande familiaridade neste tema. Esta característica pode ser útil ao professor, porque constitui uma fonte de exemplos e de elementos motivadores, mas pode também servir como fonte de dificuldades na compreensão do assunto. O aluno vai encontrar contradições entre as perspectivas familiares do aluno e as perspectivas científicas (Pozo *et al.*, 1998).

A- Concepções alternativas dos alunos sobre as características do campo magnético terrestre

Estudos centrados no tema em estudo, "Contributos do campo magnético terrestre para a Teoria Tectónica de Placas", são bastante escassos. Procurou-se efectuar um ponto da situação sobre as ideias dos alunos que poderão influenciar directa ou indirectamente a compreensão do tema.

O Quadro 2.1 sintetiza algumas das concepções alternativas já identificadas sobre as características do campo magnético terrestre.

A ideia, referida no Quadro 2.1, de que o campo magnético terrestre coincide com o campo gravítico é também referida por outros autores (Bar *et al.*, 1987; Pozo *et al.*, 1998; Meneses Villagrá *et al.*, 1995 e Vera, 1988). Esta ideia está relacionada com a explicação dada pelos alunos de que a agulha magnética se orienta para o norte, porque é atraída pelo campo magnético terrestre. O campo magnético tem, para a maioria dos alunos o poder de atrair os corpos.

Concepções alternativas	Autores e ano do estudo
O campo magnético e o campo gravítico são um só. A variação do campo magnético terrestre expressa-se por actividades sísmicas e vulcânicas. O campo magnético do passado não é registado nas rochas.	Marques, 1998
A estabilidade do campo magnético terrestre é revelada por uma inclinação magnética constante. O campo magnético é originado por ímanes localizados nos pólos.	Marques <i>et al.</i> , 1996

Quadro 2.1- Concepções alternativas dos alunos do ensino secundário sobre Campo Magnético Terrestre.

Esta ideia parece ser coerente com a ideia de que o campo magnético terrestre não fica registado nas rochas. De acordo com Marques (1998), a impossibilidade de se encontrar registos da força gravítica do passado permite inferir que, para a maioria dos alunos, também não é possível encontrar registos do campo magnético do passado.

Relativamente à origem do campo magnético terrestre, a maioria dos alunos do ensino secundário admite existirem dois ímanes no interior da Terra, um em cada pólo (Marques *et al.*, 1996). Num estudo realizado por Menezes Villagrá *et al.* (1995) com alunos universitários, a maioria dos alunos admite existir um grande íman no interior da Terra, mas desconhece a existência dos pólos magnéticos.

B- Actividades práticas que exigem conhecimentos do campo magnético terrestre para a compreensão da Teoria Tectónica de Placas

Existem alguns exemplos de actividades práticas que fazem referência à importância de conhecimentos sobre paleomagnetismo e características de campo magnético terrestre para a compreensão da Teoria Tectónica de Placas. Referem-se alguns exemplos de conhecimentos prévios que os alunos devem possuir, para poderem realizar este tipo de actividade. Assim, na actividade proposta por:

- ☞ Shea (1988), o aluno deve ser capaz de interpretar perfis de anomalias magnéticas;

- ☞ Bykerk-Kauffman (1989), o aluno deve ser capaz de inferir valores de paleolatidade a partir de dados paleomagnéticos;
- ☞ Metzger (1999), os alunos devem já ter conhecimentos sobre a origem e características da polaridade do campo magnético terrestre ao longo do tempo.

Capítulo 3

Metodologia

1- Introdução

Neste capítulo descrevem-se e fundamentam-se as metodologias utilizadas para conhecer as concepções alternativas dos alunos sobre o tema em estudo: "Campo magnético terrestre e as suas implicações na compreensão da Teoria Tectónica de Placas", assim como, para organizar estratégias de ensino-aprendizagem em que elas fossem tidas em conta.

Está organizado em seis secções. Na primeira faz-se o enquadramento do estudo na investigação em Ciências, na segunda secção descreve-se e fundamentam-se os critérios usados na escolha da amostra envolvida no estudo.

A terceira secção diz respeito à descrição do instrumento de recolha de dados. A quarta e quinta secções referem-se, respectivamente, à construção e validação do instrumento de recolha de dados seleccionado e aos critérios utilizados na administração do questionário.

No final, na quinta secção, descreve-se o modelo de análise de dados utilizado para tratamento da informação obtida.

2- Enquadramento do estudo na investigação em Ciências

Os trabalhos que têm vindo a ser efectuados, no âmbito da investigação educacional, podem recorrer a métodos qualitativos ou quantitativos.

Podemos referir como características principais da metodologia qualitativa o facto de ser:

- ☞ indutiva (parte dos dados para chegar às hipóteses);
- ☞ holística (os investigadores têm em conta a realidade global);
- ☞ naturalista (a fonte directa dos dados são as situações consideradas "naturais");
- ☞ fundamentada na realidade (dá uma grande importância à validade do trabalho realizado);
- ☞ humanística (interessa-se mais pelos processos de investigação do que unicamente pelos resultados ou produtos que dela recorrem);
- ☞ descritiva (faz uma descrição dos dados recolhidos).

A metodologia quantitativa postula uma medição rigorosa e controlada, objectiva, orientada para o resultado, particularista, tendo por base de trabalho uma realidade estável (Carmo *et al.*, 1998).

Por outro lado, as metodologias qualitativas "privilegiam o contexto da descoberta como ponto de partida de uma investigação (quando da formulação da problemática e do

início do trabalho de campo), contexto ao qual está, aliás, associada a abordagem *indutiva*. A ideia da prova não é rejeitada, mas muitas vezes não é posta em acção pelo investigador senão após o início da recolha dos dados, na ocasião em que são formuladas as primeiras hipóteses.”(Lessard *et al.*, 1990, p.96).

De acordo com o referido, pode-se afirmar que o presente estudo, quanto à sua natureza, se inscreve no âmbito da investigação do tipo qualitativa. Trata-se de um estudo: em que o investigador teve particular preocupação na escolha do processo de recolha e tratamento de dados, como a seguir se descreve.

3- Selecção e caracterização da população – alvo

Constituem objectivos deste estudo identificar as concepções dos alunos, do Ensino Secundário, sobre a natureza do campo magnético terrestre e investigar a forma como esses alunos mobilizam os seus conhecimentos (sobre campo magnético terrestre) para novas situações de aprendizagem. Assim, decidiu-se estudar uma população de alunos do 11º ano, do Agrupamento 1 (Científico-Natural) dos cursos de carácter geral, pois este é o único agrupamento que integra a disciplina de Geologia no 12º ano, de cujo programa faz parte o tema: “A Tectónica de Placas – um modelo unificador”.

Os alunos constituem, pois, uma população-alvo ajustada aos objectivos, dado que podem recorrer a conhecimentos prévios sobre o magnetismo terrestre para a compreensão da Teoria Tectónica de Placas.

A selecção do distrito do Porto, para o desenvolvimento deste estudo, deveu-se ao facto do investigador ter algum conhecimento da população em causa, o que de acordo com Pardal e Correia (1998) facilita a selecção da amostra.

Segundo dados fornecidos pela Direcção Regional de Educação do Norte (DREN), a pedido da investigadora, inscreveram-se nas Escolas Secundárias do distrito do Porto, no ano lectivo de 1997/98, no 11º ano de escolaridade do agrupamento 1, 9692 alunos.

3.1- Selecção e caracterização da amostra

Atendendo à natureza exploratória deste estudo, ao instrumento de recolha de dados seleccionado, aos recursos materiais e humanos possíveis e ao limite de tempo previsto para a conclusão deste trabalho de investigação, optou-se por uma amostra intencional, não probabilística (Pardal e Correia, 1998). Assim, restringiu-se o universo inicial às escolas do concelho do Porto e de Matosinhos.

Das dez escolas contactadas, três não mostraram disponibilidade para administrarem o questionário dada a proximidade do fim do segundo período e consideraram impossível aplicá-los no terceiro período. Em cada uma das escolas seleccionadas que se disponibilizaram a administrar o questionário, a investigadora solicitou, aos professores responsáveis pela aplicação dos inquéritos, que o questionário fosse distribuído a todas as turmas do 11^o ano de escolaridade do Agrupamento 1.

O contacto com as Escolas foi interrompido depois de se terem recolhido 437 questionários de seis escolas do concelho do Porto e de uma escola do concelho de Matosinhos (Tabela 3.1). A dimensão da amostra foi considerada adequada, atendendo às características do método utilizado.

A distribuição dos alunos que responderam ao inquérito em função das escolas está representada na Tabela 3.1.

Concelho	Escolas	Número de questionários
Porto	Secundária Fontes Pereira de Melo	122
	Secundária do Cerco	50
	Secundária Rainha Santa Isabel	44
	Secundária Infante D. Henrique	48
	Secundária Alexandre Herculano	70
	Secundária Carolina Michaelis	61
Matosinhos	Secundária Augusto Gomes	42
Total		437

Tabela 3.1- Caracterização da amostra em função das Escolas

4- Escolha do instrumento de recolha de dados

Nesta secção pretende-se fundamentar os motivos que nos levaram a optar pelo inquérito por questionário como instrumento de recolha de dados. Tal opção resultou de uma análise das diferentes técnicas de recolha de informação, referidas na literatura específica (e.g. Albarello et al., 1997; Bell, 1997; Ghiglione e Matalon, 1997; Pardal e Correia, 1998; Quivy e Campenhoudt, 1998) e em estudos de tipo semelhante ao que se apresenta (e. g. Figueiredo, 1999; Marques, 1994).

Em investigações, como esta, em que o objectivo é identificar as concepções alternativas dos alunos utilizam-se, frequentemente, a entrevista e o questionário. Estes dois métodos de recolha de dados permitem interagir com um determinado número de pessoas tendo em vista a generalização. A entrevista tem muitas vantagens, mas como as entrevistas têm de ser feitas pelo mesmo entrevistador, necessitariam de um longo período de para serem implementadas e depois analisadas.

O inquérito por questionário de administração directa, a todos os alunos constitutivos da amostra, foi a técnica seleccionada pois apresentava várias vantagens (Pardal e Correia, 1998). De destacar o facto de:

- ? poder ser aplicado a um grande número de inquiridos, garantindo uma maior representatividade dos resultados atingidos;
- ? constituir um meio fácil de recolha de dados;
- ? permitir o anonimato, condição essencial para que as respostas sejam sinceras e traduzam as ideias do inquirido.

Contudo, esta técnica, apresenta algumas limitações. Por exemplo, o inquirido tem a possibilidade de ler todas as questões antes de responder e assim as respostas podem ser influenciadas pela leitura das questões antes de responder.

Na construção das questões e organização do questionário teve-se em atenção certos aspectos que, de acordo com alguns autores (Bell, 1997; Carmo *et al.*, 1998; Quivy Campenhoudt, 1998), contribuem para melhorar a fidelidade dos resultados, como por exemplo:

- ? evitar a ambiguidade e imprecisão ao formular as questões;
- ? organizar as perguntas de acordo com o seu conteúdo temático;
- ? dar instruções claras e curtas.

De acordo com o exposto, cada questão foi precedida por uma pequena introdução para facilitar a sua interpretação. As questões fundamentavam-se em situações problema, cujas propostas de solução contribuiriam para que os alunos revelassem as suas ideias acerca dos conceitos subjacentes.

De forma a evitar inconvenientes, característicos desta técnica, foi solicitado aos professores que administraram o questionário que explicassem aos alunos os objectivos do inquérito e os cuidados que deveriam ter no seu preenchimento.

Por outro lado, todos os inquéritos foram recolhidos pela investigadora, na Escola onde foram distribuídos, para garantir o seu retorno.

5- Construção do instrumento de recolha de dados

Nesta secção descrevem-se e fundamentam-se os procedimentos e decisões tomadas na construção do questionário. A versão final do questionário e a sua aplicação à população alvo foi precedida por uma fase de planeamento, de validação por especialistas na área da Geologia e da Física e por dois estudos piloto.

Na tentativa de superar as limitações que esta técnica apresenta, procurou-se preencher um conjunto de condições, de modo a não diminuir a fiabilidade deste instrumento (Carmo *et al.*, 1998). Assim, procurou-se que a concepção do questionário fosse guiada por um conjunto de procedimentos articulados, desde a formulação do problema a investigar, à definição dos objectivos e formulação das hipóteses. Por sua vez, as hipóteses indicam o tipo de informações a recolher, bem como as relações a verificar entre essas observações (Quivy e Campenhoudt, 1998).

Neste sentido, a concepção do questionário apoiou-se num corpo de hipóteses, integradas na problemática deste estudo, a partir das quais se formularam as perguntas que compõem este questionário.

Atendendo ao tema em estudo, "Contributos do campo magnético terrestre para a Teoria Tectónica de Placas", definiram-se três sub-temas que constituíram o campo de análise sobre o qual incidiu a investigação realizada:

- ☞ função e natureza da agulha magnética;
- ☞ características do campo magnético terrestre;
- ☞ características do registo do campo magnético nas rochas.

Através de uma pesquisa bibliográfica, dos trabalhos publicados sobre tópicos relacionados com o campo magnético terrestre, no âmbito do MCA (Marques, 1998; Vera, 1988; Pozo *et al.*, 1998) obteve-se importante informação para a posterior formulação das hipóteses de trabalho.

A pesquisa bibliográfica efectuada permitiu verificar a existência de trabalhos sobre os conceitos directamente relacionados com este tema, mas nenhum deles fazia referência às concepções dos alunos sobre as implicações do campo magnético terrestre para a Teoria Tectónica de Placas.

Após definição das hipóteses de trabalho, formulou-se, para cada hipótese, um objectivo a partir do qual se construiu uma questão, como é assinalado na Tabela 3.2.

Durante esta fase foram, também, ponderados aspectos relativos à estrutura do questionário, nomeadamente quanto à modalidade, ao tipo, ao número de perguntas e à sequência das mesmas.

Como referem Ghiglione e Matalon (1997), a posição de cada pergunta deve ser

cuidadosamente escolhida porque a resposta dada a uma determinada questão pode ter sido baseada numa resposta a uma questão anterior. As perguntas anteriores ajudaram o inquirido a reflectir sobre aspectos do problema em que talvez nunca tivesse pensado.

Na elaboração das questões teve-se, também, em consideração a faixa etária em que se situavam os alunos e as condições de implementação do questionário. Por este facto, as questões foram elaboradas de forma a que pudessem ser respondidas no período de uma aula (50 minutos). Considerou-se vantajoso que o questionário fosse respondido na sala de aula, na presença do professor da turma e respeitando o agrupamento natural da escola.

Na formatação e organização final procurou-se que ele fosse atractivo e de fácil leitura: as perguntas espaçadas, espaço suficiente para as respostas, figuras bem visíveis e instruções claras e breves.

Na Tabela 3.2 relaciona-se o sub-tema a investigar, com as hipóteses de trabalho, os objectivos e o número da questão a que se referem.

5.1- Elaboração das questões

As perguntas de um questionário podem ser classificadas, segundo Correia e Pardal (1998), quanto ao *tipo*, isto é, perguntas que se debruçam sobre a recolha de informação relativa a factos, opiniões, atitudes, preferências, etc. Na construção do questionário escrito utilizado neste estudo e de acordo com estes autores formularam-se *perguntas de opinião* porque se pretendia conhecer as ideias dos alunos sobre a natureza e registo do campo magnético terrestre.

No que respeita à *modalidade* das perguntas, de acordo com os autores anteriormente referidos, o questionário apresenta:

☞ *perguntas abertas*: conferem liberdade de resposta ao aluno;

☞ *perguntas de escolha múltipla, em leque fechado*: o aluno não tem oportunidade de manifestar a sua opinião fora do quadro de respostas que lhe é apresentado. No presente caso, o aluno teria de seleccionar de um conjunto de figuras aquela, no caso da questão 2.1 do grupo A (A2.1), ou aquelas, no caso da questão 1.1 do grupo C (C1.1), que estaria de acordo com a sua opinião.

Este tipo de pergunta permite ao aluno alargar e orientar as suas respostas que de outra forma seriam difíceis de obter por se referirem a um aspecto do problema sobre o qual talvez nunca tivessem pensado de forma espontânea. Por outro lado, por serem difíceis de reproduzir dificultaria a resposta do aluno e

provavelmente a sua análise pelo investigador.

Sub-tema	Hipóteses de trabalho	Objectivo da questão	Código da questão*
Função e natureza da agulha magnética	A agulha magnética aponta para o norte em qualquer local da Terra.	Identificar os conceitos dos alunos sobre o factor responsável pelo comportamento dos materiais magnetizados.	A1.1
	O pólo norte da agulha orienta-se para os pólos da Terra.	Identificar as concepções dos alunos sobre a orientação do pólo norte da agulha magnética em diferentes locais da Terra.	A1.2 C1.2
Características do campo magnético terrestre	O campo magnético terrestre seja confundido com o campo gravítico.	Identificar as ideias dos alunos sobre a distribuição e sentido das linhas de força magnéticas terrestres.	A2.2
	O campo magnético seja considerado, tal como o campo gravítico, monopolar. O campo magnético terrestre teve sempre as mesmas características ao longo do tempo geológico, tal como o campo gravítico. O campo magnético terrestre origina-se nos pólos.	Identificar as concepções dos alunos sobre as características do campo magnético terrestre ao longo do tempo. Identificar as concepções dos alunos sobre o local onde se forma o campo magnético terrestre.	B1.2 C1.3
Características do registo do campo magnético nas rochas;	O magnetismo não é registado nas rochas. O registo do campo magnético não está relacionado com o tempo geológico.	Identificar as ideias dos alunos sobre a possibilidade de conhecer o campo magnético do passado.	B1.4
	É possível pensar que a polaridade do campo magnético é diferente em rochas da mesma idade (rochas A e B). É possível pensar que o registo do campo magnético não está relacionado com o tempo geológico (rochas C e D).	Identificar as ideias dos alunos sobre a variação da direcção do campo magnético terrestre e o tempo geológico.	B2.2
	O campo magnético terrestre apresenta, em qualquer local da Terra, sempre a mesma direcção.	Identificar as concepções dos alunos sobre a variação do campo magnético terrestre com a latitude.	B3.2
	O campo magnético não contribui para o conhecimento da História da Terra.	Identificar as concepções dos alunos sobre as implicações do estudo do campo magnético terrestre na compreensão da História da Terra.	D1

Tabela 3.2 – Relação entre o sub-tema investigado, as hipóteses de trabalho, o objectivo e o respectivo número da questão.

*Código atribuído à questão de acordo com o grupo e ordem.

5.2- Validação do questionário

A etapa seguinte da recolha de dados foi a validação do questionário. Para verificar a adequação das questões e para que a validação do questionário se pudesse efectuar de forma correcta construiu-se, para cada questão, a resposta cientificamente correcta, objectivo e a hipótese de trabalho subjacente. Em seguida, apresenta-se uma destas questões para exemplificar o procedimento referido.

-A-

1- Uma professora de Ciências Naturais, do sétimo ano de escolaridade, organizou uma saída de campo ao Gerês. A cada grupo de alunos foi distribuído um mapa, com um determinado percurso, lupas, máquina fotográfica, bloco de apontamentos, martelo, canetas de várias cores, lapiseira e uma bússola. Cada grupo deveria, entre outras tarefas, obedecer ao percurso assinalado no mapa. Para realizar esta actividade os alunos só podiam utilizar a bússola e as informações que constavam do mapa.

1.1- Segundo a tua opinião, qual é a informação que a bússola pode fornecer?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

Resposta considerada cientificamente correcta:

1.1-A agulha magnética apontaria sempre a mesma direcção, o norte magnético, permitindo aos alunos orientar-se no local e com o apoio do mapa.

1.2- A agulha magnética orienta-se segundo as linhas de força do campo magnético terrestre.

Objectivo da questão:

1.2- Identificar os conceitos dos alunos sobre o factor responsável pelo comportamento dos materiais magnetizados.

Hipótese de trabalho:

1.2- É provável que o campo magnético terrestre seja confundido com o campo gravítico.

O documento final (Anexo 1.1) com todas as questões, juntamente com os respectivos objectivos, hipóteses de trabalho e resposta cientificamente correcta foi enviado a dois investigadores, um especialista em Geologia e o outro em Física. Foi-lhes pedido que se pronunciassem sobre a adequação das questões:

? à faixa etária a que se destina o questionário;

? às hipóteses de trabalho;

? aos objectivos;

? à resposta considerada cientificamente correcta.

A cada um dos juizes que validou o questionário foi sugerido um encontro com a investigadora para analisar e esclarecer qualquer nota que não tivesse ficado clara para a ela. Os juizes sugeriram as alterações dos seguintes aspectos:

- ☞ na resposta considerada cientificamente correcta, relativa à questão A1.1 , não deve ser referido que a agulha magnética aponta sempre a mesma direcção porque as linhas de força que influenciam a orientação da agulha magnética não têm sempre a mesma direcção;
- ☞ em relação à resposta considerada cientificamente correcta da questão A1.2 deve ser acrescentado que as linhas de força fazem um ângulo com o norte geográfico (declinação);
- ☞ as quatro representações do magnetismo da Terra, figuras 1,2,3 e 4, devem ser melhoradas porque existem diferenças entre elas que podem desviar a atenção do aluno. Por exemplo: as setas da figura 3 estão representadas dentro da Terra e em todas as outras figuras, principalmente nas Fig. 1 e 2, elas aparecem fora da Terra. A orientação das setas representadas na zona do equador nas figuras 1 e 2 não estão correctas;
- ☞ quanto à resposta considerada cientificamente correcta, relativa à questão A2.2, foi considerada imprecisa pelo facto de afirmar que as linhas de força do campo magnético são detectadas pelos satélites artificiais. Esta informação pode levar a pensar que o conhecimento destas linhas de força é recente;
- ☞ em relação à introdução da questão B1 dá uma imagem pouco correcta dos cientistas e o assunto em questão já não gera discórdia;
- ☞ na resposta considerada cientificamente correcta, da questão B1.4, deve explicitar-se melhor quais as rochas que permitem o estudo do campo magnético terrestre do passado;
- ☞ quanto à figura 6, da questão C1.1, as bases das agulhas não estão representadas em perspectiva o que pode dificultar a visualização da orientação da agulha, principalmente nas figuras 6.1, 6.2, 6.3, e 6.4;
- ☞ a resposta cientificamente correcta à questão B1.3 é muito categórica num domínio em que existem apenas modelos interpretativos;
- ☞ a questão D está desajustada porque a bússola não permite avaliar a intensidade do campo magnético terrestre;
- ☞ foi sugerido que se associasse a questão E à questão B dado que se referem as duas ao mesmo assunto.

Os comentários feitos pelos juízos foram tidos em consideração, tendo sido reformuladas as questões A, B e C, bem como as respectivas respostas consideradas cientificamente correctas. No Anexo 1.2 apresenta-se a versão do documento, após esta reformulação.

6- Administração do questionário

A administração do questionário decorreu em duas fases distintas, que foram: o estudo piloto e o estudo principal. Em seguida referem-se e justificam-se os procedimentos adoptados a cada uma destas fases.

6.1- Estudo piloto

A realização de um estudo piloto tem como objectivo verificar se o questionário apresenta deficiências particularmente ao nível da interpretação e corrigi-las se as houver. Este estudo permite verificar, após análise dos dados, se as respostas recolhidas se relacionam com a informação pretendida, se há dificuldade na interpretação de certas questões, clareza das instruções e se o tempo de preenchimento do questionário é suficiente (Bell, 1997; Pardal e Correia, 1998). Além disso procura-se também fazer um primeiro estudo acerca do modelo de análise previsto para as diversas respostas.

O estudo piloto consistiu na aplicação do questionário que resultou do processo de validação, a uma turma do 11º ano de escolaridade do agrupamento 1 pelo professor da turma. Este grupo de alunos, estava integrado na população alvo mas não fazia parte da amostra seleccionada, constituiu a amostra piloto.

Os alunos inquiridos demonstraram alguma dificuldade em responder às questões. Esta dificuldade foi fundamentada, por alguns alunos, pela falta de opinião sobre a situação em questão.

Após administração do questionário, as respostas dos alunos foram submetidas à técnica de análise de conteúdo proposta por Erickson (1979, 1980). Esta revelou ser necessário realizar algumas alterações ao questionário. Assim, na (s):

- ☞ questão A2, retirou-se a cada uma das figuras (figuras 1,2,3 e 4), a ponta da seta porque permitiam respostas que não se relacionavam com a ideia a investigar;
- ☞ questões B2 e B3 acrescentou-se, ao enunciado, informação sobre a composição mineralógica das rochas porque alguns alunos referiram que necessitavam de saber, para poderem responder a estas questões, se as rochas apresentavam composição igual ou diferente;
- ☞ questão B2.1 alterou-se a frase “....o comportamento da agulha será o mesmo entre as rochas” por “....o comportamento da agulha será o mesmo nas rochas”;

☞ questões B1, C1.2 e D1, dado a elevada percentagem de “não resposta”, rescreveu-se o enunciado para que este ficasse mais claro e sucinto.

Tendo em consideração o elevado número de alterações que se entendeu ser útil efectuar, reformulou-se o questionário (Anexo 1.3) e realizou-se um segundo estudo piloto para descobrir se seria necessário introduzir novas alterações. Este segundo estudo foi aplicado pelo mesmo professor, do primeiro estudo piloto, a outra turma da mesma escola.

Após resolução do questionário a grande maioria dos alunos revelava ter sido difícil responder a todas as questões da forma como gostaria. Este sentimento parecia ser motivado por desconhecimento do assunto em causa. Contudo, após a análise dos dados verificou-se que a percentagem de respostas “não sei” e “não resposta” tinha sido menor que o obtido no primeiro estudo.

Após simplificação do enunciado da questão B2 e de se ter acrescentado informação à questão C1, para que esta ficasse mais clara, considerou-se que seria possível realizar o estudo principal (Anexo 1.4).

6.2- Estudo principal

A versão final do questionário (Anexo 1.4), foi administrada à amostra principal (437 alunos) que integrava sete escolas do distrito do Porto. Para garantir o retorno dos questionários, foi feito o contacto pessoal com alguns docentes dessas escolas sempre com o consentimento do respectivo Conselho Executivo. Este processo decorreu no final do mês de Março e princípios do Mês de Abril do ano 2000.

Dado o limite de tempo, este processo ocorreu próximo do final do ano lectivo, e como o objectivo do questionário era conhecer as concepções alternativas dos alunos não se considerou necessário que a sua aplicação fosse realizada numa das aulas de Ciências da Terra e da Vida. Assim, a selecção dos professores foi feita pelo Conselho Executivo e a administração dos questionários só, em certos casos, decorreu durante uma das aulas da disciplina de Ciências da Terra e da Vida.

Para evitar que fossem seleccionadas apenas as melhores turmas de cada escola, a investigador pediu que os questionários fossem distribuídos a todas as turmas do 11º ano do agrupamento 1.

É de referir ainda, que o retorno dos questionários foi bastante positivo, uma vez que todas as escolas que se mostraram disponíveis, devolveram um número de questionários correspondente, na maioria dos casos, a todas as turmas do 11º ano, do agrupamento 1.

7- Modelo de análise utilizado

Atendendo a que os dados recolhidos correspondem a respostas elaboradas pelos alunos a perguntas abertas e apenas a duas questões de escolha múltipla, seleccionou-se a técnica de análise de conteúdo proposta por Erickson (1979, 1980). Este modelo teórico foi considerado o mais adequado para a identificação das concepções alternativas dos alunos sobre o tema em estudo, porque consiste na construção de inventários conceptuais e de categorias de resposta,

A identificação das ideias comuns que terão estado na base da explicitação das respostas dadas obedece a um critério que pode ser descrito em quatro fases:

- ? leitura cuidadosa da totalidade das respostas, visando uma primeira identificação dos segmentos de informação;
- ? selecção dos segmentos de informação que constituem tentativas de resposta;
- ? listagem dos segmentos seleccionados utilizando, tanto quanto possível, uma linguagem próxima da utilizada pelos alunos;
- ? construção das categorias ou tipos de resposta (CR) por um processo inferencial.

A construção das categorias de resposta é um processo indutivo que tem como base os dados extraídos das respostas obtidas pelo instrumento de recolha de dados, não correspondendo, portanto, a respostas únicas, mas sim a uma interpretação das ideias dos inquiridos.

Descreve-se, de seguida, os procedimentos adoptados na aplicação desta técnica, para cada uma das questões abertas que compunham o questionário.

Iniciou-se a análise de conteúdo pela organização das respostas dos alunos em grupos designados por categorias de resposta (CR), de acordo com a ideia que elas transmitiam. A distribuição dos dados em CR implicou uma leitura cuidada das respostas e foi realizada de acordo com a hipótese de trabalho, o objectivo da questão e a ideia que se supunha ser a aceite pelo aluno para explicar o fenómeno descrito na questão. Por vezes, a especificidade das respostas implicou a construção de sub-categorias para distinguir respostas muito próximas.

Para cada questão e para cada CR, ou sub-categoria, utilizou-se sempre o mesmo procedimento, o mesmo critério de codificação, para que houvesse coerência na aplicação da técnica de análise de dados.

Na apresentação dos resultados de análise das respostas e de forma a ilustrar as ideias

subjacentes, foram elaborados, para cada CR, os respectivos descritivos das categorias que incluem extractos, considerados relevantes, das respostas dos alunos. Os questionários foram codificados da seguinte forma: A.#, “A” de aluno e o # representa o número sequencial do questionário. Assim, os resultados obtidos correspondem à classificação das ideias dos alunos, sobre o tema em estudo, inferidas das suas respostas ao questionário. Para exemplificar este procedimento apresenta-se uma das categorias de resposta elaborada para a questão 1.1 da questão A:

CR1 – Local pretendido

Dentre as respostas incluídas nesta CR transcrevem-se as seguintes que servem de exemplo:

Informa onde nós estamos (A.42);

A bússola serve de ajuda para nos guiar em várias direcções (A.291);

Estas respostas apresentam uma visão muito vaga do tipo de informação fornecido pela agulha magnética porque não especificam o local para onde esta se direcciona e parecem admitir que a consulta da bússola permite, de um modo directo, localizar o local onde nos encontramos ou o local para onde pretendemos ir.

Em todas as respostas incluídas nesta CR os alunos parecem ter a ideia de que a agulha magnética constitui um instrumento de orientação de fácil consulta porque indica o local procurado pelo utilizador, não sendo necessário elaborar qualquer inferência.

A ordem pela qual são apresentadas as CR é aleatória e portanto não traduz qualquer afastamento ou aproximação à resposta cientificamente correcta.

É frequente encontrar, em questões diferentes, as mesmas respostas, ou seja, há CR que se repetem em cada uma das questões. Indicam-se, em seguida, a sua designação e os critérios utilizados na sua construção:

- ? **outras**, incluem-se as respostas que traduzem ideias isoladas;
- ? **não resposta**, incluem-se as situações em que não houve qualquer tipo de resposta;
- ? **“não sei”**, incluem respostas em que os alunos manifestam desconhecer o assunto ou respondem “não sei”;
- ? **não fundamentadas**, incluem respostas em que os alunos manifestam uma opinião mas não apresentam qualquer justificação ou fazem-no de modo a não ser possível integrar em nenhuma das CR.

A aplicação da técnica de análise termina com a análise das diferentes CR construídas, para cada uma das questões, assim como os respectivos descritivos. Em seguida,

inferiram-se as ideias dos alunos que lhes permitiram apresentar as explicações incluídas em cada uma das CR e para cada uma das questões.

As diferentes CR construídas para cada questão e a sua descrição, bem como a análise efectuada para cada questão e a análise geral dos resultados para cada um dos subtemas abordados, são apresentadas no capítulo 4.

De referir, ainda, que a validação do processo de construção das CR e da análise dos resultados obtidos foi feita por um investigador em Didáctica da Geologia.

Capítulo 4

Apresentação e Discussão dos Resultados

1- Introdução

Neste capítulo apresentam-se e discutem-se as categorias de respostas (CR) construídas e os resultados obtidos, após aplicação da técnica de análise, proposta por Erickson (1979,1980), para as respostas dos alunos às questões abertas contidas no questionário. Indicam-se ainda, para cada uma das questões, o grupo a que pertence, a resposta considerada cientificamente correcta, a hipótese de trabalho subjacente e a categoria de resposta diagnosticada.

São apresentados, em cada CR, extractos das respostas dadas pelos alunos e uma descrição, o mais próximo possível da realidade, do conteúdo das respostas incluídas em cada categoria.

O resultado da análise de cada uma das questões é apresentado sob a forma de uma Tabela seguida por um resumo das principais ideias diagnosticadas.

No final do capítulo faz-se referência às principais concepções alternativas identificadas.

2- Discussão e análise dos dados

Nesta secção apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos relativamente a cada uma das questões abertas a que os alunos responderam.

2.1- Questões do grupo A

Questão 1.1

Uma professora de Ciências Naturais, do sétimo ano de escolaridade, organizou uma saída de campo ao Gerês. Cada grupo de alunos deveria, entre outras tarefas, obedecer ao percurso assinalado no mapa e para realizar esta tarefa só podiam utilizar a bússola e as informações que constavam do mapa.

Segundo a tua opinião, qual é a informação que a bússola pode fornecer?

Resposta Cientificamente Correcta:

A agulha magnética da bússola fornece-nos indicações sobre a direcção do norte magnético com um desvio maior ou menor em relação à direcção do norte geográfico. O valor deste desvio é designado por ângulo de declinação e corresponde ao ângulo que, nesse local, o meridiano magnético forma com o meridiano geográfico, medido para leste ou oeste do norte geográfico.

O valor de declinação do local pode ser determinado pela leitura do mapa. Como no Gerês a declinação é pequena, pode-se afirmar que neste local a bússola aponta em direcção ao norte geográfico.

Hipótese de trabalho

É provável que a agulha magnética aponte para o norte em qualquer local da Terra.

Natureza das categorias de resposta

O critério usado para estabelecer as categorias de resposta foi o local indicado pela agulha magnética.

CR1 – Local pretendido

Dentre as respostas incluídas nesta CR transcrevem-se as seguintes que servem de exemplo:

Informa onde nós estamos (A.42);

A bússola serve de ajuda para nos guiar em várias direcções (A.291);

Estas respostas apresentam uma visão muito vaga do tipo de informação fornecido pela agulha magnética porque não especificam o local para onde esta se direcciona e parecem admitir que a consulta da bússola permite, de um modo directo, localizar o local onde nos encontramos ou o local para onde pretendemos ir.

Em todas as respostas incluídas nesta CR os alunos parecem ter a ideia de que a agulha magnética constitui um instrumento de orientação de fácil consulta porque indica o local procurado pelo utilizador, não sendo necessário elaborar qualquer inferência.

CR2 – Os pontos cardeais

As afirmações que a seguir se transcrevem permitem exemplificar a ideia expressa nas respostas incluídas nesta CR:

Indica os pontos cardeais (A.375);

Os pontos cardeais são a informação da bússola (A.3);

Indica-nos, a partir da posição em que nos encontramos as várias posições que constituem a rosa-dos-ventos (A.168);

A bússola fornece a informação sobre qual é a direcção do Norte, Sul, Este e Oeste (A.164);

As respostas incluídas nesta CR apresentam uma ideia ainda pouco precisa do sentido de orientação da agulha magnética porque não especificam o ponto cardinal para o qual

esta se direcciona. Diferem das respostas incluídas na CR anterior porque estes alunos parecem admitir que a utilização da bússola permite conhecer a direcção dos pontos cardeais e a partir desta informação conhecer a direcção do local pretendido.

CR3 – O norte

Nesta CR, incluem-se respostas muito semelhantes, quanto ao conteúdo, às que a seguir se transcrevem:

A bússola mostra-nos em que sentido fica o norte e a partir disso, podemos ficar a saber todas as outras direcções (sul, este...) (A.182);

A bússola indica o norte (A.123);

Estes alunos parecem possuir uma visão mais precisa da informação da agulha magnética porque admitem que a bússola indica o norte e com base nessa informação fica-se a saber todas as outras direcções.

Incluem-se ainda um pequeno grupo de respostas que podem ser exemplificadas pela seguinte afirmação:

A bússola indica o norte magnético (A.351);

Este tipo de resposta corresponde a cerca de 10% das respostas incluídas nesta CR e permitem inferir que estes alunos possuem uma visão muito precisa do tipo de orientação da agulha magnética. Para estes alunos a agulha magnética aponta para o norte magnético.

CR4 – Outras

Nesta CR incluem-se as respostas que a investigadora não consegue incluir nas categorias previamente definidas, pois correspondem a ideias isoladas. É o caso das respostas que a seguir se transcrevem:

É um relógio com direcção para o Norte (A.9);

A posição do Sol em relação a nós (A.363);

As horas (A.371);

Análise dos resultados

A Tabela 4.1 apresenta as percentagens dos alunos cujas respostas foram integradas em cada CR.

Categorias de resposta	%
CR1 - O local pretendido	26
CR2 - Os pontos cardeais	43
CR3 - O norte	31
CR4 - Outras	1

Tabela 4.1: A tabela mostra as CR construídas para a questão A1.1 e as respectivas percentagens.

A análise da tabela revela que:

? A maioria dos alunos, cerca de 43%, considera que a agulha magnética indica os pontos cardeais;

? Cerca de 26% dos alunos considera que a agulha da bússola indica a direcção pretendida. Pode pensar-se que estes alunos têm a ideia de que a agulha indica, de um modo directo, o local pretendido. Estas respostas parecem ter sido baseadas na linguagem do senso comum de que a agulha magnética nos informa sobre o local para onde queremos ir;

? As respostas integradas na CR3 são as que mais se aproximam da resposta cientificamente correcta: cerca de 31% dos alunos admite que a agulha magnética aponta para o norte. Para cerca de um terço destes alunos, a agulha magnética orienta-se em direcção ao norte magnético, estes alunos revelam ter a noção de que existe uma diferença entre o norte geográfico e o norte indicado pela agulha magnética.

A hipótese de trabalho é apoiada pelas respostas incluídas na CR3, ou seja, cerca de 31% dos alunos, admite que a agulha aponta para o norte.

Questão 1.2

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

Resposta cientificamente correcta:

A agulha magnética orienta-se segundo as linhas de força do campo magnético terrestre cujos pólos são distintos dos pólos geográficos.

Hipótese de trabalho

É provável que o campo magnético terrestre seja confundido com o campo gravítico.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados para estabelecer as categorias de resposta foram a:

- ☞ identificação da origem da força responsável pela oscilação da agulha magnética;
- ☞ identificação da direcção da força responsável pela oscilação da agulha da magnética.

CR1 – Agulha magnética com movimento autónomo

As respostas transcritas, em seguida, servem para exemplificar o tipo de respostas incluídas nesta CR e apresentadas pela maioria dos alunos nela incluídos:

Pode-nos dizer a situação geográfica porque tem um “sentido de orientação”... (A.338);

A bússola possui um mecanismo a partir do qual nos podemos orientar e situar geograficamente (A.411);

Porque a bússola possui uma agulha que indica se vamos para Norte, Sul, etc., isto é, os pontos cardeais (A.391);

Porque indo pela trajectória correcta a bússola mostra-nos os ponteiros no Norte e Sul. Se formos pela trajectória incorrecta a bússola transmite-nos os deslocamentos em graus aproximando-nos de Oeste e Este (A.68);

As respostas incluídas nesta CR consideram que a oscilação da agulha magnética é uma característica da própria bússola.

Alguns alunos, cerca de 7%, justificam o movimento da agulha magnética pelo facto de esta estar magnetizada. Entre as várias respostas apresentadas por estes alunos transcrevem-se as seguintes:

...devido ao magnetismo que contem facilmente nos indica em que posição nos situamos... podendo assim indicar-nos qual o caminho a seguir (A.134);

Tem um ponteiro magnético que nos indica as direcções (A.364);

estas respostas não fazem referência ao campo magnético terrestre, o que permite inferir que estes alunos, tal como os outros aqui incluídos, admitem que a agulha magnética se orienta para o local pretendido, por razões relacionadas com a sua própria natureza.

Um pequeno grupo de alunos apresenta respostas menos específicas. Entre as várias

respostas apresentadas, por estes alunos, transcrevem-se as seguintes:

Porque é para isso que ela serve (A.42);

Porque é sabido que a bússola nos fornece esse tipo de informação (A.74);

Acho que é uma questão que não tem justificação possível já que a informação da bússola é necessária e indispensável em alguns casos (A.200);

Para estes alunos parece muito óbvio que a agulha existe e foi inventada pelo Homem para nos orientar e parecem considerar absurdo colocar a questão de justificação. Não fazem referência a qualquer força capaz de movimentar a agulha porque parecem acreditar que ela se move graças a um mecanismo que foi estabelecido.

As respostas incluídas nesta CR referem que a agulha magnética aponta para o local pretendido e não fazem referência a qualquer tipo de forças magnéticas terrestres.

CR2 – Agulha magnética com movimento dirigido

Entre as várias respostas aqui incluídas transcrevem-se as seguintes afirmações:

A bússola indica sempre o N devido ao campo magnético terrestre (A.426);

O norte magnético faz com que a bússola indique qual o norte (A.405);

O Pólo Norte é magnético logo atrai o ponteiro magnético da bússola (A.275);

A bússola é um instrumento constituído por um metal especial que é atraído por um campo magnético existente no Pólo norte da Terra... (A.289);

A maioria das respostas agrupadas nesta CR consideram que o movimento da agulha magnética é causado por forças de atracção direccionadas para o norte do planeta Terra, tratam-se de forças monopolares. A maioria destes alunos parece ter a ideia de que o magnetismo da Terra está centrado no norte da Terra, mais precisamente ao Pólo Norte.

Outras respostas aqui incluídas podem ser exemplificadas pelas seguintes afirmações:

...o Mundo tem um campo magnético e o ponteiro da bússola anda de acordo com esse magnetismo, Norte, Sul, Este e Oeste (A.286);

Como a bússola tem um “ponteiro”, através do campo magnético terrestre esse mesmo ponteiro desloca-se indicando-nos a direcção (Norte, Sul, Oeste, Oeste) em que estamos (A.194);

Estas respostas (cerca de 12%) parecem admitir que a agulha magnética se orienta em direcção ao local pretendido por influencia do campo magnético terrestre. Elas diferem das respostas incluídas na CR1 porque atribuem ao campo magnético terrestre a responsabilidade no movimento da agulha magnética.

Um pequeno grupo de respostas como as que a seguir se transcrevem parecem atribuir

ao campo gravítico a origem destas forças:

Talvez a atracção gravítica que actua sobre o ponteiro indique o norte... (A.30);

A bússola “actua” a partir da gravidade... (A.146);

Entre as várias respostas apresentadas por alguns destes alunos transcrevem-se as seguintes:

A bússola funciona como um íman, em que a ponta vermelha fica direccionada para norte e a ponta branca para sul (A.164);

...A Terra é constituída por um campo magnético e um íman orienta-se segundo os pólos... (A.105);

Talvez a bússola responda a um campo magnético que existe na Terra, este campo magnético é diferente no norte e no sul (A.248);

Estes alunos, cerca de 3%, consideram que o Pólo Norte e o Pólo Sul originam forças que actuam de modo diferente nas extremidades da agulha magnética. Influenciada por estas duas forças, forças dipolares, a agulha magnética orienta-se na direcção norte-sul. Um destes alunos, A.334, acrescenta que como nos pólos as cargas são de sinais contrários e como...*cargas de sinal contrário se atraem, a bússola aponta as extremidades para Norte e Sul.*

A análise das respostas incluídas nesta CR permite inferir que estes alunos parecem admitir que o movimento da agulha magnética é influenciado por forças exteriores à bússola, mais concretamente, forças com origem no campo magnético terrestre. A maioria dos alunos descreve-as como forças de atracção (forças monopolares) direccionadas para o norte da Terra.

Um terço destes alunos considera as forças dipolares e com origem em cada um dos pólos. Apesar de atribuírem características diferentes, às forças magnéticas terrestres, estas respostas foram aqui incluídas porque estes alunos constituem uma pequena percentagem e, tal como os outros, também referem que a agulha magnética é influenciada por forças magnéticas terrestres.

CR3 – Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas isoladas ou consideradas irrelevantes para a investigação. É o caso da resposta:

... colocamos a bússola no mapa, no local onde estamos virados para o sol e vemos qual a direcção a seguir (A.202);

CR4 – Não sei

Incluem-se nesta categoria as respostas que declaram “não sei” .

CR5 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.2 apresenta as percentagens dos alunos cujas respostas foram integradas em cada CR.

Categorias de Resposta	%
CR1 - Agulha magnética com movimento autónomo	44
CR2 - Agulha magnética com movimento dirigido	40
CR3 - Outras	2
CR4 - Não sei	1
CR5 - Não resposta	14

Tabela 4.2: A tabela mostra as CR construídas para a questão A1.2 e as respectivas percentagens.

A análise da tabela revela que:

? A maioria dos alunos (44%) admite que a informação dada pela bússola é uma característica técnica deste instrumento, é específica deste instrumento. A análise destas respostas (CR1) permite afirmar que estes alunos não imaginam a bússola sujeita a qualquer tipo de força;

? Para a maioria dos alunos incluídos na CR2, cerca de 33%, a informação dada pela bússola resulta da acção de forças de atracção, forças monopolares, sobre a agulha magnética. A maioria destes alunos parece ter a ideia de que o campo magnético se limita ao Pólo Norte e por esta razão a agulha magnética é atraída para o norte.

Uma pequena minoria dos alunos, incluídos nesta CR, admite que o campo magnético terrestre origina dois tipos de forças responsáveis pela oscilação da agulha magnética. Infere-se ainda que estes alunos têm a ideia de que estas forças, originadas nos Pólos da Terra, actuam de forma diferente nas extremidades da agulha, influenciando a sua orientação no sentido norte-sul, ou

seja, dos Pólos da Terra.

Cerca de 3% das respostas incluídas na CR2 apoiam a hipótese de trabalho porque estes alunos atribuíram ao campo gravítico a origem das forças responsáveis pelo movimento da agulha magnética.

Questões 2.1 e 2.2

As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam diversas representações que pretendem representar o magnetismo da Terra.

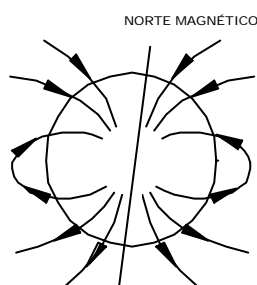


Fig. 1

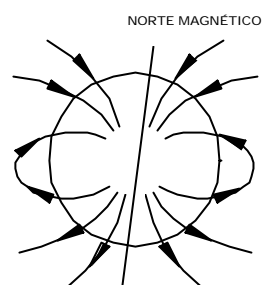


Fig. 2

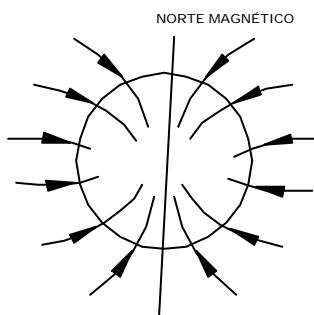


Fig. 3

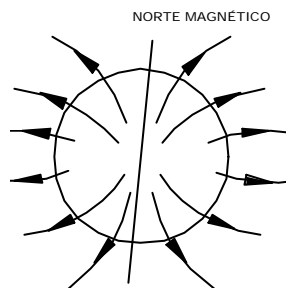


Fig. 4

2.1- Selecciona a que, na tua opinião, melhor corresponde à realidade.

2.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

Resposta considerada cientificamente correcta:

2.1- Corresponde à figura 1.

2.2- A Fig. 1 é a que corresponde às direcções das linhas de força magnética à volta da Terra e à superfície da própria Terra. Essas linhas de força são comparáveis às existentes num campo magnético em torno de um dipolo magnético, tal como se pode facilmente observar com a conhecida experiência da orientação da

limalha de ferro em volta de um "ímã".

Hipótese de trabalho:

Talvez o campo magnético seja, tal como o campo gravítico, considerado monopolar

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados para estabelecer as categorias de resposta foram a:

- ☞ identificação da direcção das forças magnéticas;
- ☞ identificação do local onde se concentram as forças magnéticas.

CR1 – Forças unidireccionadas

Os alunos cujas respostas foram incluídas nesta CR consideraram as forças magnéticas unidireccionadas, ou seja, qualquer que seja o local da Terra a força magnética tem sempre a mesma direcção.

Cerca de 32%, dos alunos incluídos nesta CR, seleccionou a figura 3 como aquela que melhor representava o magnetismo terrestre. As respostas a seguir transcritas permitem exemplificar a ideia expressa na maioria das respostas incluídas nesta CR:

A Terra é magnética (A.5);

Pois as forças de atracção magnéticas tendem para o centro da Terra (A.368);

Nesta CR a maioria dos alunos seleccionou a figura 3 como aquela que melhor representava o magnetismo da Terra. A justificação apresentada é a de que as forças magnéticas são forças de atracção, estas respostas permitem inferir que as consideram orientadas para o centro da Terra.

Algumas respostas parecem atribuir uma origem diferente às forças representadas na figura, as afirmações que a seguir se transcrevem apontam nesse sentido:

Visto que representa a atracção magnética que a Terra exerce sobre os corpos que nela existem, vindo toda essa força gravítica do centro da Terra o que atrai os corpos em direcção ao centro da Terra (A.317);

Por causa da gravidade da Terra (A.82);

Este tipo de resposta foi apresentado por cerca de 13% dos alunos incluídos nesta CR. Estes alunos identificam as forças magnéticas como forças gravíticas, para estes alunos o magnetismo da Terra está directamente relacionado com o campo gravítico.

Cerca de 4% destes alunos parece admitir uma direcção diferente para as forças magnéticas. Das várias respostas apresentadas, por este pequeno grupo de alunos,

exemplifica-se com as seguintes respostas:

...o centro da Terra, transmite grande quantidade de magnetismo aos outros locais do planeta (A.234);

Porque é o magnetismo da Terra que vai fazer com que o ponteiro se mova. O magnetismo provém da Terra e como a bússola é muito sensível... (A.233);

Estes alunos parecem ter a ideia de que as forças magnéticas terrestres divergem, de uma forma uniforme, do centro da Terra. Esta ideia está de acordo com a figura seleccionada pela maioria dos alunos: figura 4.

Todos os alunos, cujas respostas foram integradas nesta CR, admitem que as forças magnéticas são constantes. A maioria das respostas incluídas nesta CR correspondem, na sua maioria, a uma justificação para a selecção da figura 3 como aquela que melhor representa as forças magnéticas terrestres (questão 2.1). Estes alunos imaginam as forças magnéticas terrestres como forças convergentes para o centro da Terra e parecem atribuir às forças magnéticas um comportamento idêntico ao das forças gravíticas. Uma pequena minoria destes alunos parece ter a ideia de que as forças magnéticas terrestres divergem do centro da Terra para o exterior.

CR2 – Forças bidireccionadas

As respostas incluídas nesta CR permitem inferir que para estes alunos as forças magnéticas são forças variáveis, a sua direcção varia de local para local. Como exemplo transcrevem-se as seguintes afirmações:

Acho que é a que melhor corresponde à realidade (Fig.1) uma vez que segundo esse esquema as forças magnéticas na zona do Equador são diferentes das forças magnéticas nas outras zonas do globo (A.395);

O magnetismo tem de ser diferente nas diferentes posições em que se esteja porque se o sentido for igual em todos os lugares então, por exemplo, é norte em todos os lugares não havia diferença (A.331);

Para estes alunos as figuras que melhor representam a heterogeneidade das forças magnéticas terrestres são as figuras 1 e 2.

Alguns alunos parecem considerar as forças magnéticas dirigidas para mais do que um Pólo, como exemplo deste tipo de respostas, transcrevem-se as seguintes:

Pois tem uma atracção para dentro no N e para fora no S. E a bússola determina o nível do Norte (A.288);

Porque a atracção do Norte e do Sul são diferentes, têm energias magnéticas

diferentes (A.51);

Com um Norte magnético atractivo e um Sul repulsivo e duas zonas equatoriais de fraca atracção já que se encontram afastadas dos Pólos (A.307);

Este pequeno grupo de alunos parece considerar as forças magnéticas dirigidas para os dois Pólos e parece ter a ideia de dois tipos de forças magnéticas, ou seja, admitem que o campo magnético é dipolar. A maioria destes alunos substitui o termo “repulsão” por “retracção”, “expulsão” ou por uma das frases “atrai para fora” ou puxa para fora”.

A maioria dos alunos, cujas respostas foram integradas nesta CR, admite que as forças magnéticas se concentram no Pólo Norte, sendo aqui mais intensas que noutra local da Terra. Uma pequena minoria refere que o campo magnético é mais intenso nos pólos e considera dois tipos de forças magnéticas: forças convergentes no Pólo Norte e divergentes no Pólo Sul.

CR3 – Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas que a investigadora não conseguiu integrar noutras CR. É o caso das respostas a seguir transcritas:

Só posso justificar a escolha de acordo com acontecimentos como as auroras boreais... (A.116);

Porque actuam forças de todos os lados e assim fazem com que a Terra ande à volta de si própria (A.300);

A.136 seleccionou a figura 3 mas ao justificar referiu que: *...parece-me a figura mais aceitável, pois com as outras, se fosse a 1 ou a 2, ficávamos sem magnetismo no Equador, segundo a 4, a força magnética seria exercida para a Terra e não por ela.*

CR4 – “Não sei”

Incluem-se nesta categoria as respostas que declaram “não sei” ou referem, por exemplo, que *...foi uma escolha à sorte, uma vez que não tenho nenhum conhecimento sobre a matéria (A.223).*

CR5 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.3 apresenta as percentagens dos alunos cujas respostas foram integradas em cada CR.

Categorias de Resposta	%
CR1 - Forças magnéticas unidireccionadas	50
CR2 - Forças magnéticas bidireccionadas	9
CR3 - Outras	8
CR4 - "Não sei"	11
CR5 - Não resposta	22

Tabela 4.3: A tabela mostra as CR construídas para questão A2.2 e as respectivas percentagens.

A análise da tabela revela que:

? A maioria dos alunos, cerca de 50%, admite que as forças magnéticas são forças unidireccionais. Referem, na sua maioria que as forças magnéticas estão dirigidas para o centro da Terra e uma pequena minoria, cerca de 14%, refere que se dirigem para o norte magnético. Estes alunos parecem atribuir às forças magnéticas características semelhantes às forças gravíticas. Pode-se ainda pressupor que para estes alunos o centro da Terra corresponde à zona da Terra com maior intensidade magnética porque é para este local que se dirigem todas as forças magnéticas. A selecção da figura 3 pela maioria dos alunos, incluídos nesta CR, comprova esta inferência.

? Cerca de 9% dos alunos admite que as forças magnéticas se orientam para os Pólos e estes parecem apresentar forças magnéticas diferentes. Algumas destas respostas são mais explícitas e permitem inferir que as forças magnéticas, para estes alunos, convergem para o Pólo Norte e divergem do Pólo Sul.

As figuras mais seleccionadas por estes alunos foram a figura 1 e 2. A selecção da figura 1 está de acordo com as respostas dos alunos mas o mesmo não acontece com a figura 2 porque nesta figura as forças representadas no norte magnético são divergentes; poder-se-á pensar que a figura 2 foi seleccionada porque todas as "setas" estão dirigidas para cima, para o norte magnético;

? A maioria das respostas em branco ou "não sei" corresponde a alunos que seleccionaram a figura 1. Poder-se-á pensar que estes alunos relacionaram a

figura com alguma que já conheciam mas não foram capazes de fundamentar a sua escolha. Uma pequena minoria destas respostas, cerca de 15%, correspondem a alunos que não seleccionaram nenhuma figura ou que declararam “não sei” na questão anterior.

A hipótese de trabalho é apoiada pelas respostas incluídas na CR1. Verifica-se que a maioria dos alunos parece ter a ideia de que o campo magnético é monopolar tal como o campo gravítico. De realçar que, 15% destes alunos interpreta as forças representadas na figura como forças gravíticas, em vez de forças magnéticas. Falam mesmo de gravidade em vez de magnetismo.

2.2- Questões do grupo B

Questões 1.1 e 1.2

“Se tivesse sido possível usar a agulha magnética no passado, por exemplo há dois milhões de anos, o seu comportamento era igual ao que hoje apresenta”. Esta ideia gerou, há várias décadas atrás, grande discussão entre dois grupos de cientistas: uns concordavam outros não.

1.1- Qual é o grupo de cientistas que tu apoias?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

Resposta Cientificamente Correcta (RCC)

1.1- O primeiro grupo de cientistas.

1.2- Nos anos sessenta, estudos paleomagnéticos demonstraram que o campo magnético terrestre experimenta inversões da sua polaridade ao longo do tempo geológico.

O desenvolvimento destes estudos permitiu a construção de uma escala de tempo da polaridade geomagnética. A análise desta tabela permite concluir que há dois milhões de anos, por exemplo, o campo magnético terrestre apresentava polaridade invertida, ou seja, contrária à actual.

Hipótese de trabalho

É provável que seja dominante a ideia de que o campo magnético terrestre teve sempre as mesmas características ao longo do tempo geológico, tal como o campo gravítico.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados para estabelecer as categorias de resposta foram:

- ☞ comportamento variável da agulha magnética;
- ☞ características do campo magnético terrestre responsáveis pelo comportamento da agulha magnética.

CR1 – Campo magnético terrestre variável

As respostas aqui incluídas explicam que o comportamento da agulha magnética, há 2Ma, não seria igual ao de hoje, devido a alterações que o campo magnético terrestre experimenta ao longo do tempo geológico. As respostas transcritas de seguida constituem exemplos das respostas incluídas nesta CR:

Porque a Terra está sempre a mudar (A.51);

Se a Terra é um planeta em evolução, o seu campo magnético também poderá evoluir (A.360).

A maioria dos alunos explica que a causa destas alterações reside nas características do planeta Terra: um planeta dinâmico, sempre em evolução. Alguns destes alunos apresentam explicações mais detalhadas. Transcrevem-se, em seguida, respostas exemplificativas deste facto:

É do conhecimento geral que a Terra é um planeta dinâmico em permanente mutação. Os fenómenos de isostasia, deslocamento tectónico, alteração na composição gasosa da atmosfera são mais que suficientes para justificar a mudança do norte magnético. Com a evolução geológica, por exemplo, grandes quantidades de magnetite podem ter sido deslocadas causando uma modificação na posição do norte magnético terrestre (A.235);

Pois os continentes estão em constante movimento, logo ao deslocarem-se mudam também o campo magnético (A.50);

Porque de há dois milhões de anos para cá, a Terra sofreu demasiadas alterações a nível das camadas, inclusivé do núcleo. Estas alterações devem ter alterado de algum modo o campo magnético terrestre (A.365);

O eixo da Terra está sempre em movimento e isso justifica que o norte magnético não esteja, por exemplo, no mesmo local (A.259);

Porque os metais e as rochas mais antigas talvez fossem diferentes das de agora, talvez tivessem uma constituição mineralógica diferente e maior que as mais recentes (A.308);

Estas respostas revelam a existência, para estes alunos, de uma relação entre a

alteração do campo magnético e diversos fenómenos relacionados com a dinâmica da Terra: o movimento da superfície terrestre, do eixo da Terra ou com alterações na composição mineralógica da Terra e da estrutura interna da Terra.

Uma pequena minoria faz referência a alterações da Terra relacionadas com o campo gravítico, as afirmações que a seguir se transcrevem apontam nesse sentido:

Porque nesse tempo a Terra ainda se estava a formar, isto é, tinha menos massa e quanto mais massa tiver maior é a força gravítica (A.30);

Pois a Terra sofreu alterações durante esse longo espaço de tempo, nomeadamente na sua trajectória orbital (na sua órbita)...(A.337);

Tais afirmações permitem inferir que este pequeno grupo de alunos confunde campo magnético com campo gravítico.

Respostas como as que a seguir se transcrevem:

Porque há 2Ma, se não me engano, a posição da Terra não era a mesma. Assim, a agulha magnética apontava para o sul e não para o norte (A.45);

Deram-se inversões do campo magnético (A.405);

permitem inferir que alguns alunos reconhecem a inversão do campo magnético terrestre. Outras respostas, apesar de também admitirem alterações do campo magnético terrestre, não parecem transmitir a ideia de que o campo magnético sofre inversões ao longo do tempo geológico. As seguintes citações constituem exemplos deste tipo de opinião:

Na minha opinião o campo magnético que a Terra exerce e faz movimentar a agulha da bússola, depende da energia que a Terra possui, sendo assim quando a Terra se formou, possuía uma determinada energia que ao longo dos anos se foi atenuando, e deste modo o campo magnético também se alterou (A.176);

..o campo magnético está em constante mudança, mas talvez só fique mais fraco ou mais forte (A.334);

Devido ao desenvolvimento da tecnologia, existe mais magnetismo agora do que há 2Ma atrás, logo poderia haver mais exactidão no passado do que agora, pois no passado só existia magnetismo no norte (A.369);

Estes alunos parecem ter ideia de que são as alterações de intensidade do campo magnético as responsáveis pela alteração do comportamento da agulha magnética.

Todas as respostas incluídas nesta CR, permitem inferir que para estes alunos o campo magnético sofre alterações ao longo do tempo geológico porque a Terra é um planeta dinâmico, um planeta em constante transformação.

A causa da alteração do comportamento da agulha magnética parece estar relacionada,

para uns, com o deslocamento de placas, onde o campo magnético está registado ou alterações físicas nas rochas que apresentam magnetismo. Para outros esta alteração está relacionada com modificações das características do local onde se origina o campo magnético terrestre;

CR2 – Campo magnético terrestre constante

As afirmações transcritas de seguida constituem exemplos de algumas respostas incluídas nesta CR:

Porque apesar da Terra ter sofrido várias alterações desde há vários milhões de anos atrás eu penso que só a forma da Terra é que mudou porque os materiais como o ferro penso que não sofreram alterações (A.331);

...o planeta Terra continua o mesmo, claro com mudanças, mas em relação ao campo magnético que é o que faz mover a agulha da bússola não houve mudanças (A.190);

Apesar da mudança estrutural da camada tectónica. Acho que a atracção tem sido sempre igual (A.86);

estas respostas permitem inferir que estes alunos admitem que o comportamento da agulha magnética, há 2Ma, seria igual ao de hoje porque o campo magnético terrestre não é influenciado pelas alterações que ocorrem na Terra.

As afirmações referidas por outros alunos e aqui exemplificadas:

A Terra foi ou teve sempre a mesma forma e a mesma composição (A.132);

A Terra era a mesma “bola” que é hoje e o norte fica exactamente no mesmo sítio e o centro também (A.171);

diferenciam-se das anteriores porque para estes a Terra não sofre mudanças e por esta razão o campo magnético terrestre tem-se mantido constante.

As afirmações referidas por certos alunos e aqui exemplificadas:

O campo magnético não se gasta (A.327);

O magnetismo continua sempre igual (A.219);

Porque apesar de já se terem passado vários anos temos informação que as rochas nos dão de que o comportamento magnético é igual ao de hoje (A.275);

permitem apenas constatar que para estes alunos o campo magnético não experimenta variações ao longo do tempo.

Parece existir num pequeno grupo de alunos uma sobreposição do conceito de campo gravítico com o de campo magnético. As citações a seguir transcritas constituem exemplos deste tipo de opinião:

*Creio que é isto que acontece, tendo em conta que há dois milhões de anos atrás a Terra possuía um centro gravítico idêntico ao de agora (A.231);
A Terra pode não ter hoje as mesmas características de ontem mas a sua massa e a sua gravidade serão sempre iguais (A.313);*

Em todas as respostas incluídas nesta CR, os alunos admitem que o campo magnético terrestre mantém-se constante ao longo do tempo geológico. Alguns alunos relacionam a sua resposta com o facto da Terra ter apresentado, ao longo do tempo geológico, sempre as mesmas características. Outros admitem que a Terra tem sofrido alterações mas estas não influenciam o campo magnético terrestre.

CR3 – Insuficiência tecnológica

As respostas incluídas nesta CR apresentam uma ideia que resultou de uma interpretação diferente da questão. As afirmações que a seguir se transcrevem apontam nesse sentido:

*Porque há dois milhões de anos o campo magnético estava pouco desenvolvido e o país também por causa disso é que eu acho que não conseguiam fazer algo tão objectivo. (A.137);
...se usassem a agulha há dois milhões de anos concerteza que teriam descoberto outras coisas ... (A.163);*

A maioria destes alunos afirmou que não concordava com os cientistas que afirmavam que o comportamento da agulha seria diferente porque se há dois milhões de anos já se tivesse inventado a agulha magnética esta nunca seria igual à actual e o seu comportamento seria diferente.

CR4 – “Não sei”

Incluem-se nesta categoria as respostas que declaram “não sei”.

CR5 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.4 mostra a distribuição das respostas dos alunos pelas categorias de resposta definidas.

Categorias de resposta	%
CR1 - Campo magnético terrestre variável	33
CR2 - Campo magnético terrestre constante	25
CR3 - Insuficiência tecnológica	10
CR4 - Outras	4
CR4 - "Não sei"	6
CR5 - Não resposta	22

Tabela 4.4: A tabela mostra as CR construídas para a questão B1.2 e as respectivas percentagens.

A análise da tabela revela que:

? a maioria dos alunos (cerca de 33%) admitiu que o comportamento da agulha magnética seria diferente porque o planeta Terra é um planeta dinâmico, sempre em evolução e conseqüentemente o campo magnético também sofre alterações; maioria destes alunos faz referência ao deslocamento de placas, ou seja, parecem atribuir a causa das modificações do campo magnético terrestre ao movimento dos registos paleomagnéticos enquanto que outros, em menor número, fazem referência às modificações da estrutura interna da Terra, mais concretamente ao núcleo.

Estes dados apoiam também a ideia de que a maioria destes alunos não parece admitir a inversão da polaridade do campo magnético porque não faz referência a alterações do local onde este se origina;

? para 25% dos alunos (CR2) o campo magnético não se altera. Alguns alunos admitem que ocorrem mudanças no planeta Terra mas estas mudanças, segundo estes alunos, não afectam o campo magnético terrestre. Também nesta CR os alunos parecem confundir campo magnético com campo gravítico porque explicam as suas respostas em termos de forças de atracção.

A análise das respostas incluídas nas CR1 e CR2 permite inferir que a maioria destes alunos parece não admitir a possibilidade da inversão do campo magnético terrestre mas apenas alterações na sua intensidade. Esta ideia talvez esteja relacionada com o facto da intensidade ser uma propriedade mais concreta enquanto que conceber a polaridade é mais difícil, dado que muitos deles nem têm ideia de que o campo magnético terrestre é bipolar.

A hipótese de trabalho é apoiada pelas respostas incluídas na CR2. Pode-se inferir que estes alunos têm ideia de que o campo magnético é, tal como o campo gravítico, constante ao longo do tempo geológico porque referem que as forças magnéticas sempre existiram e têm-se mantido inalteráveis.

Questões 1.3 e 1.4

1.3- Diz-nos se, na tua opinião, é ou não possível conhecer o campo magnético terrestre que existiu no passado?

1.4- Justifica a tua resposta à questão anterior.

Resposta Cientificamente Correcta (RCC)

1.3- É possível conhecer o campo magnético terrestre do passado.

1.4- O estudo do registo magnético de rochas com minerais ferromagnéticos, sobretudo a magnetite, permite conhecer o campo magnético terrestre na altura da sua formação porque estes minerais conservam as características do campo magnético terrestre da altura.

Hipótese de trabalho

É provável que seja dominante a ideia de que o magnetismo não fica registado nas rochas.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados para estabelecer as categorias de resposta foram a:

- ☞ possibilidade de conhecer o campo magnético do passado;
- ☞ identificação das razões que permitem conhecer o campo magnético do passado.

CR1 – Campo magnético terrestre do passado conhecido

Nesta CR, estão incluídas respostas que consideram ser possível conhecer o campo magnético do passado. As afirmações que a seguir se transcrevem constituem exemplos das respostas apresentadas pela maioria destes alunos:

Porque se descobriam como os dinossauros morreram também deve dar para saber isso (A.66);

Porque hoje tudo é possível (A.189);

Estes alunos parecem admitir que a Ciência já descobriu muito e por esta razão

acreditam ser possível conhecer o campo magnético do passado, depositam grande confiança na investigação científica.

Respostas, como as que a seguir se transcrevem, são exemplos da explicação apresentada por outros alunos:

Chegou-se à conclusão por animação de computador que os continentes no passado eram todos ligados. Assim, se se deslocasse o campo magnético terrestre mais ou menos segundo o movimento do eixo terrestre era talvez possível determinar o local mais ou menos exacto de onde era o campo magnético do passado (A.259);

Elementos terrestres do passado devem fornecer dados sobre o assunto, refiram-se às rochas e aos possíveis fósseis que permitem esclarecer-nos (A.229);

Para estes alunos a Ciência deveria conhecer o movimento das placas e analisar a constituição das rochas mais antigas. Alguns destes alunos parecem admitir que o magnetismo se restringe a uma zona que experimenta deslocamentos. As respostas que a seguir se transcrevem parecem transmitir esta ideia:

Talvez analisando os níveis de solo mais profundo poder-se-ia identificar onde existia uma maior concentração de metais (que se atraem por forças magnéticas) podendo assim chegar a alguma conclusão (A.115);

Através do movimento das placas tectónicas o globo modificou-se. No entanto é possível saber como ele era antigamente, logo podemos também saber onde se localizava a “zona magnética” (A.232);

Estes alunos, tal como já analisado na CR2 da questão 1.3 deste grupo, parecem admitir que o magnetismo, responsável pela alteração do comportamento da agulha magnética, está localizado à superfície terrestre, o que facilmente explica a relação existente, para estes alunos, entre o conhecimento do movimento das placas e o conhecimento do campo magnético do passado.

As afirmações que a seguir se transcrevem constituem exemplos das respostas apresentadas por cerca de 20% destes alunos:

O campo magnético não se alterou (A.364);

...porque o campo magnético terrestre não se modifica com o tempo (A.219);

estas respostas parecem admitir ser possível conhecer o campo magnético do passado porque o campo magnético não se altera ao longo do tempo geológico. Há um aluno (A.199) que refere ser possível porque *apesar de terem ocorrido várias modificações, quer ao nível do interior da Terra quer ao nível exterior, se considerarmos um período de tempo de 2Ma, que à escala global não é muito considerável, visto não serem muitos*

anos, as coisas não mudaram assim muito.

Há alunos que confundem campo magnético com campo gravítico. É o caso destes dois alunos cujas respostas se transcrevem:

...porque como referi anteriormente a sua massa e a sua gravidade actualmente é igual à de antigamente (A.313);

A agulha magnética varia com a variação do campo gravítico e como o campo gravítico de há 2Ma não é o mesmo de hoje em dia, logo se soubermos qual o campo gravítico podemos saber qual o magnetismo (A.1);

Transcrevem-se a seguir respostas que constituem exemplos doutro tipo de explicação:

Julgo que sim, pois julgo haver hipótese de estudar o desenvolvimento do planeta e das interações entre os planetas do sistema solar a fim de chegar a esse objectivo (A.337);

Se se conhecer as condições da Terra do passado pode-se adaptar aos conhecimentos de hoje (A.132);

Porque se estudarmos a variação do campo magnético ao longo de alguns anos (100, 200) poderíamos chegar a uma previsão de como seria no passado (A.330);

Estas respostas permitem pressupor que para estes alunos o desenvolvimento dos nossos conhecimentos sobre campo magnético permite conhecer como este era no passado. O estabelecimento de relações entre determinadas características do planeta Terra e as propriedades do campo magnético terrestre actual permite, com base nas características que se pensa terem existido no passado da Terra, prever como este seria há milhões de anos atrás.

Uma pequena minoria de alunos apresenta sugestões mais práticas. Como exemplo, transcrevem-se as seguintes respostas:

...se conseguirmos reaver alguns dos instrumentos que no passado eram utilizados para nos localizar no espaço (local em que nos encontramos) vamos conseguir verificar se esses instrumentos eram iguais ou possuíam algumas diferenças relativamente àqueles que hoje em dia são utilizados. Deste modo, as diferenças que possamos encontrar talvez justifiquem o campo magnético terrestre que na altura existia (A.176);

Este pequeno grupo de alunos parece sugerir que os documentos e instrumentos utilizados pelos nosso antepassados podem servir, através da sua leitura e análise, para conhecer o campo magnético do passado. Um destes alunos, A.176, parece revelar a ideia, já identificada na CR1 da questão A1.2, de que o magnetismo é uma característica específica do próprio instrumento de orientação, o magnetismo fica registado,

materializado no instrumento.

As respostas incluídas nesta CR consideram que é possível conhecer o campo magnético do passado. Para a maioria destes alunos este acontecimento só é possível graças à Ciência. Alguns especificam que o estudo científico de dados geológicos e de outras características do planeta Terra, como por exemplo o seu movimento, permitirá conhecer o campo magnético do passado. Outros referem apenas que o conhecimento do campo magnético actual permite o conhecimento do campo magnético do passado porque este é constante, nunca sofre alterações.

CR2 – Campo magnético terrestre do passado desconhecido

As afirmações que a seguir se transcrevem constituem exemplos das respostas incluídas nesta CR:

Porque não há indícios que nos possam indicar uma pista para o conhecermos (A.74);

Porque o magnetismo não é algo palpável, é uma força e na minha opinião é impossível conhecer uma força que tenha actuado no passado (A.182);

para estes alunos é impossível conhecer o campo magnético do passado porque este experimenta alterações ao longo do tempo que não ficam registadas.

Outros alunos apresentam respostas semelhantes às que a seguir se transcrevem:

Porque no passado não existiam utensílios necessários ao seu conhecimento (A.390);

Acho que não temos dados para estudar o campo magnético do passado (A.224); Este grupo de alunos afirma que no passado o Homem não tinha conhecimentos suficientes para inventar instrumentos que permitissem conhecer o campo magnético. Se assim não tivesse sido poderíamos analisar os seus instrumentos e ficar a conhecer as características do campo magnético no passado.

Respostas, como as que a seguir se transcrevem, são exemplos doutro tipo de explicação:

Porque para isso eram precisos muitos milhões de contos...(A.163);

Na minha opinião podem-se sempre formular teorias baseadas em alguns factos concretos mas nunca se tem a certeza (A.239);

Acho que não é possível conhecer exactamente o campo magnético do passado porque apesar de termos novas tecnologias, não temos material que nos diga exactamente o comportamento da Terra no passado (A.318);

Estes alunos parecem não acreditar que a Ciência possa, algum dia, conhecer o campo magnético do passado. Também aqui se admite existir insuficiência tecnológica mas de acordo com estes alunos, ela impede-nos de criar as condições do passado para assim podermos conhecer o campo magnético do passado. Seria necessário um investimento muito grande.

Todas as respostas incluídas nesta CR admitem que o campo magnético sofre modificações que não ficam registadas porque os nossos antepassados não nos deixaram instrumentos para o conhecer e actualmente ter-se-ia de fazer uma grande investimento na área da tecnologia para inventar e construir instrumentos capazes de o determinar.

CR3 – “Não sei”

Incluem-se nesta categoria as respostas que declaram “não sei”.

CR4 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.5 apresenta as percentagens dos alunos cujas respostas foram integradas em cada CR.

Categorias de resposta	%
CR1 - Campo magnético terrestre do passado conhecido	43
CR2 - Campo magnético terrestre do passado desconhecido	21
CR3 - “Não sei”	10
CR4 - Não resposta	27

Tabela 4.5: A tabela mostra as CR construídas para a questão B1.4 e as respectivas percentagens.

A análise da tabela revela que:

? a maioria dos alunos, cerca de 43%, admite ser possível conhecer o campo magnético do passado (CR1). Estes alunos depositam grande confiança na investigação científica, considerando-a capaz de o vir a conhecer. Enquanto que

um pequeno grupo de alunos justifica com base na existência de registos do campo magnético terrestre do passado: nas rochas, nos fósseis e nos instrumentos do passado.

8% destes alunos parece pressupor que o campo magnético terrestre é constante. Esta propriedade permite inferir as características do campo magnético terrestre do passado a partir das suas características actuais: conhecendo o campo magnético actual, conhecer-se-á o campo magnético do passado;

? cerca de 21% dos alunos não acredita que seja possível conhecer o campo magnético do passado porque ele varia ao longo do tempo e não fica registado. Há alunos que referem que a Ciência nunca poderá sabê-lo porque os nossos antepassados não nos deixaram instrumentos que nos permita conhecer as suas características e/ou actualmente seria necessário fazer um investimento financeiro e humano muito elevado.

A hipótese de trabalho é apoiada por algumas das respostas incluídas na CR2 que referem que o campo magnético não fica registado.

Questões 2.1 e 2.2

2- Encontraram-se no mesmo local quatro rochas (A, B, C e D) com a mesma composição mineralógica e capazes de influenciar a orientação de uma agulha magnética. Estas rochas não apresentam todas a mesma idade. As rochas A e B originaram-se há 120 Ma atrás, a rocha C originou-se há 60 Ma atrás e a rocha D originou-se na actualidade.

2.1- Segundo a tua opinião, as direcções de magnetização destas rochas serão iguais ou diferentes.

2.2- Justifica a tua opinião.

Resposta Cientificamente Correcta:

2.1- As rochas A e B apresentam a mesma direcção de magnetização e as rochas C e D podem apresentar a mesma direcção de magnetização ou direcções inversas.

2.2- A direcção de magnetização da rocha A é igual à da rocha B porque são da mesma idade e por isso foram influenciadas pelo mesmo campo magnético. As rochas C e D podem apresentar diferentes direcções de magnetização porque a rocha C pode-se ter formado numa época em que a polaridade do campo magnético terrestre era a inversa da actual e neste caso teria sido influenciada, durante a sua formação, por um campo magnético terrestre com características diferentes daquele que influenciou a rocha D.

Hipótese de trabalho

É possível pensar que a polaridade do campo magnético é diferente em rochas da mesma idade (rochas A e B). É possível pensar que o registo do campo magnético não está relacionado com o tempo geológico (rochas C e D).

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados para estabelecer as categorias de resposta foram a:

- ☞ identificação das direcções de magnetização das rochas;
- ☞ identificação das características das rochas que influenciam o comportamento da agulha magnética.

CR1 – A direcção de magnetização da rocha altera-se

As respostas incluídas nesta CR consideram que as direcções de magnetização das rochas serão diferentes porque as rochas têm idades diferentes. Por exemplo A.400 escreve: *Como as rochas têm idades diferentes as suas direcções de magnetização serão diferentes.*

As explicações apresentadas por cerca de 62% destes alunos para justificar a influência da idade na direcção de magnetização da rocha não são as mesmas para todos: a maioria admite que ao longo do tempo a composição mineralógica vai variando, como é possível deduzir das afirmações que a seguir se transcrevem:

Porque com as erosões e desgastes que as mais velhas sofreram seria diferente (A.412);

Porque as pedras desgastam-se e com o tempo perdem a sua força magnética (A.66);

Porque se não fossem diferentes não dava para saber a sua idade (A.291);

Cerca de metade destes alunos especifica que as rochas mais velhas apresentam uma intensidade magnética menor que as mais novas. É o caso de A.243 quando afirma:

Pois as mais velhas foram perdendo magnetização, ou seja, as rochas mais novas têm mais magnetização do que as mais novas.

Outros alunos (13%) consideram que a Terra é um planeta dinâmico, sempre em evolução e por esta razão as rochas apresentam constituição mineralógica diferente e consequentemente influenciam a agulha de forma diferente. Respostas, como as que a seguir se transcrevem, são exemplos deste tipo de explicação:

A evolução da Terra influenciou a constituição dos minerais, o que pode provocar uma alteração na constituição magnética das rochas (A.289);

Porque as mais recentes perderam “qualidade”, ou seja, magnetismo. As mais antigas formaram-se ainda nos primórdios, logo contêm o magnetismo ainda puro e por isso é mais forte (A.369);

Cerca de 8% dos alunos justifica com base na variação do campo magnético ao longo do tempo geológico. Respostas, como as que a seguir se transcreve, são exemplo deste tipo de explicação:

Pois para diferentes intervalos de tempo na Terra deverão existir períodos magnéticos diferentes (A.277);

Há 120Ma o campo magnético era diferente do campo magnético de há 60Ma atrás (A.405);

É provável que os alunos interpretem as variações do campo magnético em termos de variação da intensidade magnética e não em termos de inversão da polaridade do campo magnético terrestre. As afirmações que a seguir se transcrevem apontam nesse sentido:

Provavelmente a intensidade magnética de há 120Ma e 60Ma atrás seria diferente da de hoje (A.386);

Porque acho que a rocha mais velha tem mais magnetismo que ao longo dos anos foi absorvendo do mundo (A.68);

Pois ao longo dos tempos essas rochas vão sofrendo modificações, através do vento outras rochas vêm e juntam-se a essas mesmas. Logo eu penso que à medida que aumentam os anos de diferença entre essas rochas aumentam também as direcções de magnetização (A.114);

É pouco provável que os alunos tenham a ideia de inversão do campo magnético em diferentes períodos da História da Terra porque apesar de alguns referirem que as direcções de magnetização são diferentes porque o campo magnético varia, a maioria dos alunos utiliza frequentemente nas suas justificações os termos *mais magnetismo*, *menos magnetismo* ou *intensidade magnética*.

Para 5,6% as rochas vão sofrendo influências do meio, *...radiação (A.117)*, *...energia (A.328)* ou *...interacções magnéticas do globo (A.248)* que alteram o seu magnetismo; um pequeno grupo de alunos parece confundir campo magnético com campo gravítico, por exemplo o A.215 escreve: *...talvez as mais novas tenham uma menor influencia devido à pouca pressão a que foram submetidas.*

Todas as respostas incluídas nesta CR referem que as direcções de magnetização serão

diferentes. A maioria das respostas incluídas nesta CR (60%) justifica com base na influencia do factor tempo na constituição mineralógica da rochas: o tempo altera a composição mineralógica.

CR2 – A direcção de magnetização da rocha mantém-se

Incluem-se nesta CR, as respostas que admitem que as rochas apresentam direcções de magnetização iguais. Cerca de metade destes alunos relaciona a direcção de magnetização com a composição das rochas. É o caso do A.233 que afirma:

Se estas rochas têm todas a mesma composição mineralógica, então, a agulha da bússola vai ter sempre as mesmas direcções.

Outros alunos (21%) parecem admitir que o campo magnético é constante e por esta razão o facto de terem idades diferentes não tem qualquer influencia. As afirmações que a seguir se transcrevem apontam nesse sentido:

As características dos minerais foram sempre as mesmas, quer no passado, quer no presente, portanto o norte sempre foi o norte e como todas as direcções corresponderam às actuais (A.164);

Porque o magnetismo não se altera (A.24);

Assumiu-se que os alunos que responderam que ...a idade não influencia a orientação da agulha magnética (A.189), também têm a ideia de que o campo magnético é constante. Fez-se a mesma inferência para os alunos que escreveram, tal como A.271, que ... as rochas são da mesma origem da Terra.

Não é possível da análise deste conjunto de respostas concluir se estes alunos admitem inversões do campo magnético terrestre ao longo do tempo geológico porque apesar de alguns admitirem que não ocorrem inversões no campo magnético terrestre, outros apresentam respostas vagas, como a do A.24 (já transcrita), que não permitem saber se se referem à intensidade magnética ou à inversão. Contudo, há quem se refira à intensidade magnética e não à inversão magnética. É o caso do A.433:

O magnetismo não se desgasta com o tempo.

Alguns alunos (17%) consideram que as rochas têm todas a mesma direcção de magnetização porque estão no mesmo local. É o caso do A.374:

Penso que são iguais porque se formaram as quatro rochas no mesmo local;

Outros (13%) relacionam com o local e com a composição. Um exemplo desta resposta é a do A.124:

Visto que o que irá influenciar a orientação da agulha magnética será a latitude e a longitude de onde as rochas se encontram e não a sua idade. Mais a mais

possuem a mesma composição mineralógica.

Para estes alunos o magnetismo da rocha está apenas relacionado com o local onde se encontra a rocha, parecem admitir que o magnetismo varia de local para local.

Um número muito reduzido de alunos, cerca de três alunos, refere que as rochas apresentam direcções de magnetização iguais porque as rochas não apresentam magnetismo, como é possível deduzir das afirmações que a seguir se transcrevem:

O que varia é o campo magnético terrestre e não o da rocha (A.259);

Porque acho que as rochas não têm magnetismo (A.15);

Estas respostas parecem revelar que a agulha magnética é influenciada apenas pelo magnetismo localizado no interior da Terra, ou seja, não consideram a existência de magnetismo na superfície terrestre. Para estes alunos o magnetismo não fica registado nas rochas.

Todas as respostas incluídas nesta CR referem que as direcções de magnetização serão iguais. As razões apontadas não são as mesmas para todos os alunos, de referir que para a maioria o facto das rochas terem a mesma composição mineralógica implica que apresentem a mesma direcção de magnetização. Enquanto que outros afirmam que o facto de terem idades diferentes não significa que apresentem direcções de magnetização diferentes.

CR3 – “Não sei”

Incluem-se nesta categoria as respostas que declaram “não sei” ou afirmam desconhecer o assunto.

CR4 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.6 mostra a distribuição das respostas dos alunos pelas categorias de resposta definidas.

Categorias de resposta	%
CR1 - A direcção de magnetização da rocha altera-se	44
CR1 - A direcção de magnetização da rocha mantém-se	30
CR3 - "Não sei"	9
CR4 - Não resposta	18

Tabela 4.6: A tabela mostra as CR construídas para a questão B2.2 e as respectivas percentagens.

Análise da tabela revela que:

? quase metade dos alunos admite que as rochas apresentam direcções de magnetização diferentes entre si. Para a maioria destes alunos as rochas vão sofrendo alterações, ao longo do tempo, que implicam transformações na sua composição mineralógica e consequentemente na sua magnetização. Estes alunos parecem não aceitar que rochas de idades diferentes possam ter a mesma composição mineralógica.

Alguns destes alunos parecem admitir que as rochas apresentam diferente intensidade magnética porque o magnetismo é libertado da rocha, vai-se perdendo ao longo do tempo geológico e quanto mais antiga ela for menor é a sua intensidade magnética.

Apenas um pequena minoria parece admitir a variação do campo magnético ao longo do tempo geológico;

? cerca de 28% dos alunos admite que as rochas têm todas as mesmas direcções de magnetização porque têm todas a mesma composição mineralógica. Alguns alunos, cerca de 21%, admitem que a idade das rochas não interessa porque o campo magnético é constante ao longo do tempo geológico.

A análise das respostas incluídas na CR2 permite afirmar que cerca de 22% dos alunos incluídos nesta CR admite que o campo magnético é constante ao longo do tempo geológico, tal como fazia supor uma parte da hipótese de trabalho. De salientar que os alunos parecem relacionar a direcção de magnetização de uma rocha com a sua composição mineralógica e admitem que a composição mineralógica das rochas varia com a idade. Como as rochas exemplificadas têm idades diferente então também têm composição mineralógica diferente e consequentemente direcções de magnetização

diferentes.

Questões 3.1 e 3.2

3- Duas rochas, X e Y, da mesma idade, com composição mineralógica idêntica e capazes de influenciar a orientação de uma agulha magnética, estão localizadas a diferente latitude e longitude.

3.1- Segundo a tua opinião, as direcções de magnetização destas rochas serão iguais ou diferentes.

3.2- Justifica a tua opinião.

Resposta Cientificamente Correcta (RCC)

3.1- As direcções de magnetização serão diferentes.

3.2- As rochas X e Y foram influenciadas por campos magnéticos terrestres com características diferentes porque foram formadas a diferente latitude e longitude. As características do campo magnético terrestre variam com a latitude e longitude porque o campo magnético terrestre é um vector cuja posição no espaço é caracterizada por dois ângulos: ângulo de declinação (ângulo entre a agulha magnética e o norte geográfico) e o ângulo de inclinação (ângulo que a agulha faz com o plano horizontal); o comprimento é proporcional à intensidade do campo.

Hipótese de trabalho

É possível pensar que o campo magnético apresenta, em qualquer lugar da Terra, sempre a mesma direcção.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados para estabelecer as categorias de resposta foram:

- ☞ identificação das direcções de magnetização das duas rochas;
- ☞ identificação das características das rochas que influenciam o comportamento da agulha magnética.

CR1 – Diferentes direcções de magnetização

Incluem-se nesta CR, respostas que consideram que as duas rochas apresentam direcções de magnetização diferentes. A maioria destes alunos apresenta respostas muito simples, referindo apenas que o magnetismo não é o mesmo em todos os locais da Terra. Respostas que a seguir se transcrevem, são exemplos deste tipo de explicação:

... o campo magnético apresenta variações ao longo da sua extensão. (A.117);

Conforme a direcção varia o seu magnetismo (A.75);

...pois (as amostras) estão localizadas em diferentes pontos da Terra e para mim

isso tem alguma relevância (A.217);

Há ainda alunos que apresentam explicações mais precisas permitindo inferir que para estes alunos a orientação da agulha magnética, num determinado local da Terra, depende da intensidade magnética. As afirmações que a seguir se transcrevem apontam nesse sentido:

...certos locais em que o magnetismo é mais forte (A.100);

Depende da posição das rochas e da intensidade do seu magnetismo (A.388);

Destes alunos, alguns explicam que a intensidade magnética da rocha depende da proximidade da rocha a um determinado local da Terra: centro da Terra, norte magnético ou Equador. Respostas, como as que a seguir se transcrevem, são exemplos deste tipo de explicação:

...a rocha que está mais perto do centro da Terra tem mais capacidade de influenciar do que uma rocha que está mais longe. (A.325);

Conforme a latitude e a longitude vão desviar a agulha magnética em relação ao Norte magnético de modo diferente (A.401);

Porque a latitude influencia pois quanto mais próximo do Equador mais... (A.321);

Alguns alunos relacionam as direcções de magnetização com a composição mineralógica das rochas, estes alunos parecem admitir que existem diferenças na composição mineralógica das rochas porque as rochas têm composição idêntica. É o caso do A.153 que afirma :

Porque têm composição idêntica e não igual;

Um aluno justifica a sua resposta à questão 3.1 pelo facto da composição mineralógica das rochas se alterar com o tempo *...porque com a erosão, altera-se a composição mineralógica da rocha (A.380).*

Todas as respostas incluídas nesta CR admitem que as direcções de magnetização são diferentes. A maioria destes alunos admite que o magnetismo terrestre varia de local para local e por esta razão, para alguns destes alunos, a influencia da rocha na agulha magnética é também diferente e está dependente da sua proximidade a um determinado local da Terra. Parece existir nestas respostas alguma sobreposição entre os conceitos de intensidade magnética e direcção de magnetização.

Uma pequena minoria atribuiu diferente direcção de magnetização porque admitiu que as rochas tinham diferente composição mineralógica, para estes alunos as rochas apresentarem composição idêntica não significa que seja igual.

CR2 – Iguais direcções de magnetização

Incluem-se nesta CR, respostas que consideram que as duas rochas apresentam iguais direcções de magnetização. A maioria destes alunos admite que o campo magnético terrestre é uniforme e, por esta razão, o local onde se formou a rocha não é valorizado. Respostas, como as que a seguir se transcrevem, são exemplos deste tipo de explicação:

Todas as rochas influenciam da mesma maneira a agulha (A.408);

Porque a crosta terrestre apresenta uma distribuição homogénea das ondas magnéticas (A.187);

Alguns alunos afirmam que em ambas as rochas as direcções de magnetização estão direccionadas para o norte magnético e como só há um, as duas rochas apresentam direcções de magnetização iguais. É o caso do A.130:

Na actualidade o campo magnético é estável. Assim a latitude e longitude não tem influência neste caso...

Outros alunos relacionam as direcções de magnetização com a composição, a idade ou com a idade e a composição. Respostas, como as que a seguir se transcrevem, são exemplos deste tipo de explicação:

O facto da latitude e longitude serem diferentes não altera a composição das rochas e as direcções de magnetização serão iguais (A.399);

Têm a mesma idade (A.32);

Visto que são da mesma idade e são iguais (A.216);

Um aluno, A.109, admitiu que as duas rochas *...situam-se a diferente latitude e longitude mas podem estar na mesma direcção.*

Para dois alunos as rochas apresentam a mesma direcção de magnetização porque *...as rochas não influenciam a magnetização (A.15) ou ...a Terra é que influencia a agulha magnética e não as rochas independentemente do lugar na Terra (A.24).*

Todas as respostas incluídas nesta CR admitem que as direcções de magnetização são iguais. A maioria destes alunos admite que o campo magnético terrestre é igual em qualquer zona da Terra e por esta razão o local onde se situa a rocha não têm qualquer influencia. Outros alunos relacionam com a composição: o facto das rochas terem todas a mesma composição mineralógica faz com que tenham todas a mesma direcção de magnetização.

CR3 – Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas que a investigadora não conseguiu integrar noutras CR. Respostas, como as que a seguir se transcreve, são exemplos deste tipo de explicação:

As rochas podem influenciar o campo magnético de diferentes formas (A.181);

Pois os magnetismos magnetizam como querem (A.51);

Foram também incluídas nesta CR respostas ambíguas, alunos que referiram, por exemplo, “diferentes” na questão 3.1 e na resposta à questão 3.2 parecem querer justificar o contrário. É o caso do A.61:

Porque têm composição igual.

CR4 – “Não sei”

Incluem-se nesta categoria as respostas que declaram “não sei” ou afirmam desconhecer o assunto.

CR5 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.7 mostra a distribuição das respostas dos alunos pelas categorias de resposta definidas.

Categorias de resposta	%
CR1 - Diferentes direcções de magnetização	52
CR2 - Iguais direcções de magnetização	14
CR3 - Outras	4
CR4 - “Não sei”	6
CR5 - Não resposta	25

Tabela 4.7: A tabela mostra as CR construídas para a questão B 3.2 e as respectivas percentagens.

A análise da tabela revela que:

? metade dos alunos (52%) admite que as duas rochas apresentam direcções de magnetização diferentes porque o local onde se formou a rocha tem influência na direcção de magnetização. Alguns destes alunos admitem que o magnetismo não apresenta a mesma intensidade em todos os locais da Terra e outros referem que o centro da Terra, o norte magnético ou o Equador são os locais de maior intensidade magnética. A proximidade a um destes locais determina o grau de influencia, quanto mais próxima maior será a influencia, mais atrairá a agulha magnética.

Para 5% destes alunos a composição mineralógica destas rochas não é igual mas apenas “idêntica”, ou seja, possuem algumas diferenças na composição e por esta razão as rochas apresentam diferentes direcções de magnetização. É possível inferir das respostas da maioria destes alunos a existência de alguma sobreposição entre os conceitos de intensidade magnética e direcção de magnetização;

? Cerca de 14% dos alunos admite que estas rochas apresentam iguais direcções de magnetização. A maioria destes alunos justifica com base na uniformidade do campo magnético. Se o campo magnético é uniforme, o local onde a rocha se formou não tem qualquer influencia na direcção de magnetização. Alguns destes alunos referem que só existe um norte magnético, ou seja, todas as direcções de magnetização estarão em ambos os casos orientadas para o mesmo local.

Para alguns destes alunos o facto das rochas terem todas a mesma composição mineralógica determina que tenham a mesma direcção de magnetização;

? De assinalar a elevada percentagem de alunos que não foram capazes de responder a esta questão.

A hipótese de trabalho é apoiada pela maioria das respostas incluídas na CR2 que admitem iguais direcções de magnetização das duas rochas porque o campo magnético terrestre é uniforme.

2.3- Questões do grupo C

Questão 1.1

1- A Fig. 5 representa o globo terrestre e nela estão assinalados cinco locais (A, B, C, D e E).

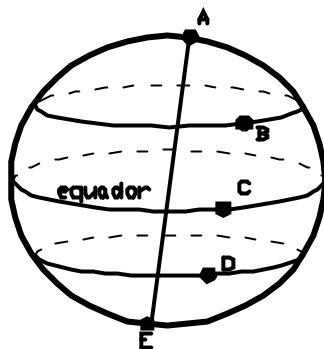


Fig. 5

1.1- Na tua opinião, qual seria a posição que a agulha magnética teria, para um observador à superfície, em cada um dos locais indicados na Fig. 5. Preenche o quadro I com a(s) figura(s) da Fig. 6 (Fig. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 ou 6.8) que melhor representa(m) a posição da agulha magnética em cada um dos locais representados.

Nota: a extremidade negra da agulha é a que se orienta para o norte magnético.

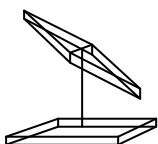


Fig. 6.1

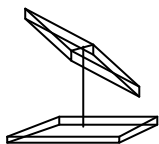


Fig. 6.2

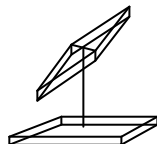


Fig. 6.3

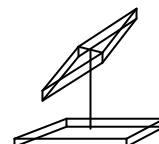


Fig. 6.4

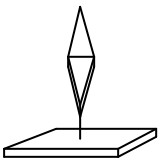


Fig. 6.5

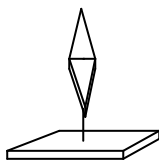


Fig. 6.6

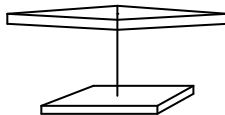


Fig. 6.7

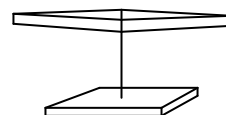


Fig. 6.8

Fig.6

Quadro 1

LOCAL	A	B	C	D	E
FIGURA(S)					

Resposta cientificamente correcta:

Quadro 1

Local	A	B	C	D	E
Figura (s)	6.6	6.2 ou 6.4	6.7 ou 6.8	6.1 ou 6.3	6.5

Natureza das categorias de resposta:

Os critérios usados para estabelecer as categorias de resposta foram:

- ☞ inversão da orientação da agulha magnética;
- ☞ orientação da agulha magnética.

CR1 – Campo magnético terrestre dipolar

As respostas incluídas nesta CR permitem supor que estes alunos consideram a agulha sujeita a forças magnéticas dipolares porque apresentam inversão da orientação da agulha magnética em locais situados em hemisférios diferentes. Consoante a orientação da agulha magnética consideram-se duas sub-categorias de resposta.

CR1A – Agulha magnética orientada para o polo sul magnético

Referem-se de seguida alguns dos tipos de respostas incluídos nesta sub-CR .

Figuras \ Locais	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
A						???		
B				?? ?				
C	??						?	
D	?? ?							
E			??		?			

Tabela 4.8: A tabela representa alguns dos tipos de respostas incluídas na CR1A, os símbolos ?, | e ? representam as respostas referidas, respectivamente, pelos alunos A.132, A.337, A.425 e A.406.

As respostas incluídas nesta sub-CR apresentam o pólo norte da agulha orientado para o sul magnético.

CR1B – Agulha magnética orientada para o pólo norte magnético

Referem-se de seguida alguns dos tipos de respostas incluídos nesta CR.

Locais \ Figuras	Figuras							
	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
A			?		??			
B	?		?					?
C			?				?	?
D		??						?
E				?		??		

Tabela 4.9: A tabela representa alguns dos tipos de respostas incluídas na CR1B, os símbolos ?, ?, | e ? representam as respostas referidas, respectivamente, pelos alunos A.194, A.316, A.130 e A.215.

As respostas incluídas nesta sub-CR representam o pólo norte da agulha orientado para o pólo norte magnético.

CR2 – Conservação da polaridade da agulha magnética

As respostas incluídas nesta categoria de resposta não apresentam inversão da orientação da agulha magnética nos locais situados em hemisférios diferentes. Referem-se de seguida alguns dos tipos de respostas incluídos nesta CR.

Locais \ Figuras	Figuras							
	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
A		?	?		?			
B	??				?			
C					?		?	?
D			???					
E	?		?		?			

Tabela 4.10: A tabela representa alguns dos tipos de respostas incluídas na CR2, os símbolos ?, ?, |, ? e | representam as respostas referidas, respectivamente, pelos alunos A.69, A.167, A.170, A.420 e A.58.

Estes alunos parecem admitir que a agulha magnética está sujeita a forças magnéticas terrestres unidireccionais. De referir que a maioria destes alunos parece ter

seleccionado, para qualquer um dos locais representados, a figura que apresentava a agulha magnética orientada para o centro da Terra.

Alguns alunos, por exemplo o A.170, parecem admitir que a agulha magnética se dispõe na horizontal no pólo sul magnético, local A. Outros alunos apresentavam inversão da orientação da agulha magnética num dos locais situados num dos pólos (A ou E), por exemplo o A.58 e A.420. Estas respostas permitem supor que para estes alunos as forças magnéticas, localizadas no pólo sul magnético (maioria dos casos) ou no pólo norte magnético, têm uma acção diferente na agulha magnética, talvez relacionada com uma intensidade magnética diferente.

CR3 – Outras

Referem-se de seguida alguns dos tipos de respostas incluídos nesta CR.

Figuras Locais	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8
A						?	?	
B		?	?					
C			?	?				
D		?		?				
E					?			?

Tabela 4.11: A tabela representa alguns dos tipos de respostas incluídas na CR3, os símbolos ? e ? representam as respostas referidas, respectivamente, pelos alunos A.183 e A.386.

Nesta sub-CR incluem-se respostas para as quais não foi possível determinar o local para onde se orientava a agulha magnética porque apresentavam, para locais vizinhos, variações na orientação da agulha magnética.

CR4 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas com um ou mais espaços em branco.

Extensão das categorias de resposta

A percentagem dos alunos, cujas respostas foram incluídas nas diferentes categorias e sub-categorias de resposta, são apresentadas na Tabela 4.12:

Categorias de resposta	(%)	
CR1 - Inversão da polaridade da agulha magnética		
CR1A - Agulha magnética orientada para o pólo sul magnético	26	41
CR1B - Agulha magnética orientada para o pólo norte magnético	15	
CR2 - Conservação da polaridade da agulha magnética	27	
CR3 – Outras	18	
CR4 - Não resposta	14	

Tabela 4.12: A tabela mostra as CR construídas para a questão C 1.1 e as respectivas Percentagens.

A análise da Tabela 4.12 revela que:

? 41% dos alunos inverte a orientação da agulha magnética nos locais situados em hemisférios diferentes, este tipo de resposta pressupõe que estes alunos consideram que o campo magnético terrestre é dipolar. A maioria destes alunos orienta o pólo sul da agulha magnético em direcção ao norte magnético;

? cerca de 27% dos alunos admite que a agulha magnética não sofre inversão da sua orientação em locais situados em hemisférios diferentes, este tipo de resposta permite pressupor que para estes alunos o campo magnético terrestre é monopolar. A maioria destes alunos parece ter a ideia de que a agulha se orienta em direcção ao centro da Terra.

Alguns alunos revelam uma diferença de comportamento da agulha magnética ao nível dos pólos magnéticos porque invertem a sua orientação num destes locais ou colocam-na na horizontal. Estes resultados permitem pressupor que estes alunos consideram existir diferenças, talvez relacionadas com a intensidade magnética, num dos pólos magnéticos. Na maioria dos casos é no pólo sul magnético.

? 14% dos alunos apresentaram respostas para as quais não foi possível identificar a sua opinião, estes resultados permitem pressupor que estes alunos desconhecem o funcionamento da bússola em diferentes locais da Terra.

Questão 1.2

1.2- Explica em que te baseaste para responderes à questão anterior.

Resposta Cientificamente Correcta

A agulha magnética orienta-se segundo as linhas de força magnética que no hemisfério Norte, apontam para baixo relativamente ao plano horizontal e por esta razão o pólo norte da agulha apontaria para baixo nos locais B e C. Sobre o Equador, local D, as linhas de força são horizontais e por esta razão a agulha ficaria na horizontal. No hemisfério Sul, apontam para cima relativamente ao plano horizontal e por esta razão o pólo norte da agulha apontaria para cima no local E. Nos pólos, locais A e F, as linhas de força são verticais e a agulha orientar-se-á da mesma maneira.

Hipótese de trabalho:

É provável que haja a ideia de que o pólo norte da agulha magnética se orienta para os Pólos da Terra.

Natureza das categorias de resposta

O critério usado para estabelecer as categorias de resposta foi o local para onde se orienta a agulha magnética.

CR1 – Agulha magnética orientada para o Norte

Nesta categoria, incluem-se respostas que consideram que a agulha é sujeita a forças localizadas no pólo norte ou nos pólos. A maioria dos alunos admite que a agulha magnética se orienta para o pólo norte ou para norte. As afirmações que a seguir se transcrevem constituem exemplos da maioria das respostas apresentadas pelo alunos incluídos nesta CR:

Se a extremidade negra aponta para Norte então à medida que nos viramos para Sul o negro mantém-se para Norte (A.159);

Coloquei-me nessa tal posição e imaginei-me com uma agulha na mão e supus para onde é que a agulha iria apontar, em que direcção para encontrar o Norte (A.107);

Há alunos, como é o caso da resposta referida por A.344 que admitem ter-se baseado...*no facto do campo magnético se encontrar no norte do planeta mas não exactamente no Pólo.* Estes alunos consideram o norte magnético da agulha magnética localizado não exactamente no pólo norte geográfico mas próximo deste.

As afirmações que a seguir se transcrevem assemelham-se, no conteúdo, às respostas

apresentadas por um pequeno subgrupo de alunos que parece admitir que a agulha magnética é influenciada por forças magnéticas localizadas nos pólos da Terra. As respostas que a seguir se transcrevem parecem transmitir esta ideia:

Os pólos originam campos magnéticos...o pólo positivo vai ser atraído pelo pólo negativo (A.123);

Na polaridade dos pólos terrestres (A.366);

No Norte e no Sul (A.77);

As duas respostas transcritas de seguida aproximam-se daquelas apresentadas por outros alunos:

Porque o campo magnético nos pólos é maior que no Equador (A.177);

...nos pólos os campos magnéticos são mais acentuados, por estarem mais perto do centro terrestre (A.117);

estes alunos explicitam que os pólos são locais de elevada intensidade magnética.

A maioria dos alunos cujas respostas foram incluídas nesta CR, consideram a agulha magnética orientada para o Norte. Poder-se-á inferir que, para estes alunos, a agulha magnética é apenas influenciada por forças magnéticas unidireccionais, localizadas no norte.

Apenas uma pequena minoria (cerca de 3%) admite a influência, na orientação da agulha magnética, de forças magnéticas dipolares localizadas nos pólos magnéticos: pólo norte e pólo sul magnético. Os pólos parecem ser considerados locais da Terra de elevada intensidade magnética.

CR2 – Agulha magnética orientada para o centro da Terra

A maioria das respostas incluídas nesta CR são semelhantes às afirmações que a seguir se transcrevem:

...a parte negra da agulha aponta para o centro da Terra (A.221);

...o local onde o magnetismo é maior...(A.397);

Porque é no centro da Terra que o poder de atracção é melhor (A.325);

estas respostas consideram a agulha magnética orientada para o centro da Terra que admitem ser o local de maior intensidade magnética.

Alguns alunos referem o centro da Terra como o local onde se origina o campo magnético terrestre. É o caso por exemplo de A.318:

Baseei-me na origem do campo magnético terrestre, ou seja, o centro da Terra;

Esta é porventura, a razão para estes alunos referirem o centro como o local onde é

maior o magnetismo e conseqüentemente a força de atracção.

Há alunos que admitem o norte magnético localizado no centro da Terra. É o caso do A.197 ao afirmar que:

...Pois se o norte magnético é no centro da Terra então a parte preta da agulha tem de estar direccionada para lá.

Para alguns alunos a selecção foi feita com base na sua justificação à questão A2.2, é o caso, por exemplo de A.236 ao escrever *...Baseei-me na representação por mim escolhida de magnetismo da Terra...* ou de A.387 *Na figura 3 da página 1.* Foram incluídas nesta CR porque se pode inferir, pela análise das respostas às questões A2.1 e 2.2A que para estes alunos as forças magnéticas são forças centrípetas.

Há alunos que parecem confundir campo magnético com campo gravítico porque afirmam:

Baseei-me na lei de atracção gravitacional (A.94);

Julgo que as forças são todas dirigidas para dentro. Um corpo é “puxado” para o centro da Terra – força gravítica... (A.424);

...Equador ser o ponto de maior raio terrestre logo com maior magnetização (A.333);

Em todas as respostas incluídas nesta CR, os alunos consideram a agulha magnética orientada para o centro da Terra, local de maior intensidade magnética. Estes alunos parecem admitir que as forças magnéticas são unidireccionais e localizadas no centro da Terra

CR3 – Agulha magnética orientada para o local pretendido

As respostas incluídas nesta CR consideram a agulha magnética orientada para o local pretendido. A maioria destes alunos parece ter imaginado a agulha magnética sobre a Terra a apontar para o local pretendido. As afirmações que a seguir se transcrevem apontam nesse sentido:

A agulha magnética desloca-se para o local (A.183);

Pela disposição dos pontos (A.329);

...Porque o centro da Terra é o centro da bússola e as respectivas agulhas dão os sítios dos pontos (A.140);

As respostas apresentadas por outros alunos parecem revelar terem comparado a localização dos pontos, representados na figura 5 da questão 1C, com os pontos cardeais e em seguida imaginado a agulha magnética orientada para cada um dos locais

referidos (A, B, C, D ou E). É o caso, por exemplo de A.311 que refere:

Na rosa-dos-ventos.

CR4 – Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas que a investigadora não conseguiu integrar noutras CR. Respostas, como as que a seguir se transcrevem, são exemplos deste tipo de explicação:

Nos meus conhecimentos (A.316);

...Na longitude e latitude (A.324);

A Terra possui campo magnético (A.405);

CR5 – “Não sei”

Incluem-se nesta CR as respostas que declaram “hão sei” ou afirmam desconhecer o assunto.

CR6 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.13 apresenta as percentagens dos alunos cujas respostas foram integradas em cada CR.

Categorias de resposta	%
CR1 - Agulha magnética orientada para o Norte	29
CR2 - Agulha magnética orientada para o centro da Terra	9
CR3 - Orientação da agulha magnética para o local pretendido	17
CR4 – Outras	13
CR4 - “Não sei”	12
CR4 - Não resposta	21

Tabela 4.13: A tabela mostra as CR construídas para a questão C1.2 e as respectivas percentagens.

A análise crítica da tabela revela que:

? A maioria dos alunos incluídos na CR1, cerca de 20%, apenas refere o norte como a zona para onde se orienta a agulha magnética. Este parece ser, para estes alunos, o local onde se situam as forças magnéticas, forças unidireccionais, responsáveis pela orientação da agulha;

? Uma grande percentagem de alunos, cerca de 46%, não foi capaz de responder ou de fundamentar a sua resposta. Poder-se-á inferir que os alunos sentem dificuldade em perceber o mecanismo responsável pelo comportamento da agulha magnética, apesar de terem sido capazes de prever esse comportamento em diferentes locais da Terra;

? Um pequeno grupo de alunos, quase 17%, não referiu qualquer influência da Terra no movimento da agulha magnética. A maioria destes alunos explica que a agulha magnética se orienta em direcção ao local pretendido, ou seja, parecem ter a ideia de que a agulha magnética é atraída ao local pretendido, como ponto de referência o próprio local. Outros admitem que a agulha magnética se orienta de acordo com os pontos cardeais.

A hipótese de trabalho é apoiada por cerca de 10% dos alunos incluídos na CR1, estes alunos admitem que a agulha magnética se orienta para os Pólos .

Questão 1.3

1.3- Na tua opinião, onde se origina o campo magnético terrestre?

Resposta Cientificamente Correcta:

A agulha magnética orienta-se segundo as linhas de força magnética supostamente geradas no núcleo externo da Terra.

Hipótese de trabalho:

É provável que haja a ideia de que o campo magnético terrestre se origina nos Pólos.

Natureza das categorias de resposta:

O critério usado para estabelecer as categorias de resposta foi o local proposto para origem do campo magnético terrestre.

CR1 – Nos Pólos da Terra

Dentre as respostas incluídas nesta CR transcrevem-se as seguintes :

No Norte. (A.233);

Na Groenlândia (A.172);

Estas respostas admitem como local de origem do campo magnético terrestre: o Pólo norte ou os Pólos. A maioria destes alunos refere que o campo magnético se origina no Pólo norte.

Alguns destes alunos apresentam respostas mais precisas, são exemplos deste tipo de explicação as respostas que se transcrevem a seguir:

O campo magnético terrestre origina-se no norte magnético(aproximadamente) (A.400);

Perto do Pólo norte geográfico mas não coincidindo com ele (A.401);

Perto do Pólo norte (A.429);

Para estes alunos o campo magnético origina-se próximo do Pólo norte geográfico. Parece lícito inferir que estes alunos têm a ideia de que o local de origem do campo magnético coincide com o norte magnético.

Um pequeno número de alunos admite que o campo magnético se origina nos Pólos da Terra. É o caso por exemplo de A.4 que refere:

No Pólo norte e Pólo sul.

CR2 – No centro da Terra

Dentre as respostas incluídas nesta CR, transcrevem-se as seguintes:

No núcleo (A.283);

Origina-se no Equador, no centro da Terra. Porque é onde a Terra tem mais força (A.91);

No centro terrestre, daí que a gravidade nos atraía para ele (A.185);

Estes alunos parecem considerar que o campo magnético terrestre se origina no centro da Terra porque é este o local onde a intensidade magnética é mais elevada.

Algumas respostas permitem inferir que os alunos se basearam no seu conceito de campo gravítico. É o caso do aluno A.185.

CR4 – À superfície terrestre

Dentre as respostas incluídas nesta CR transcrevem-se as seguintes:

Interior da crosta terrestre (A.137);

...zona equatorial (A.198);

No Equador (A.139);

Estes alunos parecem considerar que o campo magnético se origina à superfície terrestre: a maioria dos alunos refere o Equador e apenas um aluno referiu a crosta terrestre.

CR5 – Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas que a investigadora não conseguiu integrar noutras CR. Respostas, como as que a seguir se transcreve, são exemplo deste tipo de explicação:

Ou no centro ou nos Pólos... (A.115);

Em toda a Terra (A.22);

Com a translação da Lua na Terra (A.11);

CR6 – “Não sei”

Nesta CR incluem-se as respostas que declararam “não sei “ ou afirmam desconhecer o assunto.

CR7 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.14 apresenta as percentagens dos alunos cujas respostas foram integradas em cada CR.

Categorias de resposta	%
CR1- Nos Pólos da Terra	12
CR2- No centro da Terra	49
CR3- À superfície terrestre	3
CR4- Outras	9
CR5- “Não sei”	9
CR6- Não resposta	18

Tabela 4.14: A tabela mostra as CR construídas para a questão C1.3 e as respectivas percentagens.

A análise crítica da Tabela 4.14 revela que:

? maioria dos alunos (49%) considera o centro da Terra como o local onde se origina o campo magnético terrestre (CR2). Porventura para estes alunos a origem do campo magnético está directamente relacionada com o aumento da intensidade magnética com a profundidade porque alguns alunos referem que a força magnética é maior no centro da Terra;

? maioria dos alunos incluídos na CR1, cerca de 9%, admite que o campo magnético terrestre se origina no Pólo Norte da Terra.

A hipótese de trabalho é apoiada por 3% dos alunos. As suas respostas declaram que o campo magnético terrestre se origina nos Pólos da Terra (CR1).

2.4- Questão do grupo D

Diz se o conhecimento do campo magnético terrestre é importante para conhecer a História da terra. Justifica a tua resposta.

Resposta considerada cientificamente correcta:

O estudo do campo magnético terrestre é muito importante para o conhecimento da História da Terra porque através de investigações do paleomagnetismo e das anomalias magnéticas do fundo oceânico têm sido construídas escalas de tempo geológico e de polaridade geomagnética através das quais se pode, por exemplo, calcular a taxa de expansão do fundo oceânico ao longo do tempo geológico.

Hipótese de trabalho:

Talvez haja a ideia de que o estudo do campo magnético terrestre não contribuiu para o conhecimento da História da Terra.

Natureza das categorias de resposta:

O critério usado para estabelecer as categorias de resposta foi a importância do estudo do campo magnético terrestre para a História da Terra;

CR1 – Relevante para o conhecimento da História da Terra

Respostas, como as que a seguir se transcrevem são exemplos deste tipo de explicação:

...muitas das respostas que são hoje utilizadas não eram viáveis (A.99);

...os campos magnéticos são muito influentes e podem levar a fortes alterações no nosso planeta e também porque o próprio planeta pode ter-se alterado... (A.307);

...a evolução da Terra e qual a influência do campo magnético para essa evolução (A.428);

Estas respostas consideram o estudo do campo magnético terrestre importante para conhecer a História da Terra. A maioria destes alunos não especifica o tipo de alterações, afirma apenas que o campo magnético terrestre provoca alterações na Terra.

Para outros alunos, como é o caso do A.109, o estudo do campo magnético terrestre permite...*identificar os constituintes da Terra e também a maneira como a Terra atrai os elementos*, ou seja, permite conhecer as alterações na constituição da Terra ao longo do tempo geológico.

As respostas que a seguir se transcrevem exemplificam a ideia apresentada por certos alunos:

...é algo que se começou a formar com o “nascimento” da Terra e que constitui um dos poucos testemunhos dos primórdios do planeta Terra...(A.231);

...como este se calhar se origina no núcleo, começou-se a relacionar o conhecimento do campo magnético terrestre com o início da Terra (A.283);

Para estes alunos o estudo do campo permitirá saber mais sobre a origem do planeta Terra.

Alguns alunos admitem que o estudo do campo magnético permite saber mais sobre o movimento dos continentes. As respostas que a seguir se transcrevem parecem transmitir esta ideia:

...através da atracção que se dão as correntes de convecção e é através destas que as placas se mudam... (A.222);

...pode-se saber a evolução da Pangeia (A.289);

Nesta CR incluem-se respostas que consideram que o campo magnético terrestre tem implicações na evolução da Terra e por esta razão o seu estudo permitirá conhecer a História da Terra. De referir que a maioria dos alunos não refere com clareza a razão da sua resposta afirmativa, outros dão respostas mais precisas que permitem inferir que o campo magnético sofre alterações que vão provocar modificações no nosso planeta.

CR2 – Irrelevante para o conhecimento da História da Terra

A maioria dos alunos cujas respostas foram aqui incluídas, respondeu negativamente à questão mas não foi capaz de justificar a sua resposta. Outros alunos dão respostas mais precisas. É o caso das respostas que a seguir se transcrevem:

...ele não se alterou durante o tempo (A.214);

...apenas terá influencia com o que se encontra à superfície terrestre (A.185);

Outros alunos consideram que o estudo do campo magnético não é importante para conhecer a História da Terra porque o campo magnético é constante e por esta razão não permite conhecer as alterações da Terra ao longo dos anos.

Outros referem que o campo magnético terrestre serve apenas para conhecer a nossa orientação. É o caso da resposta que a seguir se transcreve:

O campo magnético dá-nos importantes e vitais direcções agora, na actualidade. Não penso que seja muito importante para conhecer a História do mundo (A.54);

CR3 – Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas que a investigadora não conseguiu integrar noutras CR. É o caso das respostas a seguir transcritas:

...localizar os espaços terrestres onde se origina toda a história (A.122);

...Sim, pois poderíamos saber a sua variação para determinar como na Terra foi e como será o campo magnético terrestre (A.388);

CR4 – “Não sei”

Incluem-se nesta CR as respostas que declaram “não sei” ou afirmam desconhecer o assunto.

CR5 – Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A Tabela 4.15 apresenta as percentagens dos alunos cujas respostas foram integradas em cada CR.

Categorias de resposta	%
CR1 - Relevante para o conhecimento da História da Terra	76
CR2 - Irrelevante para o conhecimento da História da Terra	8
CR3 – Outras	2
CR4 - “Não sei”	15
CR5 - Não resposta	17

Tabela 4.15: A tabela mostra as CR construídas para a questão D1 e as respectivas percentagens.

A análise crítica da tabela revela que:

? a maioria dos alunos admite que o estudo do campo magnético permite o conhecimento da História da Terra (CR1). Alguns destes alunos referem que o campo magnético terrestre é variável e influencia as características do planeta Terra. Por esta razão, o conhecimento das propriedades do campo magnético terrestre permite aumentar os nossos conhecimentos sobre o planeta Terra e conhecer as transformações que nele tiveram lugar;

? Cerca de 8% considera irrelevante o conhecimento do campo magnético terrestre para o estudo da História da Terra. A razão admitida por alguns destes alunos parece estar relacionada com o facto do campo magnético não sofrer alterações ao longo do tempo e outros alunos consideram que o único objectivo do estudo do campo magnético terrestre é facilitar a nossa orientação.

A hipótese de trabalho é apoiada pelas respostas incluídas na CR2 porque estes alunos manifestaram ser irrelevante, para o conhecimento da História da Terra, o estudo do campo magnético terrestre.

3- Discussão dos resultados

A Tabela 4.16 representa as categorias de resposta com maior percentagem, a(s) respectiva(s) hipótese(s) e a questão a que se refere.

Hipóteses de trabalho	Número da questão	Categorias de Resposta	Percentagem de respostas
A agulha magnética aponta para o norte em qualquer local da Terra.	A1.1	Os pontos cardeais.	43%
O campo magnético terrestre seja confundido com o campo gravítico.	A1.2	Agulha magnética com movimento autónomo.	44%
O campo magnético seja considerado, tal como o campo gravítico, monopolar.	A2.2	Forças magnéticas unidireccionadas.	50%
O campo magnético terrestre teve sempre as mesmas características ao longo do tempo geológico, tal como o campo gravítico.	B1.2	Campo magnético terrestre variável.	33%
O magnetismo não é registado nas rochas.	B1.4	Campo magnético do passado conhecido.	43%
É possível pensar que a polaridade do campo magnético é diferente em rochas da mesma idade (rochas A e B). É possível pensar que o registo do campo magnético não está relacionado com o tempo geológico (rochas C e D).	B2.2	A direcção de magnetização da rocha altera-se.	44%
É possível pensar que o campo magnético terrestre apresenta, em qualquer lugar da Terra, sempre a mesma direcção.	B3.2	Diferentes direcções de magnetização.	52%
É provável que haja a ideia de que o pólo norte da agulha se orienta para os pólos da Terra.	C1.2	Agulha magnética orientada para o norte.	29%
É provável que haja a ideia de que o campo magnético terrestre se origina nos Pólos.	C1.3	No centro da Terra.	49%
Talvez haja a ideia de que o estudo do campo magnético terrestre não contribui para o conhecimento da História da Terra.	D1	Relevante para o conhecimento da História da Terra.	76%

Tabela 4.16- Relação entre as categorias de resposta com percentagens mais elevadas, a hipótese de trabalho o respectivo número da questão.

A análise crítica da Tabela 4.16 revela que:

? a categoria de resposta “os pontos cardeais” apesar de ter sido referida por 43% dos alunos não foi identificada como concepção alternativa porque foi utilizada para responder apenas a esta questão. Esta resposta não é coerente com a resposta referida, pela maioria dos alunos, à questão C1.2: “orientação da agulha magnética para o Norte” e foi por isso identificada como ideia errónea.

Para determinar se esta ideia corresponde a uma concepção alternativa é necessário desenvolver estudos subsequentes;

? a maioria dos alunos parece desconhecer a influencia do campo magnético terrestre na orientação da agulha magnética porque afirmam que a agulha magnética tem um movimento autónomo. Contudo, referem que a agulha magnética se orienta em direcção ao norte (resposta à questão C1.2) e sabe como a agulha magnética se orienta em diferentes locais da Terra (Tabela 4.12);

? há categorias de resposta que parecem ter origem numa confusão entre campo magnético e campo gravítico. Esta ideia é manifestada, por exemplo, pela maioria das respostas à questão 2.2 de que as forças magnéticas são unidireccionadas;

? a maioria dos alunos parece acreditar que o campo magnético terrestre se altera e talvez seja esta a razão para afirmarem que o campo magnético do passado é desconhecido. As alterações do campo magnético ao longo do tempo geológico são relacionadas, pela maioria dos alunos, com o dinamismo da Terra;

? parece existir a ideia, na maioria dos alunos, de que a direcção de magnetização das rochas se altera pela acção dos agentes erosivos;

? tal como a comunidade científica, a maioria dos alunos atribui diferentes direcções de magnetização a rochas situadas em locais diferentes;

? a maioria dos alunos admite, tal como a comunidade científica, que o campo magnético terrestre tem origem no centro da Terra;

? os contributos dados pelo campo magnético terrestre para a História da Terra não parecem ter sido aprendidos pelos alunos porque estes, apesar de afirmarem que o estudo do campo magnético terrestre é relevante, não justificam de modo a que se possa deduzir as suas ideias. Para determinar se esta ideia corresponde a uma concepção alternativa é necessário desenvolver estudos subsequentes.

Da análise das categorias de respostas construídas, a partir das ideias contidas nas

respostas do alunos, surgiram as cinco concepções alternativas, referidas na Tabela 4.17 que têm em comum as seguintes características:

- ☞ são partilhadas por um grupo elevado de alunos;
- ☞ repetem-se em diferentes respostas ao longo do questionário, tendo alguns alunos assinalado esse facto como demonstrativo da coerência das suas respostas;
- ☞ são uma síntese das próprias respostas;
- ☞ constituem ideias alternativas às ideias aceites pela comunidade científica.

A Tabela 4.17 relaciona as concepções alternativas identificadas nesta investigação com os sub-temas a que se referem.

Sub-temas Concepções Alternativas	Função e natureza da agulha magnética	Características do campo magnético terrestre	Características do registo do campo magnético nas rochas
A Agulha magnética possui um movimento autónomo.	44% (A1.2)		
A agulha magnética indica o norte.	29% (C1.2)		
As forças magnéticas são monopulares.		36% (A2.2)	
A direcção de magnetização das rochas altera-se com o tempo.			44% (B2.2)
O campo magnético terrestre varia porque a Terra é dinâmica.		33% (B1.2)	

Tabela 4.17: Relação entre as concepções alternativas identificadas, o sub-tema em que elas se incluem e a percentagem de respostas para cada uma das concepções alternativas. O valor dentro do parênteses refere-se ao número da questão a que se refere a concepção alternativa.

Capitulo 5

Propostas para Materiais Curriculares

1- Introdução

No início deste capítulo justificam-se os temas e as actividades propostas, de acordo com o modelo de ensino-aprendizagem seleccionado.

Em seguida faz-se uma breve descrição das actividades, procedimentos e estratégias a desenvolver pelo professor e pelo aluno.

2 - Justificação dos temas e das actividades propostas

É importante consciencializar os alunos de que cada um deve contribuir para a concretização da experiência e que o grupo será avaliado, não pelo tempo que gastou a chegar a determinada conclusão mas como chegou a essa conclusão. As suas estratégias devem estar mobilizadas para compreender a forma como poderão resolver determinado problema, devem aprender a relacionar os conhecimentos, a adquirir atitudes e procedimentos necessários à construção do conhecimento científico.

Porque a aprendizagem da ciência implica não só mudança conceptual mas também mudanças epistemológicas e metodológicas propuseram-se actividades que encorajam o aluno a aplicar as novas ideias e a verificar os resultados da sua aprendizagem (Banet *et al.*, 1997).

Como as actividades visam a modificação das concepções alternativas identificadas, iniciou-se a elaboração das actividades pela definição do conteúdo conceptual que se relacionava com a concepção alternativa e propôs-se uma actividade que permitisse ao aluno aperceber-se das insuficiências e das diferenças da sua explicação relativamente ao conhecimento científico.

A Tabela 5.1 representa a relação entre os conteúdos conceptuais, as concepções alternativas e a respectiva actividade construída.

A cada concepção atribuiu-se mais do que uma actividade experimental porque a aprendizagem não é um processo simples e unidireccional. O conhecimento resulta da construção de elos entre vários conceitos e só quando se alteram esses elos é que se pode reestruturar o conhecimento. Implica avanços e recuos que só poderão ser ultrapassados se o aluno puder utilizar os novos conhecimentos e reflectir sobre a sua aprendizagem.

Concepções alternativas Conteúdos conceptuais	Agulha magnética com movimento autónomo	Agulha magnética orientada para o norte	Forças magnéticas unidireccionadas	A direcção de magnetização da rocha altera-se	O campo magnético terrestre altera-se
Comportamento dos ímanes - Tema A -	5, 4, 6 e 1		2, 3, 4 e 5		
Características do campo magnético terrestre - Tema B -	3	1,2 e 3	3		
Contributos do paleomagnetismo para a Teoria Tectónica das Placas - Tema C -				1, 2, 3, 4, 5 e 6	2, 3, 4, 5 e 6

Tabela 5.1 – Relação entre as actividades experimentais propostas, as concepções alternativas e os conteúdos conceptuais.

De acordo com a complexidade dos conceitos implícitos nos sub-temas abordados, as actividades foram organizadas em três grupos:

? **primeiro grupo** inclui actividades que permitirão ao aluno compreender o comportamento dos ímanes (tema A). Inicia-se por uma actividade que permite aos alunos levantar problemas relacionados com este tema, por exemplo:

? Qual é o local para onde se direcciona a agulha magnética?

? As forças magnéticas são unidireccionais?

? Porque é que a agulha magnética se orienta em direcção ao norte magnético?

? **segundo grupo** (tema B) inclui actividades sobre as características do campo magnético terrestre e o aluno terá de aplicar conhecimentos aprendidos no grupo de actividades anterior. Estas actividades permitirão ao aluno distinguir norte magnético de norte geográfico, aprender o significado de ângulo de declinação e explicar os diferentes valores de declinação magnética para zonas vizinhas da superfície terrestre. A realização destas actividades permite levantar problemas relacionados com este tema, por exemplo:

? Qual a necessidade de ajustar a declinação da agulha magnética?

? **terceiro grupo** inclui actividades que permitirão ao aluno explicitar as suas ideias sobre paleomagnetismo e aplicar os seus (novos) conhecimentos na interpretação do perfil das anomalias magnéticas e na escala de tempo da inversão magnética. Compreenderão as condições necessárias para que o campo magnético terrestre fique registado nas rochas e verificarão que a presença de uma superfície rochosa magnetizada influencia a declinação magnética e a intensidade magnética do local. A realização destas actividades permite levantar problemas relacionados com este tema, por exemplo:

? As rochas podem ser magnetizadas?

? A direcção de magnética do campo magnético terrestre alterou-se ao longo do tempo geológico?

? Quais são os contributos do campo magnético terrestre para a História da Terra?

As actividades devem ser desenvolvidas em grupos de três a quatro elementos para facilitar o diálogo e a discussão de ideias. Se as actividades curriculares decorrerem num ambiente agradável, aberto ao diálogo e ao debate de ideias é possível que todos os alunos, mesmos os mais desinteressados, se sintam motivados para aprender (Nussbaum, 1989).

No final de cada actividade, fase de re-avaliação, é apresentado um questionário que deve ser respondido individualmente para que o aluno não seja influenciado, na sua resposta, pelos colegas de grupo. Após a resolução do questionário, as respostas devem ser analisadas em grupo e propostas novas actividades de acordo com as dúvidas que possam ter surgido. A avaliação deve ser entendida como um instrumento de aprendizagem e uma oportunidade para introduzir correcções no processo de ensino.

A uma avaliação dos aspectos conceptuais é importante associar uma avaliação dos aspectos procedimentais e atitudinais.

3- Breve descrição das actividades, procedimentos e estratégias

Como já referido, as actividades propostas foram baseadas no modelo proposto por Marques (1994) e estão distribuídas por quatro fases: fase de reconhecimento, reflexão, reconstrução e de re-avaliação.

Inicia-se por actividades que permitirão ao aluno explicitar as suas ideias e consciencializar-se dos seus erros, fase de reconhecimento. Na segunda fase, fase de reflexão, pretende-se que o aluno descubra a solução para o(s) problema(s) previamente

proposto(s). Em seguida, na fase de reconstrução, o aluno terá de realizar actividades que o ajudarão a utilizar o novo conhecimento e a integrá-lo na sua estrutura cognitiva. A fase de re-avaliação ocorrerá no final de todas as actividades e implicará a construção de um mapa de conceitos e/ou a resolução de uma ficha de trabalho.

Na Tabela 5.2, 5.3 e 5.4 relacionam-se as estratégias e os procedimentos a desenvolver, para cada um dos temas, em cada uma das fases e as respectivas actividades.

	Fase de Reconhecimento	Fase de Reflexão	Fase de Reconstrução	Fase de Re-avaliação
A C T I V I D A D E S	1- Orientação geográfica 2- Explicação, pelo professor, das instruções da bússola. 3- Actividade experimental: à descoberta dos pólos de um íman. 4- Actividade experimental: noção de campo magnético.	5- Actividade experimental: identificação dos pólos de um íman. 6- Discussão dos resultados e registo das conclusões: comportamento dos ímanes.	7- Construção de uma bússola: a) magnetização de uma agulha; b) orientação do pólo norte da agulha para o pólo sul magnético da Terra;	8- Construção de um mapa de conceitos
O B J E C T I V O S	Motivação, orientação e explicitação de ideias.	Conflito cognitivo: • A agulha magnética é influenciada pelo campo magnético terrestre; • As forças magnéticas são dipolares.	Validade e utilização do seu (novo) conhecimento: ? consolidação das novas ideias; ? avaliação do que aprendeu.	Análise do que se aprendeu.
E S T R A T É G I A S	Saída de campo: bússola, mapa da Escola, folha A (proposta do percurso). Questões abertas e dirigidas. À descoberta dos pólos de um íman: Protocolo experimental. Íman e grãos de limalhas de ferro. Noção de campo magnético: Protocolo experimental. Íman, grãos de limalhas de ferro e folha de papel. Discussão em grupo.	Identificação dos pólos de um íman: Protocolo experimental. Dois ímanes com o pólo norte identificado (pintado) e uma bússola. Questões abertas e dirigidas. Discussão em grupo.	Construção de uma bússola: Protocolo experimental. Íman, agulha, copo de plástico e folha de cartolina. Ficha de trabalho.	Questões abertas e dirigidas. Discussão em grupo. Ficha de trabalho.

Tabela 5.2- Esquema do conjunto de actividades a desenvolver, de acordo com o modelo de

ensino-aprendizagem proposto, para a abordagem do tema: comportamento dos ímanes.

	Fase de Reconhecimento	Fase de Reflexão	Fase de Reconstrução	Fase de Re-avaliação
A C T I V I D A D E S	1- Qual é o ângulo que aparece representado no canto superior esquerdo da carta topográfica? (actividade prática)	2- De que resulta o ângulo de declinação? (actividade experimental)	3- Comparação da declinação magnética em diferentes zonas da Terra (actividade prática).	4- Construção de um mapa de conceitos.
O B J E C T I V O S	Motivação, orientação e exposição de ideias.	Conflito cognitivo: - A agulha magnética orienta-se em direcção ao norte magnético; - A agulha magnética nem sempre está direccionada para o norte magnético.	Validade e utilização do seu (novo) conhecimento: - consolidação das novas ideias; - avaliação do que aprendeu.	Análise do que se aprendeu.
E S T R A T É G I A S	1- Qual é o ângulo que aparece representado no canto superior esquerdo da carta topográfica? Carta topográfica. Questões abertas e dirigidas. Discussão em grupo.	De que resulta o ângulo de declinação? Protocolo experimental. Quatro caixas, quatro ímanes, uma bússola por grupo, caneta de acetato.	Comparação da declinação magnética em diferentes zonas da Terra. Mapa da declinação magnética (figura 3). Ficha de trabalho.	Questões abertas e dirigidas. Discussão em grupo. Ficha de trabalho.

Tabela 5.3- Esquema do conjunto de actividades a desenvolver, de acordo com o modelo de ensino-aprendizagem proposto, para a abordagem do tema: características do campo magnético terrestre.

	Fase de Reconhecimento	Fase de Reflexão	Fase de Reconstrução	Fase de Re-avaliação
A C T I V I D A D E S	1- As rochas podem registar o campo magnético terrestre? 2- Alteração da intensidade magnética na presença de rochas magnetizadas. 3- Registo do campo magnético..	4- Simulação da deriva continental.	5- Quais os fundamentos da hipótese de Vine-MatthewsMorley (VMM)?	6- Construção de um mapa de conceitos.
O B J E C T I V O S	Motivação, orientação e exposição de ideias	Conflito cognitivo: - O campo magnético terrestre pode ficar registado em certas rochas; - É possível conhecer o campo magnético terrestre do passado a partir do estudo da direcção de magnetização das rochas; - A direcção do campo magnético terrestre já foi oposta à actual.	Validade e utilização do seu (novo) conhecimento: - consolidação das novas ideias; - avaliação do que aprendeu.	Análise dos contributos do campo magnético terrestre para a Teoria Tectónica das placas.
E S T R A T É G I A S	1- As rochas podem registar o campo magnético terrestre? Discussão em grupo, perguntas abertas e dirigidas. Protocolo experimental. Dois ímanes, duas caixas de plástico, gelatina, pregos. 2- Rochas com direcção de magnetização inversa à do campo magnético actual. Ficha de trabalho. 3- Registo do campo magnético (explicação pelo professor). Questões abertas e dirigidas.	4- Simulação da deriva continental: Actividade prática. Peças idênticas às representadas na figura 4.	5- Quais os fundamentos da hipótese de Vine-MatthewsMorley (VMM)? Ficha de trabalho individual.	Questões abertas e dirigidas. Discussão em grupo. Ficha de trabalho.

Tabela 5.4- Esquema do conjunto de actividades a desenvolver, de acordo com o modelo de ensino-aprendizagem proposto, para a abordagem do tema: Contributos do paleomagnetismo para a Teoria Tectónica de Placas.

4- Descrição pormenorizada das estratégias, processos e conteúdos a utilizar de acordo com o modelo de ensino-aprendizagem seleccionado.

As actividades estão organizadas de acordo com o modelo de ensino-aprendizagem proposto.

Fase de reconhecimento- Esta fase tem como objectivo fornecer alguma informação ao aluno de modo que este se sinta motivado para aprender.

Nesta fase, e para introduzir o tema, o professor permite ao aluno tomar contacto com a bússola (caso do tema A), observar um mapa topográfico (caso do tema B) ou mostra ao aluno um grupo de rochas das quais algumas são capazes de influenciar a bússola e outras não. Perante este facto propõe explicações, através de perguntas abertas e dirigidas.

A realização destas actividades deve permitir que os alunos levantem alguns problemas relativos ao tema que posteriormente irão estudar.

Esta fase, além de induzir ao levantamento de problemas, tem ainda como objectivo registar as hipóteses dos alunos para a sua resolução de uma forma cuidada e racional.

Esta fase é muito importante porque vai permitir mobilizar a atenção do aluno para a resolução do(s) problema(s) proposto(s).

O interesse do aluno é um dos princípios básicos para a execução das tarefas e para a sua compreensão. Também o ambiente deve ser de confiança para que a realização das actividades se faça sem tensões ou ansiedade e as questões possam surgir sem dar azo à chacota ou ao riso.

A actividade que a seguir se exemplifica permite iniciar a abordagem do primeiro tema: comportamento dos ímanes.

Actividade A1- Orientação geográfica

Nesta actividade, o teu grupo terá de realizar, com a ajuda de uma bússola, o trajecto descrito na folha A (figura 1) e assinalar, no mapa (figura 2), os locais X, Y e Z que identificaste de acordo com as instruções da folha A (figura 1).

Antes de iniciares esta actividade deves ajustar o ângulo de direcção, da agulha magnética, para $N=0^\circ$, apoiar a bússola sobre a carta, na direcção norte, ao longo do eixo N-S da carta e mover a carta e a bússola até que o pólo norte da agulha (extremidade pintada) se situe entre as marcas do N.

Folha A

- 1- Caminha em direcção ao Norte cerca de 30m. Encontrarás uma letra A marcada no chão.
- 2- Marca no mapa a tua localização e representa a direcção do Norte.
- 3- Estás no local A, dirige-te 20m para Este onde encontrarás a letra B marcada no chão.
- 4- Procedes como em 2.
- 5- Move-te 130° para SE e desloca-te 10m. Aqui encontrarás uma letra C marcada no chão.
- 6- Procedes como em 2.
- 7- Estás no local C e queres ir para o ponto de partida, qual a direcção que terias de seguir? Justifica.

Figura 1: Proposta do percurso e actividades a realizar.

- a) compara os resultados obtidos, pelo teu grupo de trabalho, com os resultados dos outros grupos. Que diferenças foram encontradas?
- b) Com base nos registos efectuados pelo teu grupo, que conclusões podes tirar acerca da localização do norte?
- c) Que conclusões podes tirar acerca da orientação fornecida pela bússola?

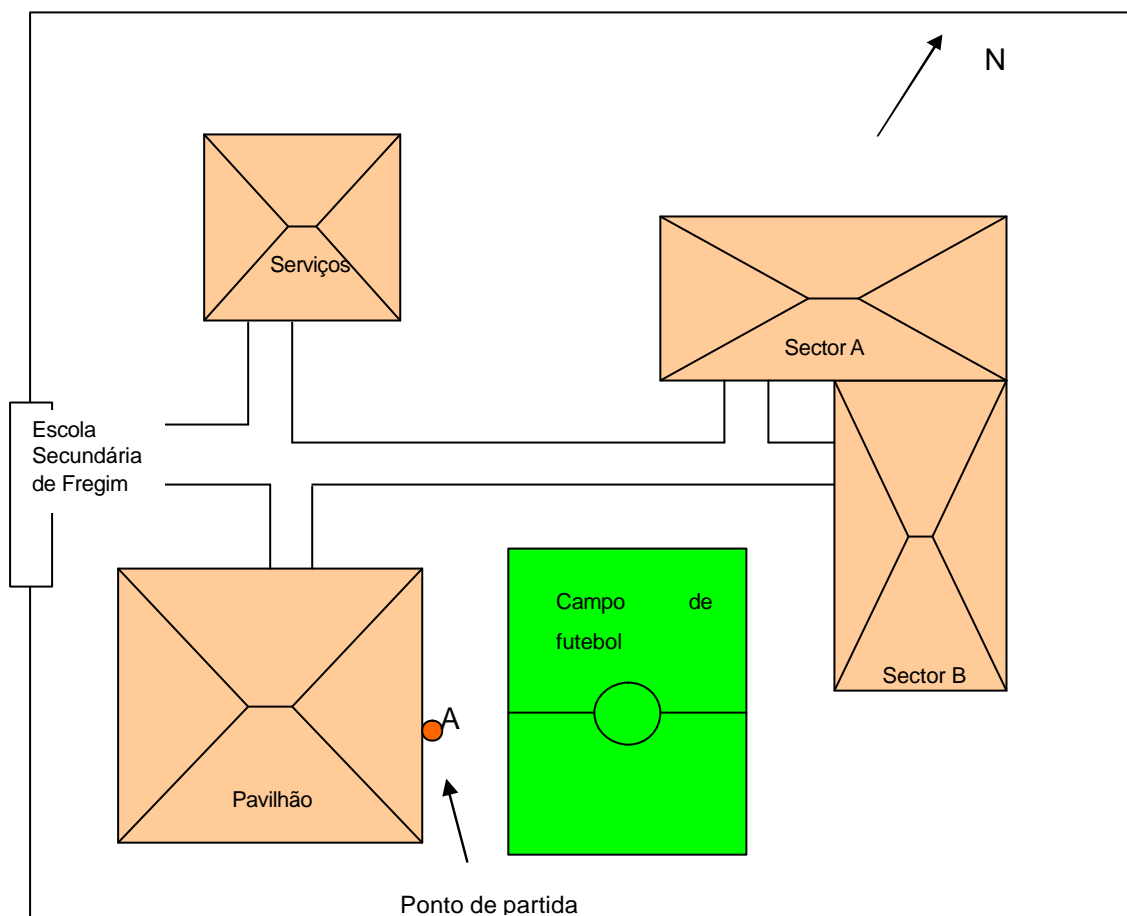


Figura 2: Mapa possível da escola.

Fase de reflexão- Nesta fase sugerem-se propostas de actividades que, além de fornecerem novas informações, promovam o conflito cognitivo, para que os alunos possam questionar as suas concepções iniciais e confrontá-las com os novos conhecimentos. O conjunto das propostas avançadas poderá, também, contribuir para ajudar o aluno a:

- ? assumir atitudes de rigor e flexibilidade face a novas ideias;
- ? admitir a investigação científica como uma via legítima de resolução de problemas;
- ? desenvolver atitudes e valores inerentes ao trabalho individual e cooperativo;
- ? compreender o carácter social e colectivo do desenvolvimento científico.

No início desta fase, com base nas questões já levantadas na fase de reconhecimento, eventualmente com a orientação do professor, devem elaborar os principais problemas que irão estudar durante esta fase.

A actividade que em seguida se explicita foi sugerida para a fase de reflexão sobre o

tema B: características do campo magnético terrestre.

Actividade B2- De que resulta o ângulo de declinação?

A actividade experimental que se descreve em seguida permitirá compreender melhor a necessidade de corrigir a declinação da agulha magnética. Cada uma das quatro caixas possui, no seu interior, um íman. A orientação do íman varia de caixa para caixa. Na tampa de cada caixa está marcada a localização do norte geográfico.

Começa por marcar na bússola a direcção do norte magnético num dos cantos da sala. Coloca a bússola por cima de uma caixa e regista a direcção do norte magnético. Para evitar erros de orientação, resultantes da desmagnetização da agulha, volta ao canto da sala e verifica se a orientação do norte magnético se mantém. Regista as direcções do norte magnético para as caixas restantes. Não te esqueças de verificar se a agulha da bússola continua magnetizada.

- a) Mede, para todas as caixas, o ângulo que o norte geográfico faz com o norte magnético da caixa. Como se designa este ângulo?
- b) Propõe uma hipótese para a existência deste desvio entre o norte geográfico e o norte magnético.
- c) Compara os teus resultados com os dos teus colegas. Há diferenças?
- d) Como poderás fazer para verificar se tens razão?

Fase de reconstrução- Durante esta fase os alunos familiarizaram-se com as capacidades e atitudes características da método científico (Marques, 1994). O questionário, no final de cada actividade, deve ser realizado individualmente para que o aluno possa reflectir sobre o que aprendeu e para que possa reestruturar o conhecimento, em esquemas com uma estrutura própria. Esta actividade é complexa, demorada e exige um esforço individual de mobilização, feito de avanços e recuos, para um pensar científico.

O aluno relaciona os dados que aprendeu e transmite ao professor o seu raciocínio. Desta forma, ao mesmo tempo que o aluno toma consciência do que aprendeu, o professor tenta compreender a estrutura conceptual do aluno.

A actividade que se explicita em seguida foi sugerida para a abordagem do tema C: contributos do paleomagnetismo para a teoria Tectónica das Placas.

Actividade C5- Quais os fundamentos da hipótese de Vine-Matthews-Morley (VMM)?

Durante muito tempo as bandas paralelas e simétricas das anomalias magnéticas foram consideradas uma incógnita. Em 1963 Fred Vine, Drummond Matthews e Lawrence Morley, apoiados na hipótese de Hess e na escala de tempo da inversão da polaridade magnética, sugeriram uma explicação para o perfil obtido no fundo oceânico.

De acordo com estes cientistas a quantidade de lava que é expulsa de um dos lados do rifte é igual à quantidade de lava que é expulsa do outro lado do rifte. Como a lava fica magnetizada na direcção do campo magnético terrestre, se a expulsão ocorrer durante períodos de polaridade normal cria uma anomalia magnética positiva, se a lava for expulsa durante períodos de polaridade inversa cria uma anomalia magnética negativa. Esta explicação constitui a hipótese de Vine-Matthews-Morley (VMM) e permitiu fundamentar a Teoria Tectónica de Placas.

a) Que tipo de explicação darias para a presença de anomalias magnéticas, dispostas em bandas paralelas e simétricas em relação ao rifte?

b) Compara o perfil do lado oeste do rifte Pacífico-Antártico (figura 5) com a escala de tempo da inversão da polaridade magnética (Figura 6):

☞ que tipo de anomalia corresponde a zona a negro?

☞ escala de tempo da inversão da polaridade magnética foi fundamental para a confirmação da hipótese de Vine-Matthews-Morley (VMM). Porquê?

c) Refere os dois fenómenos que interagem na hipótese de VMM e que permitem explicar o perfil das anomalias magnéticas do fundo oceânico.

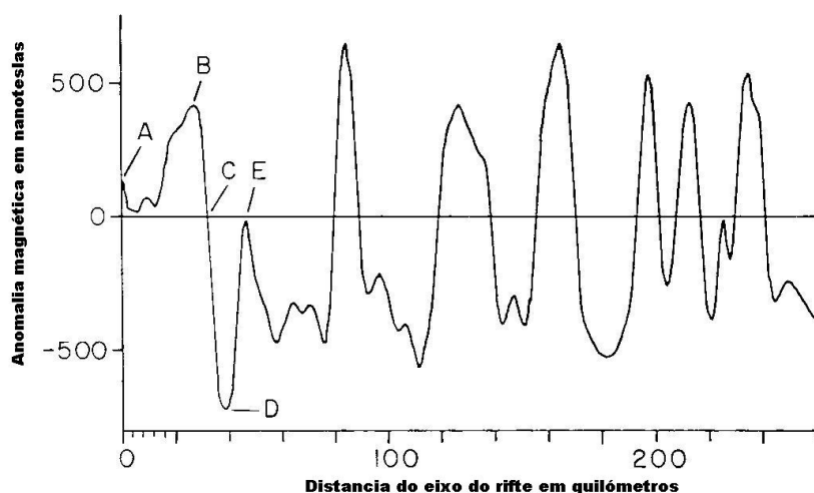


Figura 5: Perfil do lado oeste do rifte Pacífico – Antártico (in Shea 1988).

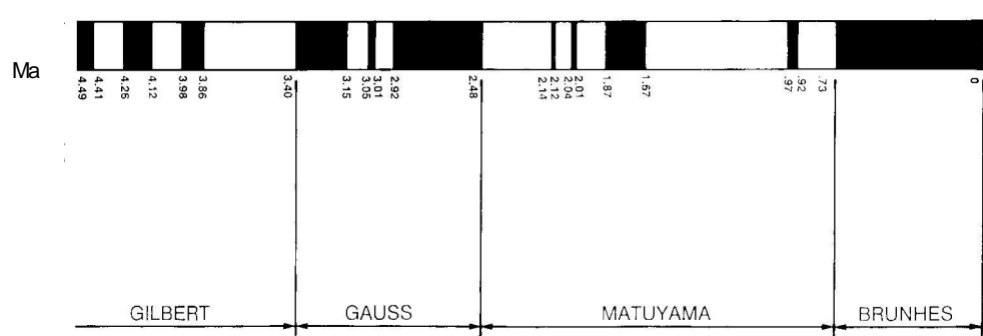


Figura 6: Escala de tempo da inversão da polaridade magnética. (in Shea 1988)

Fase de re-avaliação- Por meio de um mapa de conceitos é pedido ao aluno que estruture, individualmente, todos os conhecimentos que aprendeu e que se relacionam com a(s) questão(ões) problemática(s) levantada(s) para cada um dos sub-temas e já referidas. Posteriormente e em grupo, os alunos deverão confrontar os diferentes mapas de conceitos e discutir quais as diferenças entre eles.

Esta actividade tem como objectivo que o aluno:

- ? avalie a validade das suas novas ideias;
- ? compare as suas ideias actuais com as anteriores;
- ? compreenda o processo utilizado na reestruturação das ideias.

O professor deve lembrar as ideias que os alunos possuíam anteriormente e compará-las com as novas ideias, salientando os aspectos mais relevantes da mudança.

A rede de conceitos representada na figura 1 exemplifica um mapa de conceitos que poderia ser construído no final desta actividade. Nele se faz referência a todos os temas abordados e à forma como se relacionam.

O mapa faz referência:

- ? à influência do campo magnético terrestre e do paleomagnetismo na orientação da agulha magnética;
- ? à possibilidade do campo magnético terrestre sofrer variações que implicam alterações na localização do pólo norte magnético e podem ser identificadas pela direcção de magnetização da rocha;
- ? aos contributos da localização do pólo norte magnético e do perfil das anomalias magnéticas do fundo oceânico para a Teoria Tectónica de Placas.

No Anexo 2, descrevem-se as actividades e estratégias apresentadas anteriormente.

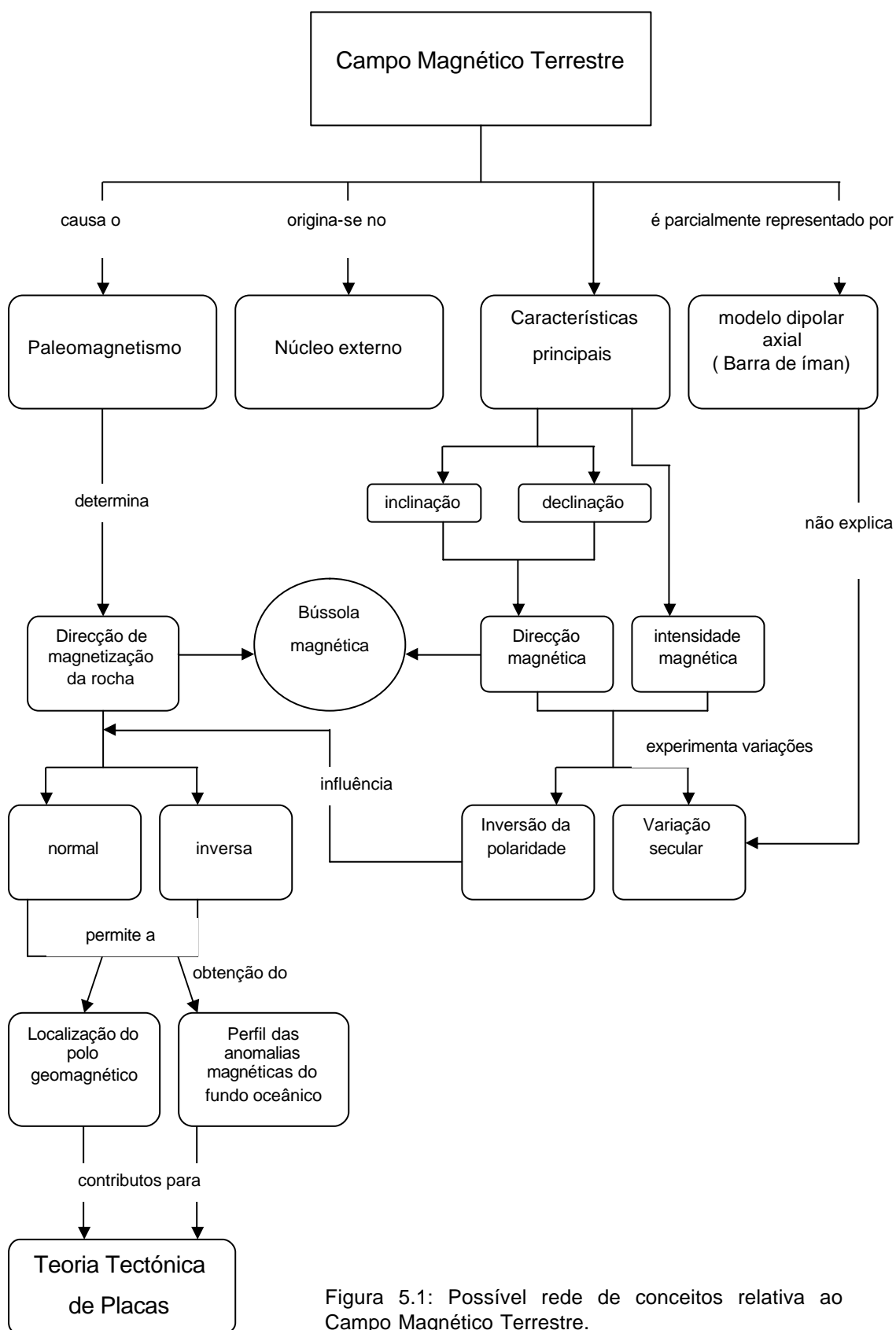


Figura 5.1: Possível rede de conceitos relativa ao Campo Magnético Terrestre.

Capítulo 6

Conclusões e Limitações da Investigação

1- Introdução

Neste capítulo referem-se as conclusões e as limitações da investigação e apresentam-se sugestões de temas a clarificar em futuras investigações.

2 Conclusões da investigação efectuada

Este estudo permitiu identificar ideias dos alunos sobre a origem e registo do campo magnético terrestre e as implicações para a compreensão da Teoria Tectónica de Placas. Os resultados obtidos permitiram analisar as hipóteses iniciais do estudo, verificando-se que os alunos, antes do ensino formal do tema “A Tectónica de placas – um modelo unificador”, já possuem ideias sobre a origem e registo do campo magnético terrestre. Foram consideradas como “concepções alternativas” as representações mentais dos alunos com capacidade explicativa dos fenómenos geológicos em estudo, que poderão ser mobilizadas para resolver várias situações.

Na Tabela 6.1, apresentam-se as concepções alternativas identificadas e as respectivas percentagens.

Concepções alternativas	%
A agulha magnética possui um movimento autónomo	44
As forças magnéticas são monopolares	50
O campo magnético terrestre varia porque a Terra é dinâmica	33
A direcção de magnetização da rocha altera-se com o tempo	44

Tabela 6.1- Concepções alternativas identificadas e respectivas percentagens incidência.

☞ A concepção de que a agulha magnética possui um movimento autónomo revela uma interpretação das características da agulha magnética muito afastada da da comunidade científica. Estes alunos não reconhecem a interacção das forças entre dois corpos magnéticos e por esta razão interpretam o movimento da agulha magnética como um movimento independente, inerente à agulha

magnética.

☞ Existe uma elevada percentagem de alunos que referem as forças magnéticas como forças monopolares, revelando que, para esses alunos, as forças magnéticas são forças de atracção, tal como as forças gravíticas.

☞ A concepção de que o campo magnético terrestre se altera ao longo do tempo parece ser relacionada, pelos alunos, com o facto da Terra ser um planeta dinâmico. Não está muito afastado do aceite pela comunidade científica relacionar o movimento das placas ou os fenómenos de vulcanismo e sismologia com variações locais do magnetismo terrestre, mas estes fenómenos geológicos não podem ser, contudo, relacionados com variações das características do campo magnético terrestre a nível global.

☞ Os alunos não parecem admitir que a direcção de magnetização de uma rocha está relacionada com a direcção do campo magnético terrestre na altura da sua formação.

Ao atribuírem às alterações geológicas a causa de diferentes direcções de magnetização nas rochas, os alunos estão a associar alterações da direcção de magnetização com alterações na massa da rocha. Esta interpretação está de acordo com a ideia, manifestada pela maioria dos alunos, de que as forças magnéticas coincidem com as forças gravíticas. Neste caso, teria sentido referir a massa do corpo, porque as últimas estão relacionadas com esta propriedade.

3- Limitações do estudo

O estudo realizado apresenta algumas limitações, nomeadamente:

☞ O estudo teria ficado mais enriquecido se as sugestões didácticas tivessem sido implementadas na sala de aula por professores do ensino secundário com experiência, quer na leccionação do tema “Tectónica de Placas – um modelo unificador”, quer na adopção de actividades de ensino, promotoras da mudança conceptual nas aulas, para se pronunciarem sobre a sua relevância;

☞ O questionário construído permitiu a concretização de todos os objectivos. No entanto, um dos objectivos propostos - identificar as concepções dos alunos sobre a importância do estudo do campo magnético terrestre para a História da Terra - não foi completamente atingido, porque as respostas dos alunos faziam uma abordagem muito superficial ao problema (questão D.1);

☞ A percentagem de respostas incluídas nas categorias de resposta: “Não sei”, “Não resposta” foi, na maioria dos casos, elevada. Isto sugere que os alunos não

adquiriram conhecimentos suficientes para compreenderem os conceitos relacionados com o tema em estudo. A comprovar este facto estão as respostas dadas pelos alunos, quando admitem a inversão da agulha magnética para locais situados em diferentes hemisférios, mas interpretam as forças magnéticas como forças monopolares, ou demonstram desconhecer a influência do campo magnético terrestre na orientação da agulha magnética.

4- Sugestões

Nesta secção, referem-se algumas sugestões educacionais e avançam-se ideias para futuras investigações, que poderão contribuir para uma melhoria do Ensino das Geociências, mais concretamente do tema “Teoria Tectónica de Placas”.

4.1- Sugestões educacionais

O estudo insere-se no Movimento das Concepções Alternativas, centrando-se sobre a natureza do campo magnético terrestre e o seu respectivo paleoregisto.

As implicações do estudo prendem-se quer com a natureza das concepções identificadas nos alunos, quer com as suas consequências na aprendizagem de conteúdos como, por exemplo, a Teoria Tectónica de Placas.

Como ficou evidenciado pela análise dos resultados obtidos neste estudo (capítulo 4), os alunos possuem, antes do ensino formal do tema: “A Teoria Tectónica de Placas – um modelo unificador”, na disciplina de Ciências da Terra e da Vida, no 12º ano de escolaridade, ideias sobre a origem e registo do campo magnético terrestre, que não são coincidentes com a versão científica.

É indispensável que os professores tenham conhecimento da existência deste cenário, aquando da leccionação do referido tema.

Por outro lado, como a aprendizagem da Ciência implica não só a mudança conceptual mas também modificações metodológicas, consideramos indispensável a elaboração de actividades que permitam ao aluno, por um lado, aperceber-se das insuficiências e das diferenças das suas explicações relativamente ao conhecimento científico e, por outro, contribuir para a definição dos procedimentos adequados à compreensão deste.

As actividades propostas neste estudo (capítulo 5) foram orientadas por esta perspectiva e visam contribuir para facilitar a modificação das concepções alternativas por outras identificadas com a versão científica. Contudo, devem ser utilizadas em função das características dos alunos e numa perspectiva de reflexão permanente acerca dos resultados que vão sendo alcançados.

De notar que o professor deve no início da sua planificação proceder à elaboração de uma rede de conceitos centrada no tema a tratar, a qual lhe fornecerá uma organização conceptual estruturada que sem esquecer os conceitos estruturantes e a sua relação, permitirá interpretar os pontos de vista sugeridos pelos alunos. A referida rede ajudá-lo-á a incluir actividades inicialmente planificadas e supostamente mobilizadoras de mudança conceptual nos alunos, bem como outras que venham a verificar-se relevantes no decurso da implementação da estratégia de Ensino-Aprendizagem.

4.2- Sugestões para futuras investigações

As sugestões para a realização de novas investigações serão desenvolvidas em duas vertentes: impacto da utilização de materiais considerados inovadores no processo de ensino e aprendizagem dos alunos e formação dos professores

Na primeira, há que proceder à preparação de materiais curriculares tendo em consideração, quer as concepções alternativas identificadas, quer as sugestões anteriormente propostas na secção 4.1. É essencial investigar depois qual é o resultado, ao nível da aprendizagem dos alunos, da utilização, em sala de aula, das estratégias de ensino que incluem os documentos previamente assinalados.

A segunda vertente diz respeito à formação de professores pois estes são elementos decisivos em qualquer processo de mudança de estratégias de Ensino das Ciências.

É fundamental pensar em planos de formação de professores, estruturados de acordo com as orientações didácticas actuais, operacionalizá-los, implementá-los e proceder depois à sua avaliação a fim de se poder conhecer o seu verdadeiro impacto.

O cruzamento das informações oriundas das duas vertentes de investigação, contribuirá para uma melhoria de ensino e aprendizagem das Geociências no contexto das suas grandes finalidades.

Bibliografia

- AIKENHEAD, G. (1998). *Procesos of Science*.
<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/procsci.htm> (12-04-2001).
- ALBARELLO, L., DIGNEFFE, F., HIERNAUX, J., MAROY, C., RUQUOY, D. E SAINT-GEORGES, P. (1997). *Práticas e métodos de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa. Gradiva.
- ARCÀ, M., CARAVITA, S. (1993). Le constructivisme ne résout pas tous les problèmes. *Aster*, 16, 77-101.
- ARIZA, R. & POZO, R. (1996). Ciencia, profesores y enseñanza: unas relaciones complejas. *ALAMBIQUE. Didáctica de las ciencias experimentales*, nº8,p.23-32.
- BABBAGE, C. (2000) *History of Magnetics*.
<http://www.ocean.washington.edu/people/grads/mpruis/magnetics/history/hist.html> (00.04.18).
- BAEZ, A. (1993) Curiosity, creativity, competence and compasión – guidelines for science education in the year 2000 in *Challenges and Opportunities for Science Education* The Open University Paul Chapman Publishing Ida, p.278-289.
- BANET, E. ? NÚÑEZ, F. (1997). Teaching and learning about human nutrition: a construtivism approach. *International Journal Science Education*, vol.19, nº10, 1169-1194.
- BAR, V. ; GOLDMUNTZ, D. (1987). *Why things fall*. Jerusalem. Hebrew University Press.
- BARRABÍN, J. (1996). Por qué hay fósiles marinos en las montañas? Algunas concepciones sobre el ciclo y el tiempo geológico. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº8, p.115-123.
- BARTON, C.(2000). *Geomagnetism Frequently Asked Questions about the geomagnetic field*. <http://www.agso.gov.au/geophysics/geomag/information/faq.html> (00.04.18).
- BAZÁN, C. A. & VIDES, M. E. (1996). Evaluacion de preconceptos de Geologia en alumnos ingresantes a la universidad. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (3.3), p.164-168.
- BELL, J. (1997). *Como realizar um Projecto de investigação*. 1ª edição. Lisboa. Gradiva – Publicações.
- BRODY, M. (1994). Student Science Knowledge Related to Ecological Crises. *International Journal of Science Education*, 16(4), p.421-435.
- BYKERK-KAUFFMAN, A. (1989). A hands-on approach to teaching the terrane concept in

historical geology. *Journal of Geological Education*, v.37, p.83-89.

CACHAPUZ, A. (1994). *Ensino das Ciências e Formação de Professores*. Projecto MUTARE, nº3.

CACHAPUZ, A. (1995). O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. *In* : Novas metodologias em Educação. Ed. A Dias de Carvalho (Org.), p.349-385. Porto Editora. Porto

CACHAPUZ, A. (1997). Investigação em Didáctica das Ciências em Portugal: um balanço crítico. *In: Didáctica e Formação de Professores: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal*. São Paulo. Cortez editora.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. & JORGE, M. (2000). Perspectivas de Ensino de Ciências in *Perspectivas de Ensino Textos de Apoio*, nº1 . 1ª Edição Centro de Estudos de Educação em Ciências (CEEC) .Porto

Cadernos Didácticos. Série Ciências. 2ª ed. Universidade de Aveiro.

CAMPBELL, W. (1997). *Introduction to Geomagnetic Fields*. Cambridge University Press.

CARMO, H. ? BOUTIN, G. (1998). *Investigação qualitativa fundamentos e técnicas*. Lisboa. Universidade Aberta.

CARRETERO, M. (1991). *Construtivismo e Educação*. Ed. Artes Médicas. Porto Alegre.

CHI, M.; SLOTTA, J. & NICHOLAS de LEEUW . (1994). From Things To Processes : A theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts.*In Learning and Instruction*, Vol.4, p.27-43.

DeBOER, G.(2000). Scientific Literacy: Another look at its. Historical and contemporary meaning and its relationship to science education reform. *Journal of Research in science teaching*. Vol.37(6). p.582-601.

DRIVER, R. & BEVERLY, B. (1986) Student`s thinking and the learning of science: a constructivism view. *The School Science Review*, p.443-456.

DUNBAR, R. (1995). *The trouble with science*. London: Faber and Faber Limited.

ENGEL CLOUGH & DRIVER, R. (1986). A Study of consistency in the use of student`conceptual framework across different task contexts. *Science Education*, 13(1), p.97-113.

ERICKSON, G. (1979). Children`s conceptions of hearth and temperature. *Science Education*, 63(2), p.221-230.

ERICKSON, G. (1980). Children`s Viewpoints of Heat: A Second Look. *Science Education*, 64(3), p.323-336.

FARIA, M. A. & MARQUES, L. (1994). "A Terra no Sistema Solar" *in Ensino das Ciências e Formação dos Professores*. Projecto MUTARE, Número 3. Universidade de Aveiro.

- FARIA, M.A. (1987). *O Impacto do Ensino Individualizado nas Ideias Intuitivas das Crianças. Um Estudo sobre a Terra, Sol e Lua com crianças do 4º ano de escolaridade*. Tese de Mestrado. Universidade do Minho.
- FENSHAM, P. (1998). Dreams fulfilled and lost: an evolutionary view of science education as a research field. General session presented at NARST *Annual Meeting*, San Diego, C.A.
- FIGUEIREDO, M. T. (1999). *Concepções, sobre Metamorfismo, de Alunos do Ensino Secundário. Contributos para a sua Compreensão e Implicações Educacionais*. Tese de Mestrado da Universidade de Aveiro.
- FIOLHAIS, C. (1991). *Física Divertida Aprender a fazer Ciência*. 1ª edição. Gradiva.
- FURIÓ C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias : dos décadas de investigación – resultados y tendencias. *Alambique*, 7, 7-17.
- GALVÃO, C., FREIRE, A., NEVES, I., PEREIRA, M. (2000) *Ciências Físicas e Naturais Competências essenciais no Ensino Básico*. Ministério da Educação. Departamento da Educação Básica.
- GHIGLIONE, R. e MATALON, B. (1997). *O Inquérito-Teoria e Prática*. Oeiras. Celta Editora.
- GIL PÉREZ, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), p.11-121.
- GILLES, D. (1991). 1967: Un Congrès À Washington. *Les Cahiers De Science & Vie*, nº3, p. 57-73.
- GIORDAN, A. (1995). Los nuevos Modelos de Aprendizaje: ¿Mas Alla del constructivismo? in *Perspectives*, vol.XXV, nº1, marzo. www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/espagnol/info-.../alosterico.htm
- (01.02.25)
- GLATZMAIER, G. (2001). The Geodynamo. <http://es.ucsc.edu/~glatz/geodynamo.html>
- (01.03.01).
- GUBBINS, D. (1998). Interpreting the Paleomagnetic Field in *The Core- Mantle Boundary Region*, vol.28. American Geophysical Union. GURNES, MICHAEL, WYSESSION, MICHAEL, KNITTLE, ELISE & BUFFETT, Editors
- HALLAM, A. (1973). *A Revolution in the Earth Sciences, From Continental Drift to Plate Tectonics*. Clarendon Press. Oxford.
- HAPPS, J. (1982). Classifying rocks and minerals: a conceptual tug-of-war. *New Zealand Science Teacher*, 4, p.20-25.
- HAPPS, J. (1982). Some aspects of student understanding of two New Zealand

Landforms. *New Zealand Science Teacher*, (32), p.4-12.

HAPPS, J. (1984). Soil genesis and development: views held by New Zealand Students. *Journal of Geography*. July-August, p.177-179.

HEVIA, I. (1996). La Geología en las Ciencias de la Naturaleza: un punto de apoyo para un visión científica de conjunto. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (3.3), p.169-175.

HEWSON, P. *et al* (1998). Teaching for conceptual change. In Fraser, B. & Tobin, K. (Eds). *International Handbook of Science Education*. Great Britain: kluwer Academic Publishers, p.199-218.

HEWSON, P. W. (1990). La enseñanza de la fuerza y movimiento como cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), p.157-171.

HOLDEN, R. (1969). *O magnetismo*. Editorial Verbo.

HOST, V. (1991). Les paradigms organisateurs de l'enseignement de la Biologie. *Cahiers Pedagogiques*, 86. Paris :INRP.

<http://www.unige.ch/lapse/SSE/teachers/giordan/LDES/espagnol/info.../allosterico.htm>
(01.02.25).

JACOBS, J. A. (1996). The Earth's Interior. *Teaching Earth Sciences*: vol.21, p.113-16.

JACOBS, J. A.(1992). *Deep Interior of the Earth*. 1ªEdição. CHAPMAN & HALL.

JARDINE, J. (1972). *Physics is fun. Book two*, 2ªedition. Heineman Educational Books, London.

JIMÉNEZ VALLADARES; GARZÓN, A.(1996). Los medios de representación gráfica en la modelización en Ciencias Físicas. El caso del vector fuerza. *ALAMBIQUE Didáctica de las ciencias experimentales*, nº8, p.107-114.

KEAREY, P. & VINE, F. J. (1990). *Global Tectonics*. Blackwell Scientific Publications.

LEATHER, A. (1987). Views of the nature and origin of earthquakes and oil held by eleven to seventeen years olds. *Geology Teaching*, vol. 12, nº3, p.102-108.

LeGRAND, H. (1994). *Drifting Continents and Shifting Theories*. Cambridge University Press.

LESSARD, M., GOYETTE, H. ? BOUTIN, G. (1990). *Investigação Qualitativa fundamentos e técnicas*. Lisboa. Instituto Piaget.

LILLIE, R. (1999). *An Introductory Textbook for Geologists and Geophysicists*. Prentice Hall, New Jersey.

LILLO BEVIÁ, J. (1994). Análisis de errores conceptuales en Geología A partir de las expresiones gráficas de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), p.39-44.

MADDOX, J.(1998). What future for science? – Introductory Essay, in *World Science Report 1998*. Paris: Unesco Publishing – Elsevier, p.13-19.

- MARQUES, L. & THOMPSON, D.(1996). The Alternative ideas and misconceptions of Portuguese students (aged 16-17) In *Geoscience Education and Training*, Ed. LyStow, D.A.V. & Mc Call, G.J.H., p.209-212.
- MARQUES, L. (1994). *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, nº 3- Projecto Mutare. Universidade de Aveiro.
- MARQUES, L. (1994). From Misconceptions to Modified Teaching-Learning Strategies in Earth Sciences in Portuguese Secondary Education. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro.
- MARQUES, L. (1994). From Misconceptions to Modified Teaching-Learning Strategies in Earth Sciences in Portuguese Secondary Education. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro.
- MARQUES, L. (1998). De la distribución de los continentes a la tectónica de placas: concepciones de los alumnos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº18, p.19-29.
- MARTINS, I., VEIGA, M. (1999). *Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspectiva da educação em ciências*. Lisboa: IIE.
- MAYER, V. (2001). *Global Science Literacy*. Kluwer Academic Publisher (Impress).
- McLEAN, S. (2000). *The Geomagnetic Field- Frequently Asked Questions*. <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/potfld/faggeom.shtml> (00.04.18).
- MENESES VILLAGRÁ, J. A. & CABALLEROS SAHELICES, M. C.(1995). Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), p.36-45.
- METZER, E. (1999). A model of sea-floor spreading teacher's guide. <http://www.ucmp.berkeley.edu/fosrec/Metzger3.html> (99.10.04).
- METZGER, E. (1992). The Strategy Column for Pre-College Science Teachers. *Journal of Geological Education*. V.40, p.89-91.
- MILLAR, R. & OSBORNE, J. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: science education for the future*. London: King's College, School of Education.
- MILLAR, R., OSBORNE, J., NOTT, M. (1998). National Curriculum Review – Science Education for the future, *School Science Review*, 80 (291): 19-24.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (1991). Ciências da Terra e da Vida - Biologia e Geologia. Organização curricular e programas. Ensino Secundário.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (1994). Programa de Físico-Química. Ensino Básico – 8º ano.
- NUSSBAUM, J. (1989). Classroom Conceptual Change: philosophical perspectives. *International Science Education*, vol.11, p. 530-540.

- ODENWALD, S. (1997) *How does a magnetic field differ from a gravitational field?* <http://image.gsfc.nasa.gov/poetry/ask/q1058.html> (01.03.01).
- OLIVA MARTÍNEZ, J. M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el Cambio Conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), p.93-107.
- PALMER, A (1991). What should my neighbour (and this every high-school graduate) know about Geosciences? *Journal of Geological Education*, 39, p.142-145.
- PARDAL, L. ? CORREIA, E. (1998). *Métodos e Técnicas de Investigação Social*. Porto Areal Editores.
- PEDRINACI, E. (1993). La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), p.315-323.
- PEDRINACI, E. (1998). Procesos geológicos internos: entre el fijismo y la Tierra como sistema. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº18, p.7-17.
- PEREIRA, D. & VALADARES, J. (1991). *Didáctica da Física e da Química*. Vol.II. Universidade Aberta.
- PINTÓ, R.; ALIBERAS, J. & GÓMEZ, R. (1996). Tres Enfoques de la Investigación sobre Concepciones Alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), p.221-232.
- POZO, J. (1997). La crisis de la educación científica ? volver a lo básico o volver al constructivismo? *ALAMBIQUE. Didáctica de las ciencias experimentales*, nº 14, p.91-104.
- POZO, J. & GÓMEZ, M. A. C. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- POZO, J., SNZ, A., GOMÉZ CRESPO, M. A., LIMÓN, M. Y SANZ, A. (1991). Las Ideas de los Alumnos sobre la Ciencia: una Interpretación desde la Psicología Cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), p.83-94.
- PRAIA, J. & MARQUES, L. (1998). *Didáctica da Geologia e Formação de Professores*.
- PRESS, F. & SIEVER, R. (1998). *Understanding Earth*. 2ª edição. W. H. Freeman and Company, New York.
- QUIVY, R. ? CAMPENHOUDT, E. (1998). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. 2ª edição. Lisboa. Gradiva-Publicações.
- REA, W. (1986). Geological education: an address by W. J. Rea, HMI. *Geology Teaching*. Vol.11(3).p.86-89.
- ROSS, K. & SHUELL, T. (1993). Children's beliefs about earthquakes. *Science Education*. 77(2), p.191-205.
- RUIVO, C. (2000). From the mysteries of magnesia stone to the establishment of a scientific domain. <http://www.fis.uc.pt/museu/misting.htm> (00.11.07).
- RUSSEL, T. ; BELL, D.; LONGDEN, K. & MCGUIGAN, L. (1993). *Rock, soil and weather*.

-
- Science Processes and Concept Exploration Project*. Liverpool. Liverpool University Press.
- SANTOS, M. (1998). *Mudança conceptual na sala de aula – Um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado*. Lisboa. Biblioteca do Educador. Livros Horizonte.
- SCHOON, K. (1992). Student's Alternative Conceptions of Earth and Space. *Journal of Geological Education*, 40, p.209-214.
- SCIENCE FOR ALL AMERICANS (1990). *American Association for the Advancement of Science* (AAAS). New York: Oxford University Press.
- SHEA, H. JAMES. (1988). Understanding Magnetic Anomalies and Their Significance. *Journal of Geological Education*, v.36, p.298-305;
- STEPHANS, J. & KUEHN, C. (1985). What research says: children's conceptions of weather. *Science and children*, 23, p.44-47.
- TAKEUCHI, H.; UYEDA, S. & KANAMORI, H. (1970). *Debate about the Earth, Approach to Geophysics through Analysis of Continental Drift*. Freeman, Cooper & CO. San Francisco.
- VERA, A. G. (1988). Esquemas conceptuales previos de los alumnos en Geología. *Enseñanza de las Ciencias* 6 (3), p.239-246.
- VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and Modeling The Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, Vol.4, p.45-69.
- WATSON, J. (1999). *Magnetic stripes and isotopic clocks*. <http://pubs.usgs.gov/publicatons/text/stripes.html> (99.11.25).
- WOLPERT, L. (1997). In Praise of Science, in *Science Today: Problem or Crisis?* Levinson, R. E Thomas, J. (editors) London: Routledge, p.9-21.
- WYLLIE, P. (1976). *A Terra. Nova Geologia Global*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

Anexos

Anexo 1

Anexo 1.1- Documento apresentado aos juizes para validação do questionário

-A-

1- Uma professora de Ciências Naturais, do sétimo ano de escolaridade, organizou uma saída de campo ao Gerês. A cada grupo de alunos foi distribuído um mapa, com um determinado percurso, lupas, máquina fotográfica, bloco de apontamentos, martelo, canetas de várias cores, lapiseira e uma bússola. Cada grupo deveria, entre outras tarefas, obedecer ao percurso assinalado no mapa. Para realizar esta actividade os alunos só podiam utilizar a bússola e as informações que constavam do mapa.

1.1- Segundo a tua opinião, qual é a informação que a bússola pode fornecer?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

2- As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam diversas representações do magnetismo da Terra.

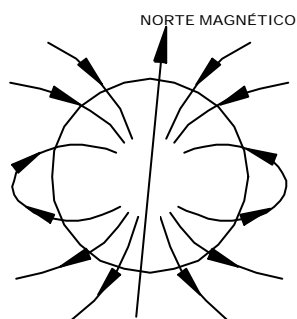


Fig. 1

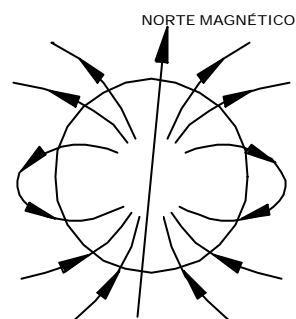


Fig. 2

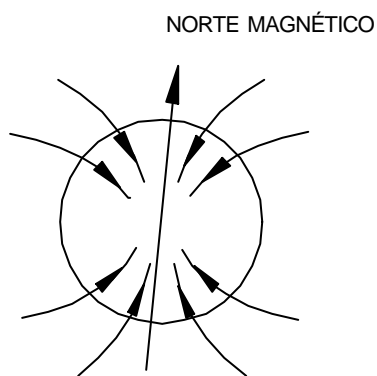


Fig. 3

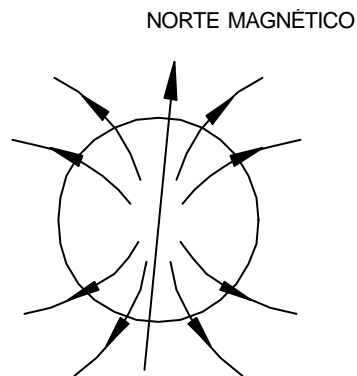


Fig. 4

2.1- Selecciona a que, na tua opinião, melhor corresponde à realidade.

2.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

Resposta considerada cientificamente correcta:

1.1- A agulha magnética apontaria sempre a mesma direcção, o norte magnético, permitindo aos alunos orientar-se no local e com o apoio do mapa.

1.2- A agulha magnética orienta-se segundo as linhas de força do campo magnético terrestre.

2.1- Corresponde à figura 1.

2.2- A Fig. 1 é a que corresponde às direcções das linhas de força magnética, tal como os satélites artificiais detectam no espaço à volta da Terra e à superfície da própria Terra. Essas linhas de força são comparáveis às existentes num campo magnético em torno de um dipolo magnético, tal como se pode facilmente observar com a conhecida experiência da orientação da limalha de ferro em volta de um “ímã”.

Objectivo da questão:

1.2- Identificar os conceitos dos alunos sobre o factor responsável pelo comportamento dos materiais magnetizados.

2.2- Identificar as ideias dos alunos sobre a distribuição e sentido das linhas de força magnéticas terrestres.

Hipótese de trabalho:

1.2- É provável que o campo magnético terrestre seja confundido com o campo gravítico.

2.2- Talvez o campo magnético seja, tal como o campo gravítico, considerado monopolar.

-B-

1- Uma grande controvérsia tem sido gerada à volta do comportamento que a agulha da bússola teria no passado. Para alguns cientistas se, há dois milhões de anos atrás, fosse possível utilizar uma bússola, esta apontaria para o sul e não para o norte como actualmente. Esta afirmação é apoiada em dados que, segundo outros cientistas, foram mal interpretados. Para estes, a agulha da bússola teria e terá em qualquer período de tempo geológico sempre o mesmo comportamento.

1.1- Segundo a tua opinião, qual é o grupo de cientistas que estará mais próximo da realidade?

- 1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.
- 1.3- Na tua opinião é possível conhecer o campo magnético terrestre do passado?
- 1.4- Justifica a tua resposta à questão anterior.

Resposta considerada cientificamente correcta:

- 1.1- O primeiro grupo de cientistas.
- 1.2- Ao longo do tempo geológico têm ocorrido inversões da polaridade do campo magnético terrestre.
- 1.3- É possível conhecer o campo magnético terrestre do passado.
- 1.4- O estudo do registo magnético das rochas que se magnetizaram, no passado, permite conhecer o campo magnético terrestre.

Objectivo da questão:

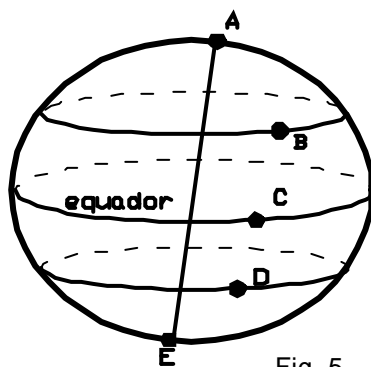
- 1.2- Identificar as concepções dos alunos sobre as características do campo magnético terrestre ao longo do tempo.
- 1.4- Identificar as ideias dos alunos sobre a possibilidade de conhecer o campo magnético terrestre do passado.

Hipótese de trabalho:

- 1.2- É provável que seja dominante a ideia de que o campo magnético terrestre teve sempre as mesmas características ao longo do tempo, tal como o campo gravítico.
- 1.4- É possível pensar que o magnetismo não fica registado nas rochas.

-C-

- 2- A Fig. 5 representa o globo terrestre e nela estão assinalados cinco locais (A, B, C, D e E).



1.2- Na tua opinião, qual seria a posição que a agulha magnética teria em cada um dos locais indicados na Fig. 5. Preenche o quadro I com a(s) figura(s) da Fig. 6 (Fig. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 ou 6.8) que melhor representa(m) a posição da agulha magnética em cada um dos locais representados.

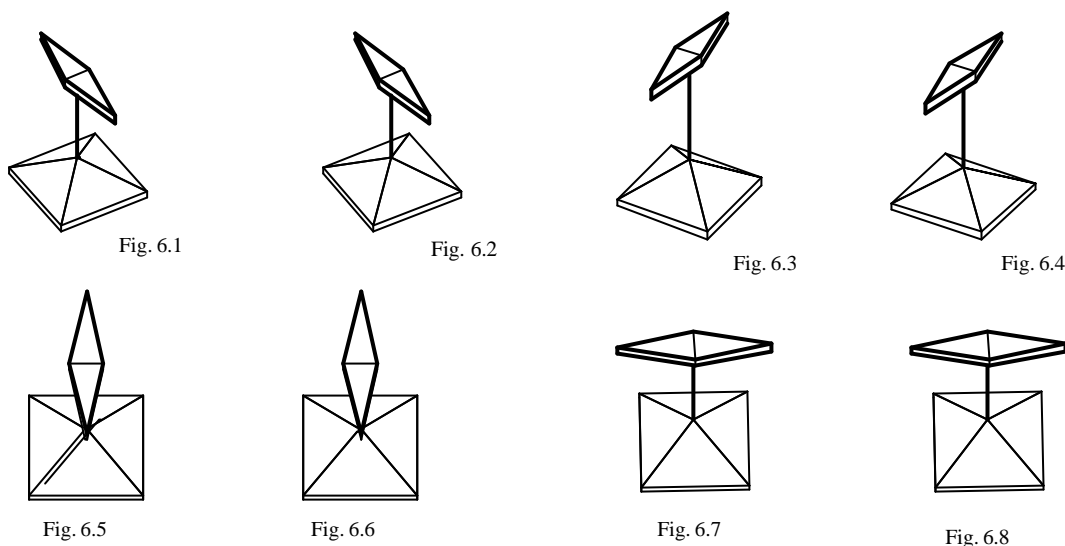


Fig. 6

Quadro I

LOCAL	A	B	C	D	E
FIGURA(S)					

1.2- Explica em que te baseaste para responderes à questão anterior.

1.3- Na tua opinião, quais são as condições que permitem a existência do campo magnético terrestre?

Resposta considerada cientificamente correcta:

1.1-

LOCAL	A	B	C	D	E
FIGURA(S)	6.6	6.2 ou 6.4	6.7 ou 6.8	6.1 ou 6.3	6.5

- 1.2- A agulha magnética orienta-se segundo as linhas de força magnética geradas no núcleo externo da Terra. Estas linhas de força, no hemisfério Norte, apontam para baixo relativamente ao plano horizontal e por esta razão o pólo norte da agulha apontaria para baixo nos locais B e C. Sobre o Equador, local D, as linhas de força são horizontais e por esta razão a agulha ficaria na horizontal. No hemisfério Sul, apontam para cima relativamente ao plano horizontal e por esta razão o pólo norte da agulha apontaria para cima no local E. Nos pólos, locais A e F, as linhas de força são verticais e a agulha orientar-se-á da mesma maneira.
- 1.3- O núcleo da Terra é rico em metais (ferro e níquel) que se encontram em estado de fusão na camada externa do núcleo e animado de movimento convectivo, gerando-se correntes eléctricas e um campo magnético. A interacção das correntes eléctricas e da rotação mecânica do fluido gera um campo magnético auto-sustentável.

Objectivo da questão:

- 1.2- Identificar as concepções dos alunos sobre o local onde se forma o campo magnético terrestre.
- 1.3- Identificar as concepções dos alunos sobre as condições existentes na Terra que permitem a criação de um campo magnético.

Hipótese de trabalho:

- 1.2- É provável que haja a ideia de que o campo magnético terrestre se origina nos Pólos.
- 1.3- É provável pensar que o campo magnético terrestre se gera a partir de um íman gigantesco localizado no interior da Terra.

-D-

- 1- Antes de partir, para uma excursão ao Equador, o Sr. Neves dirigiu-se a uma loja para comprar uma bússola. O empregado da loja disse-lhe que tinha dois tipos de bússolas: uma bússola com uma agulha muito sensível e uma bússola com uma agulha pouco sensível. A primeira bússola era muito mais cara que a segunda.
- 1.1- Qual a tua opinião acerca da bússola que o Sr. Neves deveria comprar.

1.2- Justifica a tua resposta.

Resposta considerada cientificamente correcta:

1.1- O Sr. Neves deveria comprar a bússola com a agulha mais sensível.

1.2- Como no Equador a intensidade do campo magnético terrestre é mínima, o Sr. Neves deveria utilizar a bússola com uma agulha magnética mais sensível.

Objectivo da questão:

Identificar as concepções dos alunos sobre a intensidade do campo magnético terrestre.

Hipótese de trabalho:

Talvez haja o conceito de que a intensidade do campo magnético terrestre é a mesma em qualquer local da Terra.

-E-

1- Durante uma aula de campo recolheram-se, no mesmo local, quatro amostras de rochas cuja posição relativa foi marcada, em cada rocha, antes de terem sido retiradas do local. Com estas quatro amostras fizeram-se dois grupos: duas rochas (rochas A e B) eram da mesma idade e as outras duas (rochas C e D) eram de idades diferentes; as duas primeiras rochas originaram-se há 120 Ma, a rocha C originou-se há 60 Ma atrás e a rocha D originou-se na actualidade. Todas elas influenciavam a orientação de uma agulha magnética.

1.1- Supondo que as rochas estavam dispostas, na tua mesa de trabalho, com a mesma orientação que tinham quando foram recolhidas. Indica se o comportamento da agulha será o mesmo entre as rochas:

1.1.1- A e B.

1.1.2- C e D.

1.2- Justifica a tua resposta à:

1.2.1- questão 1.1.1.

1.2.2- questão 1.1.2.

Resposta considerada cientificamente correcta:

1.1-1.1.1- As rochas A e B apresentam a mesma direcção de magnetização.

- 1.1.2- As rochas C e D podem apresentar a mesma direcção de magnetização ou direcções inversas.
- 1.2-1.2.1- A direcção de magnetização da rocha A é igual à da rocha B porque são da mesma idade e por isso foram influenciadas pelo mesmo campo magnético.
- 1.2.2- Como houve tempos em que a polaridade do campo foi a inversa da actual e como estas rochas não têm a mesma idade, as rochas C e D podem apresentar diferentes direcções de magnetização se uma delas se tiver formado na época em que ocorreu inversão da polaridade do campo magnético terrestre.

Objectivo da questão:

1.2- Identificar as ideias dos alunos sobre a polaridade do campo magnético nas rochas da mesma idade (1.1.1). Identificar as ideias dos alunos sobre a relação existente entre a direcção de magnetização da rocha e o tempo geológico.(1.2.1).

Hipótese de trabalho:

1.2- É possível pensar que a polaridade do campo magnético é diferente em rochas da mesma idade (1.1.1). É possível pensar que o registo do campo magnético não está relacionado com o tempo geológico. (1.2.1).

Anexo 1.2- Questionário do primeiro estudo piloto

-A-

1- Uma professora de Ciências Naturais, do sétimo ano de escolaridade, organizou uma saída de campo ao Gerês. Cada grupo de alunos deveria, entre outras tarefas, obedecer ao percurso assinalado no mapa e para realizar esta tarefa só podiam utilizar a bússola e as informações que constavam do mapa.

1.1- Segundo a tua opinião, qual é a informação que a bússola pode fornecer?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

2- As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam diversas representações que pretendem representar o magnetismo da Terra.

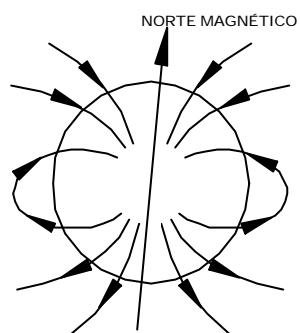


Fig. 1

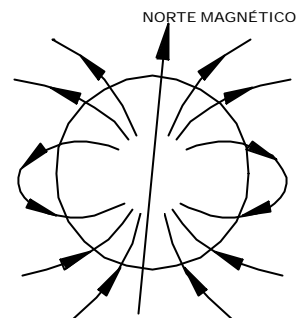


Fig. 2

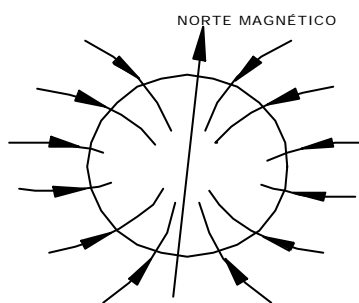


Fig. 3

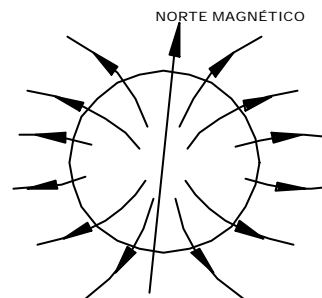


Fig.4

2.1- Selecciona a que, na tua opinião, melhor corresponde à realidade.

2.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

-B-

1- Há várias décadas atrás gerou-se uma grande controvérsia à volta do comportamento que a agulha da bússola teria no passado. Para um grupo de cientistas se, há dois milhões de anos atrás, fosse possível utilizar uma bússola, esta apontaria para o sul e não para o norte como actualmente. Esta afirmação era apoiada em dados que, segundo outro grupo de cientistas, teriam sido mal interpretados. Para este último grupo, a agulha da bússola teria em qualquer período do tempo geológico sempre o mesmo comportamento.

1.1- Segundo a tua opinião, qual é o grupo de cientistas que estará mais próximo da realidade?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

1.3- Na tua opinião é possível conhecer o campo magnético terrestre do passado?

1.4- Justifica a tua resposta à questão anterior.

2- Durante uma aula de campo recolheram-se, no mesmo local, quatro amostras de rochas cuja posição relativa foi marcada, em cada rocha, antes de terem sido retiradas do local. Com estas quatro amostras fizeram-se dois grupos: duas rochas (rochas A e B) eram da mesma idade e as outras duas (rochas C e D) eram de idades diferentes; as duas primeiras rochas originaram-se há 120 Ma atrás, a rocha C originou-se há 60 Ma atrás e a rocha D originou-se na actualidade. Todas elas influenciavam a orientação de uma agulha magnética.

2.1- Supondo que as rochas estavam dispostas, na tua mesa de trabalho, com a mesma orientação que tinham quando foram recolhidas. Indica se o comportamento da agulha será o mesmo entre as rochas:

2.1.1- A e B.

2.1.2- C e D.

2.2- Justifica a tua resposta à

2.2.1- questão 2.1.1.

2.1.2- questão 2.1.2.

3- Duas rochas, X e Y, da mesma idade e capazes de influenciar a orientação de uma agulha magnética, estão localizadas a diferente latitude e longitude.

3.1- Segundo a tua opinião, as direcções de magnetização destas rochas serão iguais ou diferentes.

3.2- Justifica a tua opinião.

-C-

1- A Fig. 5 representa o globo terrestre e nela estão assinalados cinco locais (A, B, C, D e E).

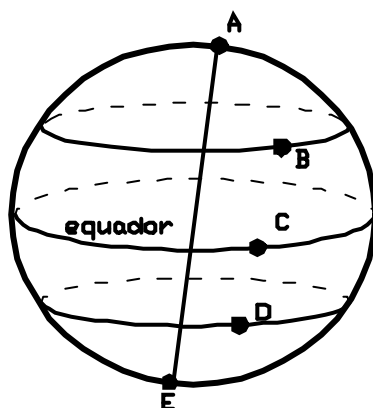


Fig. 5

1.1- Na tua opinião, qual seria a posição que a agulha magnética teria, para um observador à superfície, em cada um dos locais indicados na Fig. 5. Preenche o quadro I com a(s) figura(s) da Fig. 6 (Fig. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 ou 6.8) que melhor representa(m) a posição da agulha magnética em cada um dos locais representados.

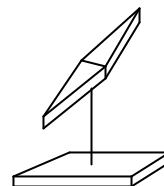
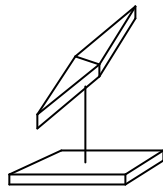
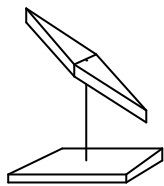
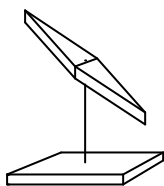


Fig. 6.1	Fig. 6.2	Fig. 6.3	Fig. 6.4
----------	----------	----------	----------

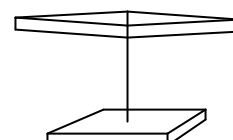
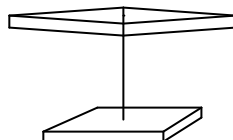
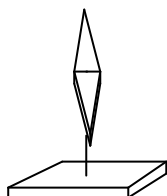
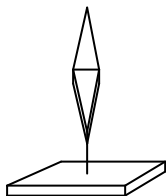


Fig. 6.5	Fig. 6.6	Fig. 6.7	Fig. 6.8
----------	----------	----------	----------

Fig.6
Quadro 1

LOCAL	A	B	C	D	E
FIGURA(S)					

1.2- Explica em que te baseaste para responderes à questão anterior.

1.3- Na tua opinião, onde se origina o campo magnético terrestre?

-D-

1- Dá a tua opinião sobre o grau de importância do estudo do campo magnético terrestre para a compreensão da História da Terra. Justifica a tua resposta.

Anexo 1.3- Questionário do segundo estudo piloto

-A-

1- Uma professora de Ciências Naturais, do sétimo ano de escolaridade, organizou uma saída de campo ao Gerês. Cada grupo de alunos deveria, entre outras tarefas, obedecer ao percurso assinalado no mapa e para realizar esta tarefa só podiam utilizar a bússola e as informações que constavam do mapa.

1.1- Segundo a tua opinião, qual é a informação que a bússola pode fornecer?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

2- As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam diversas representações que pretendem representar o magnetismo da Terra.

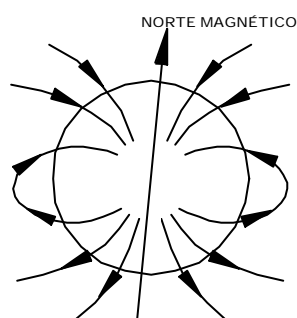


Fig. 1

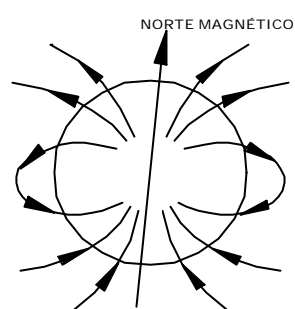


Fig. 2

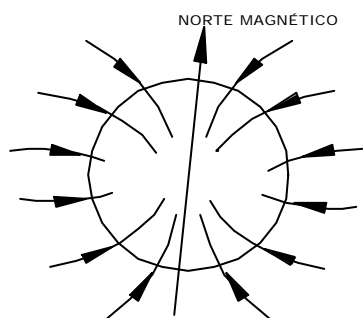


Fig. 3

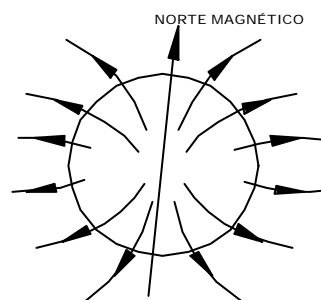


Fig.4

2.1- Selecciona a que, na tua opinião, melhor corresponde à realidade.

2.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

-B-

1- “ Se tivesse sido possível usar a agulha magnética no passado, por exemplo há dois milhões de anos, o seu comportamento era igual ao que hoje apresenta”, esta ideia gerou, há várias décadas atrás, grande discussão entre dois grupos de cientistas: uns concordavam outros não.

1.1- Qual é o grupo de cientistas que tu apoias?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

1.3- Diz-nos se na tua opinião é ou não possível conhecer o campo magnético terrestre que existiu no passado?

1.4- Justifica a tua resposta à questão anterior.

2- Durante uma aula de campo recolheram-se, no mesmo local, quatro amostras de rochas cuja posição relativa foi marcada, em cada rocha, antes de terem sido retiradas do local. Com estas quatro amostras fizeram-se dois grupos: duas rochas (rochas A e B) eram da mesma idade e as outras duas (rochas C e D) eram de idades diferentes; as duas primeiras rochas originaram-se há 120 Ma atrás, a rocha C originou-se há 60 Ma atrás e a rocha D originou-se na actualidade. Todas elas tinham composição mineralógica idêntica e influenciavam a orientação de uma agulha magnética.

2.1- Supondo que as rochas estavam dispostas, na tua mesa de trabalho, com a mesma orientação que tinham quando foram recolhidas. Indica se o comportamento da agulha será o mesmo nas rochas:

2.1.1- A e B.

2.1.2- C e D.

2.2- Justifica a tua resposta à

2.2.1- questão 2.1.1.

2.1.2- questão 2.1.2.

3- Duas rochas, X e Y, da mesma idade, com composição mineralógica idêntica e capazes de influenciar a orientação de uma agulha magnética, estão localizadas a diferente latitude e longitude.

3.1- Segundo a tua opinião, as direcções de magnetização destas rochas serão iguais ou diferentes.

3.2- Justifica a tua opinião.

-C-

1- A Fig. 5 representa o globo terrestre e nela estão assinalados cinco locais (A, B, C, D e E).

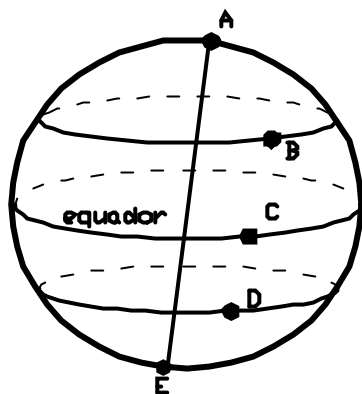


Fig. 5

1.1- Na tua opinião, qual seria a posição que a agulha magnética teria, para um observador à superfície, em cada um dos locais indicados na Fig. 5. Preenche o quadro I com a(s) figura(s) da Fig. 6 (Fig. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 ou 6.8) que melhor representa(m) a posição da agulha magnética em cada um dos locais representados.

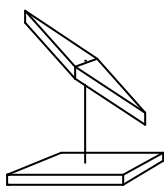


Fig. 6.1

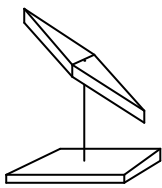


Fig. 6.2

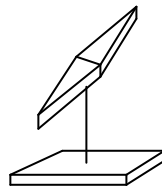


Fig. 6.3

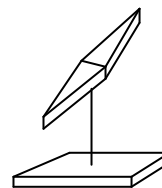


Fig. 6.4

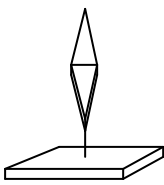


Fig. 6.5

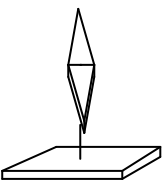


Fig. 6.6

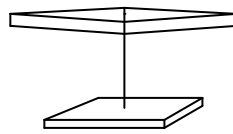


Fig. 6.7

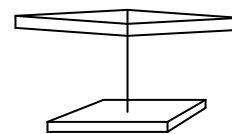


Fig. 6.8

Fig.6

Quadro 1

LOCAL	A	B	C	D	E
FIGURA(S)					

1.2- Explica em que te baseaste para responderes à questão anterior.

1.3- Na tua opinião, onde se origina o campo magnético terrestre?

-D-

1- Diz se o conhecimento do campo magnético terrestre é importante para conhecer a História da Terra. Justifica a tua resposta.

Anexo 1.4- Questionário do estudo principal

-A-

1- Uma professora de Ciências Naturais, do sétimo ano de escolaridade, organizou uma saída de campo ao Gerês. Cada grupo de alunos deveria, entre outras tarefas, obedecer ao percurso assinalado no mapa e para realizar esta tarefa só podiam utilizar a bússola e as informações que constavam do mapa.

1.1- Segundo a tua opinião, qual é a informação que a bússola pode fornecer?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

2- As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam diversas representações que pretendem representar o magnetismo da Terra.

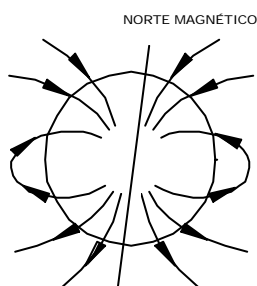


Fig. 1

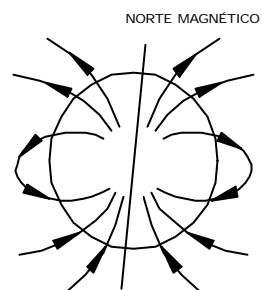


Fig. 2

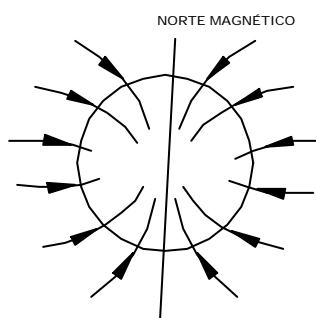


Fig. 3

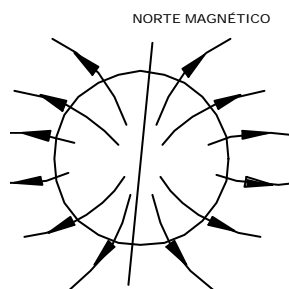


Fig.4

2.1- Selecciona a que, na tua opinião, melhor corresponde à realidade.

2.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

-B-

1- “ Se tivesse sido possível usar a agulha magnética no passado, por exemplo há dois milhões de anos, o seu comportamento era igual ao que hoje apresenta”, esta ideia gerou, há várias décadas atrás, grande discussão entre dois grupos de cientistas: uns concordavam outros não.

1.1- Qual é o grupo de cientistas que tu apoias?

1.2- Justifica a tua resposta à questão anterior.

1.3- Diz-nos se, na tua opinião, é possível ou não conhecer o campo magnético terrestre do passado?

1.4- Justifica a tua resposta à questão anterior.

2- Encontraram-se no mesmo local quatro amostras de rochas (A, B, C e D) com a mesma composição mineralógica e capazes de influenciar a orientação de uma agulha magnética. Estas rochas não apresentavam todas a mesma idade. As rochas A e B originaram-se há 120Ma atrás, a rocha C originou-se há 60 Ma atrás e a rocha D originou-se na actualidade.

2.1- Segundo a tua opinião, as direcções de magnetização destas rochas serão iguais ou diferentes.

2.2- Justifica a tua resposta à

2.2.1- questão 2.1.1.

2.1.2- questão 2.1.2.

3- Duas rochas, X e Y, da mesma idade, com composição mineralógica idêntica e capazes de influenciar a orientação de uma agulha magnética, estão localizadas a diferente latitude e longitude.

3.1- Segundo a tua opinião, as direcções de magnetização destas rochas serão iguais ou diferentes.

3.2- Justifica a tua opinião.

-C-

1- A Fig. 5 representa o globo terrestre e nela estão assinalados cinco locais (A, B, C, D e E).

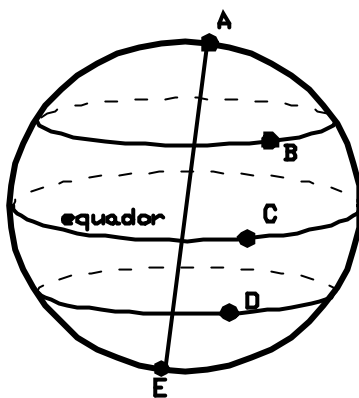


Fig. 5

1.1- Na tua opinião, qual seria a posição que a agulha magnética teria em cada um dos locais indicados na Fig. 5. Preenche o quadro I com a(s) figura(s) da Fig. 6 (Fig. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 ou 6.8) que melhor representa(m) a posição da agulha magnética em cada um dos locais representados.

Nota: a extremidade negra da agulha é a que se orienta para o norte magnético.

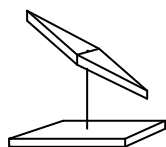


Fig. 6.1

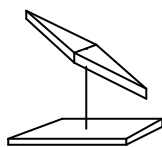


Fig. 6.2

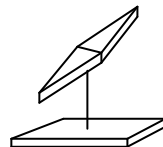


Fig. 6.3

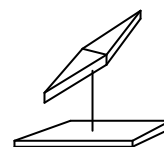


Fig. 6.4

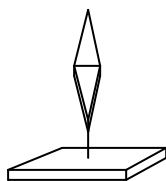


Fig. 6.5

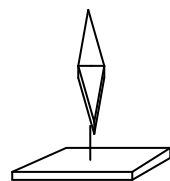


Fig. 6.6

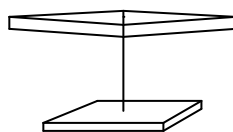


Fig. 6.7

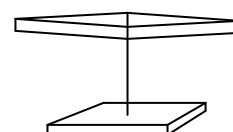


Fig. 6.8

Fig.6

Quadro 1

<i>LOCAL</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
<i>FIGURA(S)</i>					

1.2- Explica em que te baseaste para responderes à questão anterior.

1.3- Na tua opinião, onde se origina o campo magnético terrestre?

-D-

1- Diz se o conhecimento do campo magnético terrestre é importante para conhecer a História da Terra. Justifica a tua resposta.

Anexo 2

Sugestão de actividades de acordo com o modelo de ensino–aprendizagem seleccionado.

Tema A: Comportamento dos ímanes

As actividades que a seguir se propõem, pretendem ajudar os alunos a responder a um problema que pode ser formulado na fase de reconhecimento ou na fase de reflexão:

- Qual é o local para onde se direcciona a agulha magnética?
- As forças magnéticas são unidireccionais?
- Porque é que a agulha magnética se orienta em direcção ao norte magnético?

I- Actividades de reconhecimento

Actividade A1- Orientação geográfica

Nesta actividade, o teu grupo terá de realizar, com a ajuda de uma bússola, o trajecto descrito na folha A (figura 1) e assinalar, no mapa (figura 2), os locais X, Y e Z que identificaste de acordo com as instruções da folha A (figura 1).

Antes de iniciares esta actividade deves ajustar o ângulo de direcção da agulha magnética para $N=0^\circ$, apoiar a bússola sobre a carta, na direcção norte ao longo do eixo N-S da carta e mover a carta e a bússola até que o pólo norte da agulha (extremidade pintada) se situe entre as marcas do N.

Folha A
1- Caminha em direcção ao Norte cerca de 30m. Encontrarás uma letra A marcada no chão.
2- Marca no mapa a tua localização e representa a direcção do Norte.
3- Estás no local A, dirige-te 20m para Este onde encontrarás a letra B marcada no chão.
4- Procede como em 2.
5- Move-te 130° para SE e desloca-te 10m. Aqui encontrarás uma letra C marcada no chão.
6- Procede como em 2.
7- Estás no local C e queres ir para o ponto de partida, qual a direcção que terias de seguir? Justifica.

Figura 1: Proposta do percurso e actividades a realizar.

a) compara os resultados obtidos, pelo teu grupo de trabalho, com os resultados dos outros grupos. Que diferenças foram encontradas?

- b) Com base nos registos efectuados pelo teu grupo, que conclusões podes tirar acerca da localização do norte?
- c) Que conclusões podes tirar acerca da orientação fornecida pela bússola?

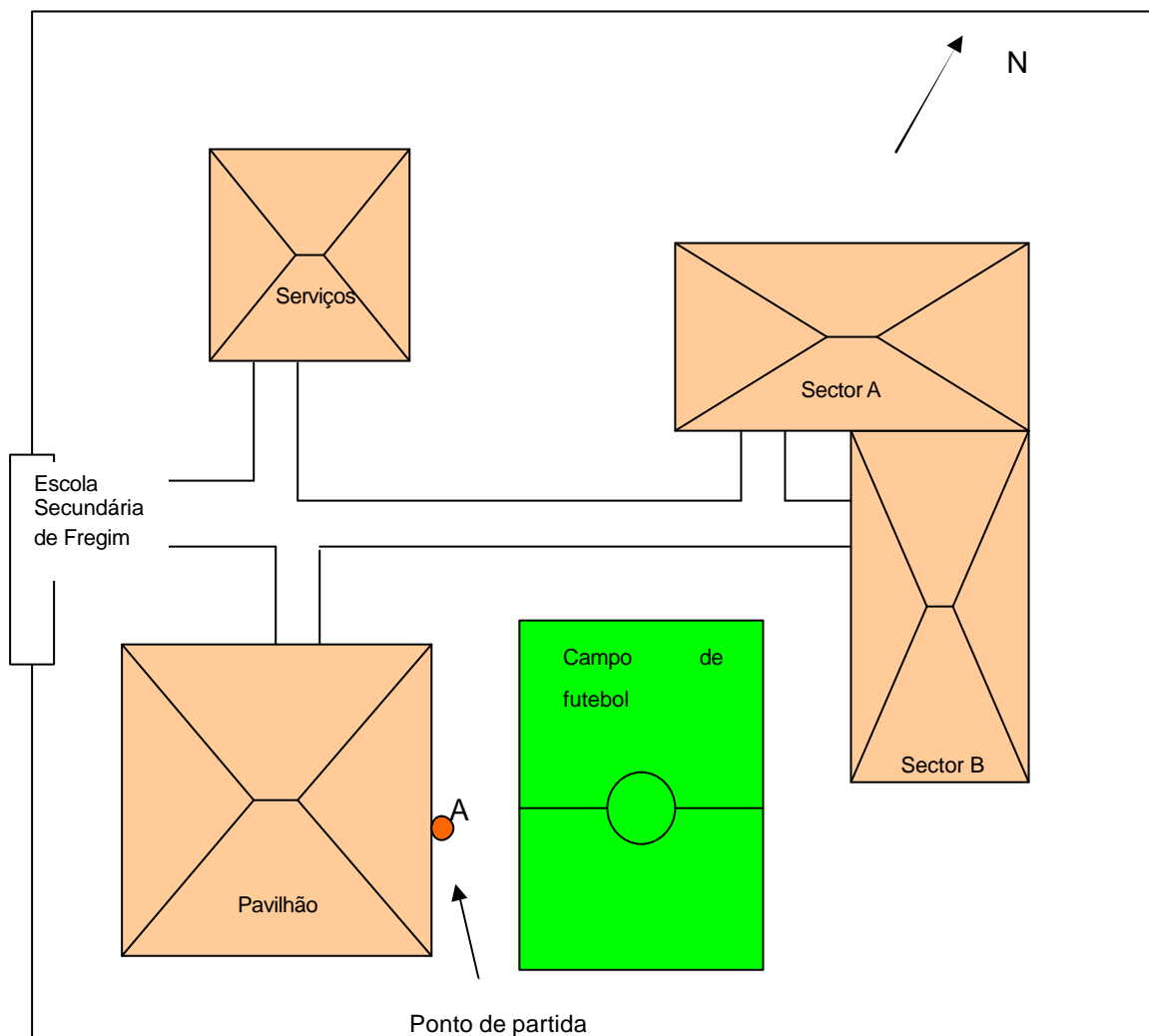


Figura 2: Mapa da Escola

Actividade A2- À descoberta dos pólos de um íman

Se cada grão das limalhas de ferro constitui um pequeno íman, como pensas que se distribuirão os grãos de limalhas de ferro se as atirares sobre o íman?

Atira as limalhas de ferro sobre o íman.

As limalhas de ferro fixam-se, principalmente, nas extremidades do íman, não é? Estes locais são designados por pólos de um íman.

- a) Quantos pólos tem o íman?

b) Onde se localizam?

Actividade A3- Noção de campo magnético

A actividade experimental que a seguir se descreve permitir-te-á observar a zona de influencia de um íman, ou seja, o seu campo magnético.

Atira os grãos das limalhas de ferro sobre a folha de papel que está a cobrir o íman, de modo a formar uma fina camada. Move ligeiramente a folha de papel e grãos das limalhas de ferro. Estes distribuir-se-ão de acordo com o campo magnético.

a) Desenha o campo magnético.

b) O que pensas que faz mover as limalhas de ferro?

c) Em que zonas do íman observas maior convergência das limalhas de ferro?

d) Qual achas ser a razão para a distribuição heterogénea das limalhas de ferro?

II- Actividades de reflexão

Actividade A4- Identificação dos pólos de um íman

Já sabes que um íman tem dois pólos: um em cada extremidade.

Se juntares dois ímanes de forma a que as suas extremidades se toquem, o que poderá acontecer?

Aproxima os pólos de dois ímanes e regista os teus resultados na Tabela 1, completa-a com as palavras “atraem-se” ou “repelem-se”.

	Íman 1	Pólo Norte	Pólo Sul
Íman 2			
	Pólo Norte		
	Pólo Sul		

Tabela 1: Registo das forças existentes entre os dois ímanes.

a) Descreve o tipo de forças que existem entre os pólos magnéticos.

b) Se aproximasses um íman da bússola, o que pensas que aconteceria?

c) Identifica o pólo norte do íman que aproximaste da bússola?

Actividade A5- Discussão dos resultados e registo das conclusões (orientação pelo professor)

De acordo com os registos que foste fazendo ao longo das actividades, elabora um texto sobre o comportamento dos ímanes.

- a) Os resultados coincidiram com as tuas expectativas?
- b) Qual a informação dada pela agulha magnética? Porquê?
- d) As forças magnéticas estão direccionadas para um só local? Porquê?
- d) Como defines as forças magnéticas?

III- Actividade de reconstrução

Actividade A6- Construção de uma bússola

Já sabes que a agulha magnética da bússola é um íman, tem um pólo norte e um pólo sul e orienta-se para o norte magnético sob influencia do campo magnético terrestre. Que tipo de material necessitarias para construíres uma bússola?

Compara com os teus colegas os materiais que sugeriste.

Podes construir uma bússola, por exemplo, com um copo de plástico com bordos como os dos iogurtes.

Para magnetizares a agulha terás de a esfregar, cerca de vinte vezes e sempre na mesma direcção, com uma das extremidades de um íman.

- a) Qual a razão para se esfregar o íman sempre na mesma direcção?
- b) Como fizeste para identificar o pólo norte da agulha?
- c) Compara a informação dada pela bússola de água que construíste com a da bússola fornecida pelo teu professor. Há diferenças?
- d) A agulha magnética da bússola tem um movimento autónomo? Porquê?

IV- Actividade de re-avaliação

Construção de uma mapa de conceitos com os temas que aprendeu.

Tema B: Características do campo magnético terrestre

As actividades que a seguir se propõem pretendem ajudar os alunos a responder a um problema que pode ser formulado na fase de reconhecimento ou na fase de reflexão:

- Qual a necessidade de se ter de ajustar a declinação da agulha magnética?

I- Actividade de reconhecimento

Actividade B1- Noção de ângulo de declinação

Repara no canto superior esquerdo da carta topográfica que está sobre a tua mesa de trabalho. O valor que nele se representa define o ângulo de declinação da região. Lê com atenção a respectiva legenda.

- a) Para onde se orienta a agulha magnética?
- b) Esquematiza no teu caderno a localização do norte magnético e do norte geográfico na região a que se refere o mapa. O que terás de fazer para que a informação dada pela bússola coincida com a informação dada pela carta?
- c) A agulha magnética orienta-se em direcção ao norte magnético mas este não coincide com o norte geográfico. Porquê?

II- Actividade de reflexão

Actividade B2- De que resulta o ângulo de declinação?

A actividade experimental que se descreve em seguida permitirá compreender melhor a necessidade de corrigir a declinação da agulha magnética. Cada uma das quatro caixas possui, no seu interior, um íman. A orientação do íman varia de caixa para caixa. Na tampa de cada caixa está marcada a localização do norte geográfico.

Começa por marcar na bússola a direcção do norte magnético num dos cantos da sala. Coloca a bússola por cima de uma caixa e regista a direcção do norte magnético. Para evitar erros de orientação, resultantes da desmagnetização da agulha, volta ao canto da sala e verifica se a orientação do norte magnético se mantém. Regista as direcções do norte magnético para as restantes caixas. Não te esqueças de verificar se a agulha da bússola continua magnetizada.

- a) Mede, para todas as caixas, o ângulo que o norte geográfico faz com o norte magnético da caixa. Como se designa este ângulo?
- b) Propõe uma hipótese para a existência deste desvio entre o norte geográfico e o norte magnético.
- c) Compara os teus resultados com os dos teus colegas. Há diferenças?

d) Como poderás fazer para verificar se tens razão?

III- Actividade de reconstrução

Actividade B3- Comparação da declinação magnética em diferentes zonas da Terra
 Observa com atenção o mapa representado na figura 3 que representa os valores de declinação em diferentes zonas da Terra.

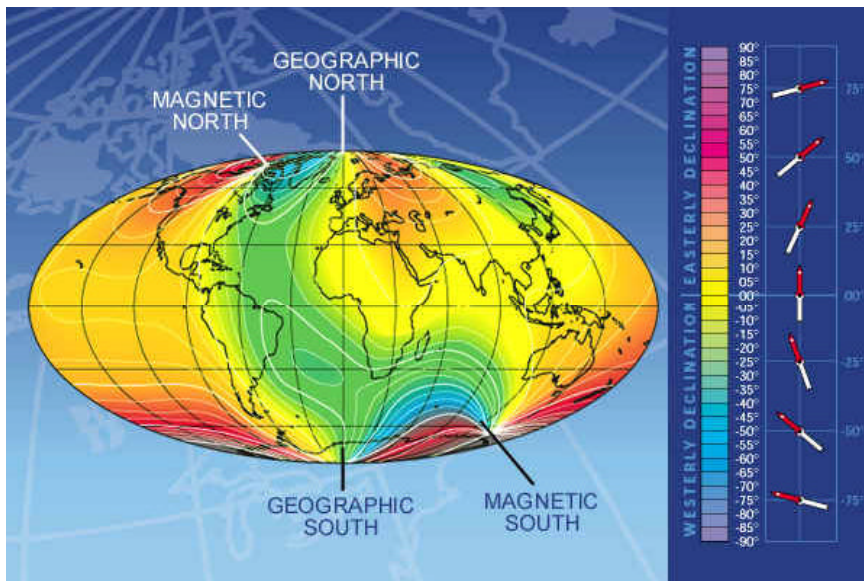


Figura 3. Mapa da declinação magnética. In www.enjoytheoutdoors.csm/camping/silva/mag.html.

- Explica a orientação das agulhas magnéticas no lado direito da figura.
- Onde se registam maiores valores de declinação?
- Como explicas a existência de zonas com valores próximos aos 80° de declinação?
- Se no interior da Terra existisse um íman qual seria a sua orientação?
- Como explicas a existência de valores de declinação de 0° (por exemplo, oceano Pacífico) próximos de valores de 25 e 20° (zona do oceano Atlântico)?
- A agulha magnética aponta sempre para o pólo norte magnético em qualquer local da Terra? Porquê?

IV- Actividade de re-avaliação

Constrói um mapa de conceitos com os termos aprendidos.

Tema C: Contributos do paleomagnetismo para a Teoria Tectónica de Placas

As actividades que a seguir se propõem pretendem ajudar os alunos a responder a um problema que pode ser formulado na fase de reconhecimento ou na fase de reflexão:

- As rochas podem estar magnetizadas?
- A direcção magnética do campo magnético terrestre alterou-se ao longo do tempo geológico?
- Quais são os contributos do campo magnético terrestre para a História da Terra?

I- Actividades de reconhecimento

Actividade C1- As rochas podem registar o campo magnético terrestre?

Há rochas capazes de influenciar a agulha magnética, estas rochas apresentam na sua composição minerais ferromagnéticos. Achas que este tipo de rocha é capaz de influenciar a agulha magnética para sempre?

De que depende a direcção de magnetização da rocha?

A actividade seguinte vai permitir-te simular o registo da direcção de magnetização numa rocha com minerais ferromagnéticos. As caixas que se encontram na tua mesa de trabalho encontram-se afastadas cerca de 20 cm para evitar que cada uma das barras de íman seja influenciada pelo campo magnético da outra.

Distribui a gelatina, já preparada, pelas duas caixas. Quando a gelatina apresentar alguma consistência, coloca dentro das duas caixas igual quantidade de pregos de aço. Aguarda que a gelatina solidifique. Retira as barras de íman e regista a direcção de magnetização de cada uma das caixas na Tabela 2.



Caixa	A	B
Orientação da barra de íman sob a caixa		
Direcção de magnetização		

Tabela 2: Registo das direcções de magnetização das caixas.

- a) Qual a utilidade dos pregos de aço nesta actividade?
- b) Se desenformasses a gelatina e a cortasses em dois fragmentos, os resultados alteravam-se? Porquê?

Actividade C2- Rocha com direcção de magnetização inversa à do campo magnético

terrestre actual

No início de 1960, um estudante australiano encontrou vestígios de uma fogueira num local que se pensa ter sido utilizado, pelos aborígenas, como acampamento. Ao medirem a direcção de magnetização das rochas verificaram que era exactamente o inverso do campo magnético actual.

a) Como explicas esta descoberta?

b) A presença destas rochas terá alguma influencia na intensidade magnética do local? Porquê?

Actividade C3- Registo de um campo magnético (explicação pelo professor)

Se se sujeitar uma rocha com materiais ferromagnéticos a um campo magnético externo (designado por campo indutor), a rocha apresenta, no final da sua formação, a mesma direcção de magnetização do campo indutor.

O magnetismo de uma rocha ou paleomagnetismo ocorre quando os momentos magnético dos minerais metálicos ricos em ferro, cobalto, manganésio ou níquel se alinham com o campo magnético externo.

A presença, destas rochas susceptíveis de serem magnetizadas, na superfície terrestre contribuem para os diferentes valores de declinação que têm sido utilizados na elaboração de mapas como o utilizado na actividade 3.

Contribuem também para o registo de valores de intensidade diferentes dos esperados: valores superiores ao normal (anomalias magnéticas positivas) se apresentam direcções de magnetização iguais à do campo magnético terrestre actual; valores inferiores ao normal (anomalia magnéticas negativas) se apresentam se apresentam direcções de magnetização opostas à do campo magnético terrestre actual.

a) Em que situação ocorrem anomalias magnéticas negativas?

b) Achas possível conhecer a direcção do campo magnético no passado?

II- Actividades de reflexão

Actividade C4- Simulação da deriva continental

Uma das utilidades do paleomagnetismo é permitir reconstruir o movimento das placas ao longo do tempo.

a) Como pensas ser possível conhecer o movimento das placas a partir de dados do paleomagnetismo?

b) Compara as tuas sugestões com as dos teus colegas.

Cada uma das peças colocadas no tabuleiro que está sobre a tua mesa de trabalho (figura 4) apresenta uma seta com uma determinada orientação. Procura localizar o ponto para onde se orientam todas as setas.

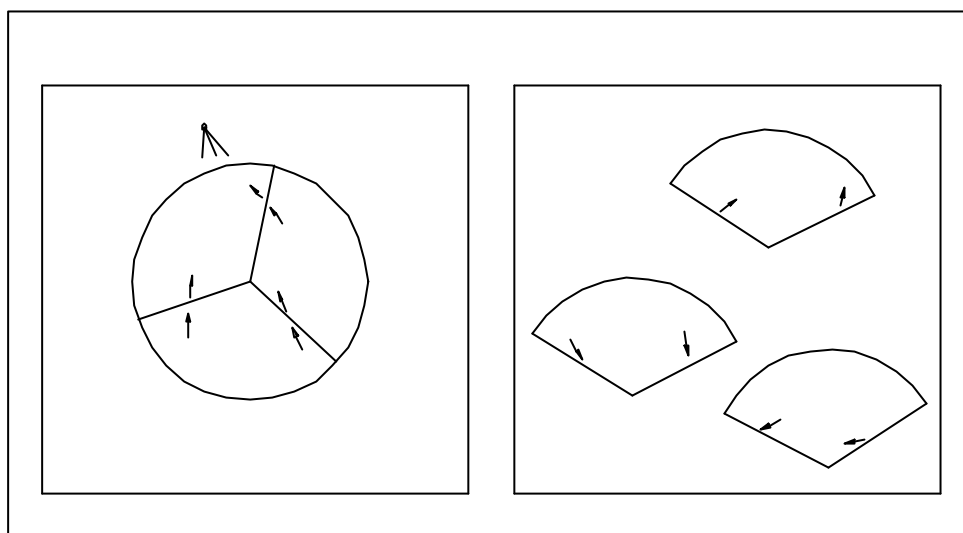


Fig. 4: Proposta da distribuição das peças no tabuleiro: a figura da esquerda representa a distribuição final das peças e a figura da direita representa uma possível distribuição das peças a ser apresentada aos alunos.

- a) O que pretendem representar as peças que estão no tabuleiro?
- b) O ponto que encontraste pretende representar que local da Terra?
- c) Porquê que as rochas magnetizadas permitem conhecer o movimento das placas?

III- Actividades de reconstrução

Actividade C5- Quais os fundamentos da hipótese de Vine-Matthews-Morley (VMM)?

Durante muito tempo as bandas paralelas e simétricas das anomalias magnéticas foram consideradas uma incógnita. Em 1963 Fred Vine, Drummond Matthews e Lawrence Morley, apoiados na hipótese de Hess e na escala de tempo da inversão da polaridade magnética, sugeriram uma explicação para o perfil obtido no fundo oceânico.

De acordo com estes cientistas a quantidade de lava que é expulsa de um dos lados do rifte é igual à quantidade de lava que é expulsa do outro lado do rifte. Como a lava fica magnetizada na direcção do campo magnético terrestre, se a expulsão ocorrer durante períodos de polaridade normal cria uma anomalia magnética positiva, se a lava for

expulsa durante períodos de polaridade inversa cria uma anomalia magnética negativa. Esta explicação constitui a hipótese de Vine-Matthews-Morley (VMM) e permitiu fundamentar a Teoria Tectónica de Placas.

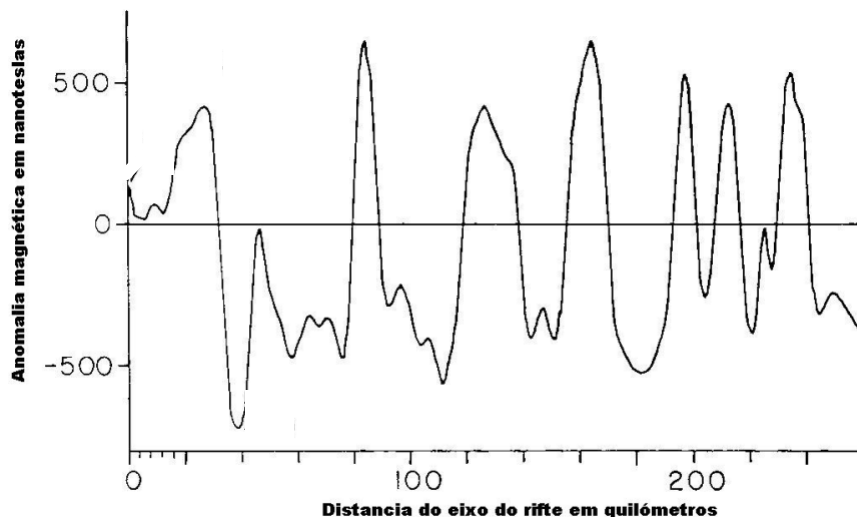


Figura 5: perfil do lado oeste do rifte Pacífico – Antártico (in Shea 1988).

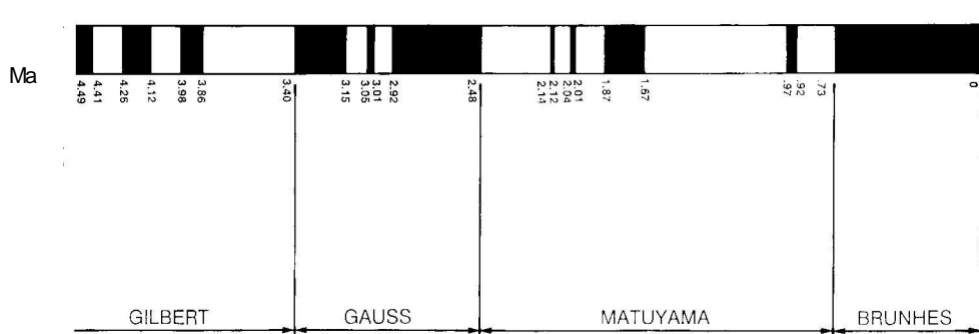


Figura 6: Escala de tempo da inversão da polaridade magnética (in Shea 1988).

- Que tipo de explicação darias para a presença de anomalias magnéticas, dispostas em bandas paralelas e simétricas em relação ao rifte?
- Compara o perfil do lado oeste do rifte Pacífico-Antártico (figura 5) com a escala de tempo da inversão da polaridade magnética (Figura 6): a que tipo de anomalia corresponde a zona a negro? A escala de tempo da inversão da polaridade magnética foi fundamental para a confirmação da hipótese de Vine-Matthews-Morley (VMM). Porquê?
- Refere os dois fenómenos que interagem na hipótese de VMM e que permitem explicar o perfil das anomalias magnéticas do fundo oceânico.

IV- Actividade de re-avaliação

Actividade C6: Construção de um mapa de conceitos sobre campo magnético terrestre

A escala de tempo da polaridade magnética confirmou a existência de períodos de polaridade normal (a polaridade do campo magnético terrestre é igual à polaridade manifestada pelo campo magnético actual) e períodos de polaridade inversa (a polaridade do campo magnético terrestre é inversa à polaridade apresentada pelo campo magnético terrestre actual).

Constrói um mapa de conceitos sobre o tema estudado. Discute-o com os teus colegas.