



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

**Tectónica de Placas: Representações pictóricas e
perguntas em manuais de Ciências Naturais e de Geologia
Geral do ensino superior**

Paula Cristina Alexandre Nogueira Faustino

MESTRADO EM CIÊNCIAS DA TERRA
Domínio Científico – Ciências da Terra

Orientador científico

Prof.^a Doutora Celeste Romualdo Gomes, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra

junho, 2014

ÍNDICE

RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUÇÃO GERAL	5
1 - ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	9
1.1. A importância da Tectónica de Placas	9
1.2. Tipologia e papel funcional das representações pictóricas sobre Tectónica de Placas	16
1.3. Perguntas associadas às representações pictóricas sobre Tectónica de Placas.	20
2 - METODOLOGIA	26
3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXO	46

RESUMO

O objectivo principal deste estudo foi analisar as representações pictóricas e perguntas incluídas em dois manuais escolares do 7.º ano de Ciências Naturais e dois de Geologia Geral de introdução no ensino superior, no subtema da Tectónica de Placas. Foi desenvolvido um estudo qualitativo de análise documental através de uma análise de conteúdo em função da tipologia, papel funcional e nível cognitivo das perguntas relacionadas com as representações, apresentadas nos quatro manuais seleccionados. Neste estudo obtiveram-se melhores resultados nos manuais de Geologia Geral, cujas representações implicam níveis de abstracção mais elevados em função da tipologia pela utilização mais frequente de Mapas, Fotografias e Diagramas; e do papel funcional das representações no Nível 2 e Nível 3 e, ainda, um maior número de perguntas relacionadas com as representações nas categorias Aplicar e Analisar. Assim, estes resultados podem indicar condições importantes na promoção de literacia científica no ensino das Ciências.

Palavras-chave: manuais escolares, nível cognitivo, papel funcional, perguntas, representações pictóricas, tectónica de placas, tipologia.

ABSTRACT

The main objective of this study was to analyze and compare the prevalence of pictorial representations and questions included in two textbooks 7.^o Grade of Natural Sciences and two textbooks of General Geology used in higher education, on the subtheme of Plate Tectonics. A documental and content analysis was done according to the typology, functional role of the pictorial representations and cognitive level of questions relating to representations presented in the four selected textbooks. In these study were obtained better results in the textbooks of General Geology, because representations imply higher levels of abstraction depending on the typology that used more Maps, Photos and Diagrams; a functional role of representations were in Level 2 and Level 3 and also a greater number of questions related to the representations in Categories Apply and analyze; conditions that may be relevant in promoting scientific literacy in science teaching.

Keywords: cognitive level, functional role, pictorial representations, questions, plate tectonics, textbooks, typology.

INTRODUÇÃO GERAL

A teoria da Tectónica de Placas tem tido consequências significativas em todas as áreas da Geologia, nomeadamente no ensino das Ciências Naturais e Geociências, porque sustenta evidências para estabelecer a relação entre vários processos da geodinâmica da Terra. Sabe-se, por exemplo, que a interação das placas ao longo dos limites é responsável pela maioria das erupções vulcânicas e terremotos na Terra, e ainda pela formação e evolução dos sistemas montanhosos. Deste modo, as interações entre as diferentes placas litosféricas em movimento determinam a localização dos Continentes, dos sistemas montanhosos e das fossas e bacias oceânicas, que por sua vez, afetam os padrões de circulação atmosférica e oceânica, a distribuição de plantas e animais, e por último determinam o clima global do planeta. Esta teoria tem valor didáctico importante, sendo, sem dúvida, um modelo evolutivo dos processos dinâmicos da Terra (Monroe *et al.*, 2006; Tarbuck & Lutgens, 2013).

Estudos recentes revelam que no ensino das ciências, os manuais escolares (ME) utilizados pelos professores adquirem a função de guião na planificação e na realização das aulas. Sabe-se, ainda, que as perguntas colocadas através dos manuais de Ciências podem facilitar o desenvolvimento de diversos tipos de raciocínio e o saber pensar em termos de modelo teórico. No entanto, a utilização de modelos nos manuais apresenta vantagens e limitações no contexto de ensino, nomeadamente pelo facto de existirem múltiplos modelos para explicar o mesmo processo, por apresentarem várias incoerências e pela sua utilização em contextos específicos (Gericke & Hagberg, 2010).

É do conhecimento comum que os manuais escolares constituem um recurso essencial nos processos de ensino e de aprendizagem. Neste estudo destacamos o ensino das Ciências Naturais e da Geologia, em particular. A apresentação dos conteúdos, perguntas, representações e actividades, que integram os ME, são aspetos relevantes, dado que reforçam a importância de investigar na área de análise dos ME (Gericke *et al.*, 2012). Neste âmbito, é crucial compreender e informar que os modelos são constructos que representam uma dada fase da história da ciência. Assim, em contexto de ensino, os alunos devem saber o motivo pelo qual um modelo específico é introduzido e que relação estabelece com os modelos anteriores. Para que os alunos atinjam este nível de conhecimento, é necessário que os professores e os autores dos ME detenham formação profissional avançada neste domínio do conhecimento (Gericke & Hagberg, 2010).

De acordo com estas referências, é importante considerar diferentes dimensões de análise num estudo de ME, dado que estas podem fornecer informações muito importantes acerca da construção e divulgação do conhecimento científico, e sobre o ensino e aprendizagem

(Souza & Porto, 2012). Em particular, nos ME de Ciências Naturais e de Geologia geral no ensino superior, as representações pictóricas assumem um papel muito importante no ensino de temas complexos, como no caso na Tectónica de Placas. A Geologia é considerada um domínio da Ciência que envolve alguma complexidade, dado que exige interpretar e raciocinar a partir de representações como mapas, modelos, gráficos, diagramas e simulações, sendo por isso um excelente domínio para reflectir sobre os processos cognitivos subjacentes às representações pictóricas (Gobert, 2005).

A importância da utilização dos manuais escolares, também, é destacada nas orientações curriculares (Galvão *et al.*, 2001) que enfatizam diversos argumentos a favor da literacia científica, entre os quais o do tipo utilitário de que a compreensão em Ciência tem utilidade na maioria dos contextos numa sociedade tecnologicamente avançada. Assim, Ryder (2008) defende um conjunto de argumentos que revela a importância da literacia: 1) o democrático sugere que o conhecimento científico permite aos indivíduos discutir e tomar decisões em contextos que requerem informação científica; 2) o social defende a importância de manter a ligação entre a Ciência e uma cultura mais alargada; 3) o cultural refere que as pessoas deveriam ter conhecimentos gerais em Ciência por se tratar de uma das maiores conquistas da cultura humana; e 4) o económico descreve que existe uma relação entre o nível de ensino em Ciência e a saúde económica de uma nação, reforçando a importância de aprender Ciências Físicas e Naturais, ou Ciências para o desenvolvimento da literacia científica na sociedade actual.

Sabe-se que as representações pictóricas são dos aspectos mais valorizados no momento de seleccionar os ME a adotar, sendo uma componente essencial no ensino da Geologia em particular, das Ciências Naturais em geral, e constituem elementos fundamentais de suporte na apresentação de temas complexos. Assim, neste estudo pretendeu-se avaliar a inclusão das representações pictóricas por tópico, a tipologia, o papel funcional das representações e o nível cognitivo das perguntas, associadas às representações utilizadas, em dois ME do 7.º ano de escolaridade e dois de Geologia geral do ensino superior, sobre o tema da Tectónica de Placas, por forma a identificar e caracterizar as representações pictóricas mais frequentes ou predominantes no ensino daquele subtema.

Segundo Wood (2009), a perspectiva construtivista de aprendizagem implica que os alunos devem construir as suas próprias estruturas de conhecimento, através do ensino e da experiência com base em conhecimentos anteriores. Defende, ainda, uma perspectiva de ensino e aprendizagem centrados no aluno, que integrem as suas necessidades, capacidades, conhecimentos, com enfoque no processo de aprendizagem. Uma das razões principais que tem reforçado o crescimento do cognitivismo, como um compromisso

epistemológico e um modelo de ensino, deve-se ao facto de incluir aspetos das teorias de aprendizagem de Piaget, de Vygotsky, de Ausubel e de Bruner, nomeadamente, a importância de reconhecer o conhecimento prévio ou, dito de outra forma, as estruturas cognitivas existentes (Cakir, 2008). Outros estudos referem que o construtivismo consiste numa teoria ou modelo de aprendizagem que apresenta o potencial de criar uma experiência de ensino, na qual a aprendizagem implica a compreensão e aplicação de conceitos, a construção de significados e o pensamento crítico sobre ideias. Assim, não conta apenas a acumulação de informação, a sua memorização e transmissão, pondo em evidência a importância da conceção de modelos e de materiais de ensino para melhorar a inclusão da Ciência em contextos sociais (Cachapuz *et al.*, 2004; Cachapuz *et al.*, 2008).

O papel das perguntas em contexto de aula pode ajudar a transformar o ensino centrado no professor num ambiente construtivista e centrado no aluno (Smith *et al.*, 2011). Deste modo, em contexto de ensino, é importante formular e resolver perguntas para promover o desenvolvimento de capacidades de discussão e argumentação, de pensamento crítico e criativo que, habitualmente, se encontram associados a capacidades de nível cognitivo elevado (Bloom *et al.*, 1956). Como exemplo pode indicar-se a resolução de problemas ou de perguntas em contexto de lecionação em Geologia.

Segundo Coil *et al.* (2010), o desenvolvimento de capacidades de nível cognitivo mais elevado está associado à instrução explícita, às práticas pedagógicas objetivas, a uma aproximação a «Scaffolding» no sentido de Vygotsky e a práticas interativas no ensino das Ciências, devendo ser aplicadas nos diferentes níveis académicos. Mesmo, no caso de alunos que não optem pela área científica, o desenvolvimento de competências científicas específicas ajuda a desenvolver a sua literacia científica.

Outras investigações estudaram a relação entre as orientações curriculares de Ciências no ensino secundário, que defendem o desenvolvimento de competências de literacia científica, e a necessidade de aferição das capacidades reais dos alunos, mostrando preocupação com o baixo desenvolvimento destas competências nos alunos de ensino secundário e após este nível de ensino (Julien & Barker, 2009).

Orientações recentes de ensino e aprendizagem das Ciências definem explicitamente os objetivos de aprendizagem centrados no aluno. Estes objetivos e metas de ensino descrevem exatamente o que os alunos devem ser capazes de desempenhar com sucesso (Bonito *et al.*, 2013). Pode ser importante evitar que os alunos mantenham níveis de aprendizagem superficiais de conhecimentos, decorrente de estudo e aplicação apenas nos momentos de avaliação sumativa. Uma estratégia possível, para prevenir esta situação, implica planear e definir os objetivos de aprendizagem de acordo com níveis cognitivos mais

elevados, considerando-se, por exemplo, a taxonomia de Bloom *et al.* (1956) para avaliar o conhecimento e formular questões de nível mais elevado e adequado, em fases de avaliação durante os processos de ensino e de aprendizagem e nos exames (Crowe *et al.*, 2008).

A taxonomia de Bloom revista tem sido também utilizada para avaliar os conteúdos dos ME, nomeadamente, as perguntas, as atividades práticas e modelos de ensino e de aprendizagem. Segundo esta taxonomia, os objetivos de aprendizagem exigem diferentes níveis de compreensão, sendo definidos seis níveis de compreensão conceptual, de acordo com as operações intelectuais que os alunos são capazes de realizar em cada nível (Bloom *et al.*, 1956). Uma versão revista, mais atual, desta taxonomia, propõe níveis de compreensão associados a formas verbais, ajustadas aos objetivos de aprendizagem. As formas verbais foram adicionadas à hierarquia original e indicam as ações ou tarefas a desempenhar, que servem para avaliar os objetivos ou metas de aprendizagem, em cada nível cognitivo (Krathwohl, 2002).

A razão principal para optar por uma análise das representações pictóricas e perguntas associadas, sobre a Tectónica de Placas, nos ME, tem relação com a dificuldade revelada pelos alunos na aprendizagem deste subtema; por um lado, devida à multiplicidade de representações utilizadas nos ME e, por outro, pela exigência e necessidade de níveis mais elevados de literacia visual, para haver uma melhor compreensão deste subtema, nomeadamente pela utilização de artigos científicos com resultados de investigação mais recentes. Este estudo, desenvolvido no âmbito do Mestrado em Ciências da Terra, inclui: 1) introdução geral; 2) enquadramento teórico sobre a Tectónica de Placas, as representações pictóricas e avaliação de perguntas; 3) metodologia; 4) resultados e discussão; 5) considerações finais e 6) referências bibliográficas.

1 - ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1.1. A importância da Tectónica de Placas

A teoria da Deriva Continental de Wegener (1880-1930) surgiu, no início do século XX, num contexto científico de controvérsia entre biólogos e os geólogos. Assim, foi no final do século XIX que o geólogo Eduard Suess (1831-1914) observou, em 1885, semelhanças entre os fósseis de plantas do fim do período Paleozóico na Índia, Austrália, na África do Sul e na América do Sul e descobriu evidências de glaciação nas sequências rochosas nestes continentes meridionais, propondo o nome de Gondwana para este supercontinente constituído pelos vários continentes. Mais tarde, Wegener propôs que os continentes, atuais, estiveram reunidos num único supercontinente a Pangea (pan = toda e gea = terra), rodeados por um só oceano designado de Pantalassa (pan=toda e thalassa=oceano). Gradualmente, este supercontinente ter-se-ia fragmentado em blocos continentais que iniciaram a sua deriva, dando lugar aos continentes atuais. Contudo, foi após a segunda Guerra Mundial, durante a década de 50 que tecnologias como a SONAR (Sound Navigation and Ranging), usadas na deteção de submarinos, permitiram conhecer melhor a composição e morfologia dos fundos oceânicos, dados que convergiram para a recuperação e aceitação das teorias mobilistas. Os dados mais relevantes estão relacionados com a morfologia das bacias oceânicas, nas quais foram localizadas as maiores cordilheiras montanhosas do planeta e o magnetismo das rochas dos fundos oceânicos. Harry Hess (1906-1969) era geólogo, professor da Universidade de Princeton e foi oficial da marinha norte americana na segunda Guerra Mundial, tendo realizado o levantamento da topografia do Oceano Pacífico (Monroe *et al.*, 2008).

O movimento das placas tectónicas também tem influenciado, de forma acentuada, a distribuição geográfica, a evolução e extinção das plantas e animais, ou seja, a vida na Terra. E, ainda, a formação e a distribuição de muitos recursos geológicos como os metálicos, motivo pelo qual os geólogos têm de integrar dados da Tectónica de Placas antes de iniciar uma prospeção de metais. A Tectónica de Placas tem um impacto determinante na vida da Terra, dada a destruição causada por grandes vulcões e sismos, sendo este um domínio unificador da Geologia que importa conhecer melhor para prevenir riscos geológicos (Monroe *et al.*, 2008).

As investigações oceanográficas realizadas, na década de 50, por Harry Hess, da Universidade de Princeton, propuseram a Teoria da Expansão dos Fundos Oceânicos, que supõe movimento e formação contínua de crosta oceânica no rifte que empurra a crosta adjacente em direção às fossas oceânicas, onde é destruída. Ao longo do tempo, sabe-se que o campo magnético terrestre tem sofrido inversões, ou seja, ocorrem mudanças

periódicas na polaridade onde o polo norte magnético se converte no polo sul e vice - versa. Estas inversões foram determinadas nas escoadas de lava nos continentes e depois em rochas ígneas das placas oceânicas. Em 1963, dois investigadores, Vine e Matthews sugerem uma interpretação diferente, indicando as anomalias magnéticas como dados essenciais que confirmam a expansão dos oceanos: 1) A crosta oceânica forma-se pela produção de derrames de lava no vale do rifte, que ao consolidar, magnetiza-se de acordo com o campo magnético no momento; 2) os derrames sucessivos de lava afastam de ambos os lados do rifte a crosta oceânica anteriormente formada; 3) e quando ocorre uma inversão de polaridade esta é registada na lava em consolidação, originando um padrão simétrico e paralelo em relação ao rifte. Mas qual o mecanismo motor deste sistema? Hess (1906-1969) defende a ideia das células de convecção térmica no manto. Segundo esta hipótese, o magma quente ascende desde o manto e entra nas fraturas ou falhas existentes ao longo das dorsais oceânicas formando nova placa oceânica. Que dados podem confirmar esta hipótese colocada por Hess? As anomalias magnéticas determinadas nas rochas são simétricas relativamente às dorsais oceânicas e paralelas às mesmas. Mais relevante é o facto do padrão das anomalias oceânicas corresponder ao padrão de inversões magnéticas conhecidas em estudos de escoadas de lava. Uma das consequências desta Teoria é a confirmação de que as bacias oceânicas são eventos geologicamente recentes, cuja abertura e fecho são responsáveis por movimentos dos continentes. Dados de datação radiométrica revelam que a crosta oceânica mais antiga tem cerca de 180 Ma, enquanto a continental tem cerca de 3960 Ma (Monroe *et al.*, 2008).

A Teoria da Tectónica de Placas sugere um modelo de litosfera rígida constituída por crosta oceânica e continental, cujas partes subjacentes superiores do Manto são compostas por vários fragmentos denominados de placas litosféricas. Estas variam em espessura, assim a parte superior do manto e crosta continental podem ter uma espessura de 250 km, enquanto o manto superior e a crosta oceânica pode alcançar os 100 km. A litosfera que envolve a astenosfera é mais viscosa por atingir temperaturas mais elevadas. Deste modo, à medida que as placas se deslocam sobre a astenosfera, principalmente nas dorsais oceânicas; nas fossas oceânicas, colidem e sucede subducção, entrando de novo para o manto terrestre. Sabe-se que as placas são compostas de crosta continental e oceânica, contendo densidades distintas, e apenas a crosta oceânica sofre subducção. Esta Teoria ajudou os geólogos a interpretar muitos processos geológicos, como a formação de montanhas e oceanos, atividade sísmica e o vulcanismo (Monroe *et al.*, 2008).

Diversos estudos geofísicos recentes conseguem delimitar a distribuição dos epicentros sísmicos na superfície terrestre (Monroe *et al.*, 2008; Li & Zhong, 2009; Burke, 2011). Dados de projeções mostram que essas zonas coincidem, na sua maioria, com zonas da dorsal

médio-oceânica e grandes fossas oceânicas. Em 1965, Wilson propôs que a superfície da Terra estaria dividida em grandes porções de litosfera, constituindo as placas litosféricas e, em 1968, Xavier Le Pinchon apresentou um modelo da superfície terrestre dividido em seis placas litosféricas. No final da Era Paleozóica todos os continentes estavam reunidos, como resultado do movimento das placas, formando o supercontinente Pangeia. Este começou a fragmentar-se durante o Triásico e continua a suceder essa fragmentação, o que explica a atual distribuição dos continentes e das bacias oceânicas. Wilson propõe, ainda, a hipótese do Ciclo do Supercontinente ou Ciclo de Wilson, que integra a fragmentação de placas, a abertura e fecho de bacias oceânicas e a nova formação de uma placa. Um dos argumentos que mais defende esta hipótese é a formação de montanhas provocada por compressão durante as colisões de placas continentais. Estes episódios de construção de montanhas ocorrem a cada 400 ou 500 Ma e são seguidos por um episódio de fragmentação de placas após 100 Ma, o que dá origem a placas individualizadas, formando-se um oceano interior.

Os geólogos reconhecem a existência de três tipos de limites de placas, as divergentes, as convergentes e as transformantes, de acordo com a Figura 1. Nos limites tectônicos construtivos, entre placas divergentes ocorre a acreção, ou seja, formação de litosfera; enquanto nos limites destrutivos entre placas convergentes ocorre subducção, isto é, destruição de litosfera. Nos limites conservativos, não ocorre acreção nem subducção de litosfera (Monroe *et al.*, 2008; Press *et al.*, 2006).

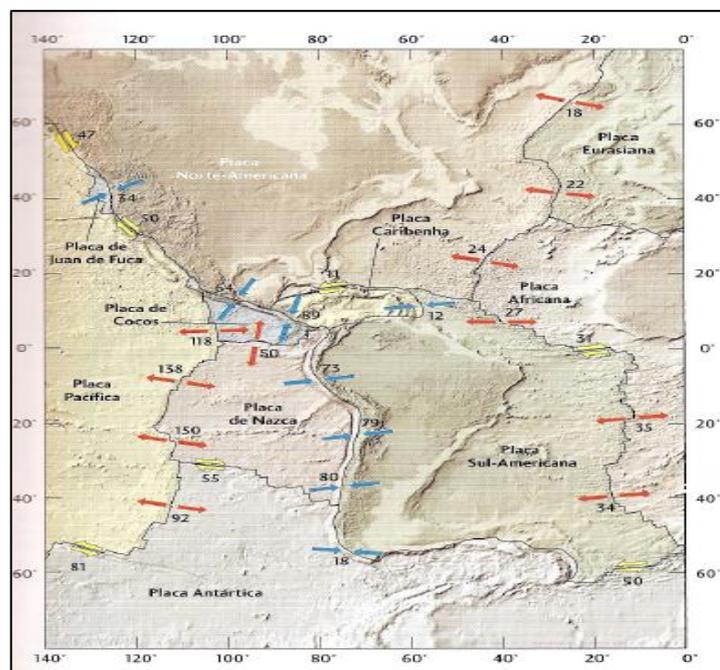


Figura 1. Mapa cartográfico da Terra e do relevo do fundo oceânico, que mostra a configuração dos limites de placas. Neste é possível observar os três tipos de limites de placas divergentes, onde as placas separam-se; os limites convergentes onde as placas se aproximam; e limites transformantes,

onde as placas deslizam umas em relação às outras. As setas mostram as direcções dos movimentos de placa e números próximos, indicam as velocidades em mm/ano (Press *et al.*, 2006).

Nos limites divergentes ou dorsais em expansão produz-se nova litosfera oceânica, cujo exemplo é a dorsal médio-atlântica, com uma topografia acidentada, rugosa e com relevo de grande elevação. Estes limites também estão presentes nas etapas iniciais de rutura continental, tal como está a ocorrer no Vale do Rifte de África oriental. À medida que a separação continua, alguns vales de rifte alargam e ficam mais profundos e podem romper e formar-se um braço de mar, tal como sucedeu no caso do Mar vermelho. Nos limites convergentes a crusta antiga continua a sofrer destruição e a reciclar-se, através da colisão de placas e uma delas sofre subducção debaixo de outra, com incorporação da primeira na astenosfera. Podem suceder três tipos de limites em placas convergentes, oceânica-oceânica; oceânica-continental e continental-continental. Neste dois limites ocorrem processos de deformação, vulcanismo, formação de montanhas, metamorfismo, atividade sísmica e formação de depósitos minerais importantes.

No caso de convergência de placas oceânica-oceânica, a placa mais antiga é mais densa e sofre subducção, dobrando-se para formar a parede exterior de uma fossa submarina, à medida que desce até ao manto vai sofrendo uma fusão parcial, formando magma de composição andesítica. Este magma pode surgir à superfície da placa que não sofreu subducção, formando-se um Arco de Ilhas Vulcânicas, a maioria dos arcos ativos encontram-se no Oceano Pacífico, na região do conhecido Círculo de Fogo, como ilustra a figura 2, que inclui as ilhas Aleutianas, o arco Kermadec-Tonga. Nos limites de placas oceânica-continental, a placa oceânica sofre subducção em relação à continental por ser a placa mais densa, formando a parede externa de uma fossa submarina. Um exemplo deste tipo de limites sucede na costa do Pacífico, onde a placa de Nazca sofre subducção por debaixo da placa continental da América do Sul. Assim a fronteira Perú-Chile é uma região de subducção pela ocorrência da cordilheira dos Andes, cadeia montanhosa vulcânica resultante na placa que não sofre subducção. O limite convergente continental-continental forma um anel montanhoso interior constituído por rochas sedimentares deformadas, intrusões ígneas, rochas metamórficas e fragmentos de crusta oceânica e essa região fica sujeita a numerosos sismos. Como exemplo, temos o caso dos Himalaias situado na Ásia Central, constituindo o sistema montanhosos mais alto da Terra, sendo o resultado da colisão entre a Índia e a Ásia, processo de convergência que teve início há cerca de 40 – 50 Ma atrás. Em termos de registo geológico as rochas de ofiólitos são bons indicadores de convergência entre placas ao longo de uma zona de subducção. Assim, podemos observar grandes faixas de ofiólitos, rochas andesíticas e sedimentares marinhas com dobras e

falhas nos Alpes, Himalaias e Andes, constituindo uma prova de que estas cordilheiras têm origem em deformações ao longo de limites entre placas convergentes (Monroe *et al.*, 2008; Press *et al.*, 2006).

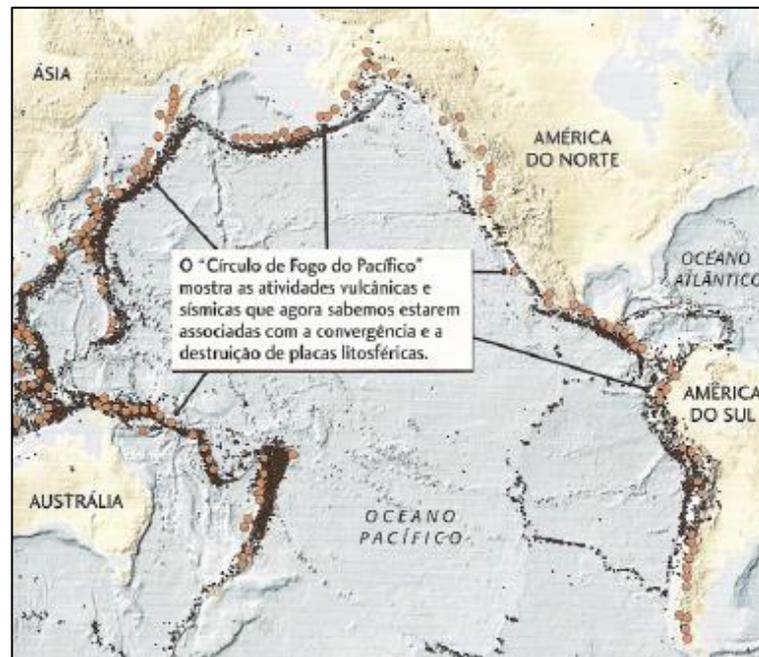


Figura 2. Representação do Círculo de Fogo do Pacífico, região de vulcanismo ativo, representado pelos círculos vermelhos e a actividade sísmica, representada pelos círculos pretos (Press *et al.*, 2006).

Os limites transformantes surgem ao longo de fraturas produzidas no fundo marinho e são conhecidas como falhas transformantes, onde as placas deslizam lateralmente uma em relação a outra de forma, aproximadamente, paralela à direção do movimento das placas. Normalmente, as falhas transformantes ligam segmentos de dorsal oceânica e podem fazer as ligações entre dorsais e fossas submarinas ou de fossas submarinas entre si. Um exemplo característico é a falha transformante de ST^o André na Califórnia que separa a placa do Pacífico da placa Norte Americana e liga as dorsais em expansão do Golfo da Califórnia com as placas de Juan de Fuca e do Pacífico. Muitos dos sismos que afetam a Califórnia são o resultado de movimentos de placas ao longo desta falha (Monroe *et al.*, 2006; Press *et al.*, 2006).

Outros processos importantes são os pontos quentes, locais em que colunas estacionárias de magma, com origem no manto profundo, plumas do manto, ascendem lentamente até à superfície e formam vulcões. À medida que as placas se movimentam sobre as plumas do manto, os pontos quentes deixam marcas de vulcões extintos, progressivamente mais antigos, denominadas dorsais assísmicas, que registam o movimento das placas. Um

exemplo típico de dorsais assísmicas e pontos quentes é a cadeia formada pelas ilhas Havaianas e o Monte Submarino Imperador. Esta cadeia de ilhas e montes submarinos percorrem uma longa distância com cerca de 6000 km, desde a ilha do Havai até à costa do Alasca, contendo mais de oitenta estruturas vulcânicas (Monroe *et al.*, 2006; Burke, 2011).

O método, mais preciso, para calcular a velocidade média do movimento das placas, consiste em datar as anomalias magnéticas na crosta oceânica, durante um determinado intervalo de tempo. Assim, o cálculo do movimento das placas realizado a partir das inversões magnéticas, pode ser feito através de técnicas de laser via satélite, e determina o movimento relativo de uma placa em relação a outra. Enquanto os pontos quentes permitem aos geólogos a determinação do movimento absoluto, porque constituem uma referência menos móvel a partir do qual é possível medir a velocidade e a direção do movimento de placas (Monroe *et al.*, 2008; Li & Zhong, 2009).

Um dos principais obstáculos para aceitar a Teoria da Deriva dos Continentes era a ausência de um mecanismo motor explicativo do movimento dos continentes. Em 1928, Arthur Holmes da Universidade de Edimburgo, na Escócia, avançou com a hipótese de que os materiais do manto, aquecidos pela radioatividade natural, tornam-se menos rígidos e menos densos. A diferença de densidade entre estes materiais sobreaquecidos e os adjacentes provoca a sua ascensão, formando o ramo ascendente de uma célula de convecção. No limite da astenosfera-litosfera, onde a temperatura é mais baixa, o material em ascensão separa-se no contato com a litosfera rígida dando origem a dois fluxos divergentes. Neste modelo, à medida que este material flui sob a litosfera vai arrefecendo e aumentando de densidade até se afundar no manto, formando o ramo descendente da célula de convecção; a célula completa-se em profundidade através de movimentos horizontais, que deslocam o material da região de fluxo descendente para a região de fluxo ascendente. Sendo parte do calor interno da Terra, libertado através dos ramos ascendentes das correntes de convecção a que se encontra associado um fluxo geotérmico elevado. Atualmente, estão propostos três modelos: o primeiro defendido por Arthur Holmes (1890-1965), que prevê um nível de convecção profunda dos materiais rochosos do manto, partindo do princípio que o sobreaquecimento ocorre perto do núcleo; o segundo pressupõe a existência de dois níveis de convecção, um situado no manto inferior e o outro no manto superior; e o terceiro é mais complexo e neste os materiais rochosos do manto inferior, na zona de transição manto inferior-manto superior, transferem calor para as rochas do manto superior que iniciam o seu movimento de convecção na mesma direção (Monroe *et al.*, 2008).

Em 1962, foi Harry Hess que localizou na superfície da Terra, de acordo com o modelo de Holmes, os ramos ascendentes e descendentes das correntes de convecção, nas zonas de vale de rifte e de subducção, respetivamente. Nesta data, ainda, não existiam meios técnicos oceanográficos, no entanto, estudos recentes vieram apoiar esta hipótese. Em síntese, os três modelos apresentados são consensuais quanto à localização dos ramos ascendentes e descendentes dos movimentos de convecção:

- Os ramos ascendentes situam-se ao nível das zonas de rifte, tendo por isso associado vulcanismo ativo e contínuo e de elevado fluxo geotérmico;
- Os ramos descendentes localizam-se ao nível das zonas de subducção associado a um fluxo geotérmico menor.

Esta convecção possibilita compreender o movimento das placas litosféricas por geração de uma corrente de convecção que sucede ao nível do manto e consegue mover a litosfera pela conjugação do seu movimento ascendente e descendente:

- A ascensão de material, sobreaquecido ao nível do manto, empurra a placa litosférica numa das extremidades ou zona de rifte;
- Enquanto, o afundamento da litosfera fria e densa leva a placa na extremidade oposta para a zona de subducção.

Recentemente, os modelos tridimensionais de tomografia sísmica têm permitido apoiar a correlação entre a Geotermia e a Tectónica de Placas à superfície da Terra. Uma hipótese descreve ciclos, nos quais o processo de subducção de um supercontinente leva à formação de superplumas antípodas, correspondentes à posição actual dos supercontinentes, de acordo com a figura 3. Os processos de superplumas mantélicas e os supercontinentes, em posição equatorial através de eventos da deriva polar, podem originar a fragmentação destes continentes (Li & Zhong, 2009). O desenvolvimento do conhecimento científico sobre esta área da Teoria da Tectónica de Placas permitirá a continuidade do conhecimento sobre a geodinâmica interna e da litosfera da Terra (Monroe *et al.*, 2008).

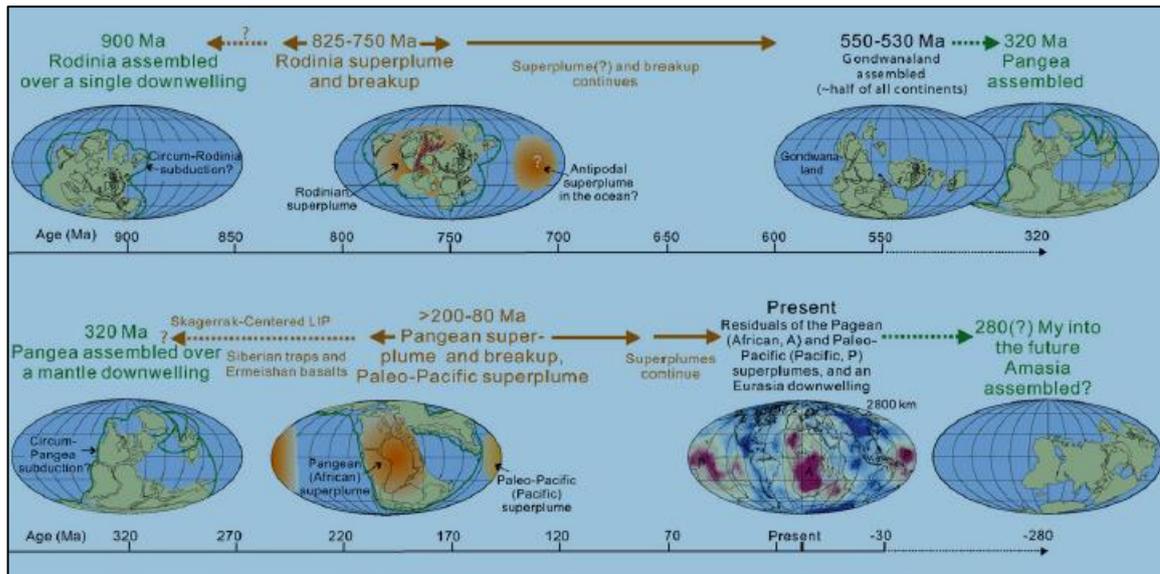


Figura 3. Esquema ilustrativo da presença de ciclos de supercontinentes – superplumas (Li & Zhong, 2009).

1.2. Tipologia e papel funcional das representações pictóricas sobre Tectónica de Placas

A linguagem utilizada nos ME assume grande importância e deve ser rigorosa, constituindo um meio principal de comunicação de ideias científicas. Por isso, esta linguagem deve conseguir uma integração adequada entre o texto e as representações, tais como os diagramas, gráficos, mapas, tabelas e cartas, devendo apresentar uma frequência ajustada e uma diversidade no tipo e função das representações, fornecendo toda a informação necessária para responder a perguntas colocadas nos manuais (Anagnostopoulou *et al.*, 2012).

As representações podem definir-se como um conjunto de símbolos ou sinais aplicados num processo de comunicação e podem integrar-se nas representações externas de natureza linguística, visual ou pictórica ou representações internas quando se referem a reproduções mentais do indivíduo sendo com frequência construídas e influenciadas pelas representações externas, tal como ocorre nos processos de ensino e de aprendizagem (Otero *et al.*, 2003). As representações pictóricas integram diversas categorias de imagens, como fotografias, ilustrações ou desenhos, histórias ou narrativas, esquemas, gráficos e mapas (Otero, 2002).

Segundo Parreiral (2011), existe um conjunto de vantagens inerentes à utilização das representações, das quais se destacam: 1) a linguagem pictórica constitui uma condição essencial na cultura de imagem actual, numa sociedade voltada para a informação e comunicação; 2) grande parte dos intervenientes nos processos de ensino e de aprendizagem acredita que a utilização da imagem nos ME motiva os alunos, melhorando,

consequentemente, os seus resultados escolares; 3) a maioria dos docentes e autores dos ME acredita na capacidade de comunicação efetiva por parte das representações visuais, admitindo que a mensagem recebida e “apreendida” pelo recetor é igual à que o emissor pretende comunicar; 4) a linguagem enriquece o processo de comunicação do conhecimento científico, no contexto do ensino; 5) as imagens permitem facilitar a compreensão dos conteúdos científicos, ao reduzirem a abstração do discurso verbal; 6) as imagens, pela sua natureza mais elementar e atrativa, promovem a imaginação e facilitam o processo de recordar os conteúdos e conceitos apreendidos anteriormente; e 7) as representações pictóricas permitem a introdução de conteúdos, imagens e conceitos. Sabe-se que a observação de imagens é uma forma essencial de ensino e de aprendizagem, especialmente, em Ciências, para os alunos que têm de aprender a interpretar e aplicar diferentes modos de representação, dado a necessidade de desenvolverem capacidades metacognitivas neste domínio (Gilbert, 2005).

Assim, as representações, incluindo fotografias, desenhos e diagramas esquemáticos são elementos importantes nos ME e, por vezes, são pouco valorizados, dado que o modo de comunicação visual é particularmente útil para introduzir conceitos abstractos em ciências. No entanto para suceder uma comunicação efectiva deve verificar-se uma boa integração entre o texto e as representações pictóricas nos ME (Vinisha & Ramadas, 2013)

Outro estudo revela que as ilustrações são a base da aprendizagem visual no ensino das Ciências, o que inclui as representações típicas dos manuais: fotografias, diagramas, esquemas, gráficos, desenhos e tabelas, sendo por isso fundamental perceber o impacto dessas representações visuais no processo de aprendizagem (Cook, 2008).

O subtema da Tectónica de Placas foi escolhido, para este estudo, por se tratar de um domínio complexo da Geologia e de difícil compreensão para os alunos do 3.º ciclo de escolaridade e em níveis subsequentes de ensino, pela importância que a construção de modelos, o raciocínio causal e a capacidade de inferência assumem na compreensão dos processos não observáveis e dos respectivos mecanismos explicativos, tal como no caso do mecanismo de convecção, vulcões, sismos, formação de montanhas e na expansão dos fundos oceânicos. A Tectónica de Placas é um dos domínios complexos da Geologia e difícil de aprender por diversos motivos, tendo em conta que as camadas internas e processos internos como a convecção não estão ao alcance da observação direta, a escala dimensional é de difícil compreensão para os alunos, a escala do tempo em que ocorrem os processos geológicos é de difícil concetualização; exigindo a integração de diferentes tipos de informação, tal como a espacial, causal e dinâmica. As representações pictóricas assumem um papel pedagógico muito importante nos ME de Ciências Naturais por que

constituem uma forma fundamental de divulgar a Ciência e a Tecnologia. Alguns estudos mostram que os ME de Ciências Naturais, comparativamente a artigos de divulgação de Ciências, usam maior quantidade de imagens para familiarizar os alunos e leitores com conteúdos técnico-científicos e, ainda, que o nível cognitivo, aferido através do conteúdo mais especializado, das imagens utilizadas nos ME é progressivamente mais elevado do 1.º ciclo para o nível do ensino secundário, revelando o papel importante do material visual para aumentar o nível cognitivo do conteúdo dos textos (Dimopoulos *et al.*, 2003).

No domínio das Ciências Naturais, existem estudos que mostram a importância de algumas estratégias de ensino e aprendizagem aplicadas à Geologia, nomeadamente através da realização da leitura e compreensão de textos, de desenhos esquemáticos e de diagramas com explicações. E, ainda, através de respostas a perguntas mais complexas sobre representações da Tectónica de Placas, permitindo aos alunos evidenciar mais conhecimentos e maior facilidade em realizar inferências e rever modelos (Gobert, 2000).

As representações envolvem a aplicação de capacidades cognitivas complexas, dado que implicam compreender o tipo de representação, como codificar a informação; compreender a relação entre a representação e a temática e compreender como procurar e seleccionar a informação adequada, ou seja, o papel funcional da representação (Ainsworth, 2006).

O uso de representações pictóricas no ensino das Ciências é fundamental, dado que resultados da psicologia e teorias cognitivas defendem que estas representações participam num processo de dupla codificação de informação durante a aprendizagem. Assim, um processo de aprendizagem significativo envolve Input verbal e visual e as possibilidades para integrar esses Inputs de informação, através de processos cognitivos distintos, incluem: 1) a selecção de palavras e imagens; 2) organização de palavras e de imagens; e 3) uma fase de integração de palavras e imagens com recurso aos conhecimentos anteriores. Assim, emerge um modelo de aprendizagem do tipo integrativo, que integra a compreensão verbal e visual, com base numa perspectiva actual que assume que a compreensão de uma representação externa pode ser geradora de múltiplas representações internas ou mentais (Schnotz & Kurschner, 2008). Este modelo coloca ênfase na interacção entre palavras e imagens e entre representações mentais verbais e visuais na aprendizagem, dando relevância ao papel das representações pictóricas no processo de ensino e aprendizagem, e na avaliação de temas científicos (Anagnostopoulou *et al.*, 2012).

As representações múltiplas têm um carácter mais complexo, de suporte complementar e de informação e na interpretação de processos, podendo ser a base da construção de níveis de compreensão mais aprofundados. Estas representações interagem com as internas ou mentais durante a aquisição de conhecimentos e na aplicação dos conhecimentos

adquiridos pelo indivíduo, revelando implicações na resolução de tarefas específicas (Schnotz & Kurschner, 2008). Sabe-se que os alunos que mostram uma melhor compreensão da natureza dos modelos sabem usá-los como ferramenta de raciocínio científico, e conseguem realizar inferências a partir dos modelos construídos (Gobert *et al.*, 2011).

No âmbito do ensino das Ciências é dado enfoque ao conceito de literacia científica, ou seja, à capacidade que os alunos revelam em aplicar os conhecimentos previamente aprendidos na escola às situações do quotidiano. A literacia científica também implica proficiência ao nível da linguagem científica e na capacidade de interpretar e criar múltiplas representações. Sabe-se que as representações de conceitos científicos baseadas em gráficos e diagramas implicam uma melhor compreensão no processo de aprendizagem, sendo mais adequadas para elaborar previsões e conclusões, constituindo bons instrumentos de transferência de conhecimento (Osborne, 2002; Ainsworth, 2006; Yore & Treagust, 2006).

Resumidamente, dados de uma investigação recente revelam a forma como os alunos consideram aprender ciências de modo mais eficaz, definindo eficácia na aprendizagem quando ocorre a retenção de conhecimento por um período de tempo mais longo. Tendo em consideração, que em Ciência são apresentados muitos conceitos e processos abstractos, que exigem capacidade de observação, é de realçar que tipo de ensino pode requerer maior recurso a materiais visuais e outros instrumentos, incluindo figuras, modelos, vídeos e simulações que ajudem os alunos a recordar a informação de forma mais acessível (Çimer, 2012).

As representações pictóricas assumem um papel muito importante, tendo em consideração que o aluno quando visualiza uma representação realiza tarefas cognitivas bastante complexas: 1) identificar o tipo de representação e descodificar a informação; 2) perceber a relação entre a representação visual e o assunto associado; e 3) compreender como procurar e seleccionar a informação adequada; ou seja, definir o papel funcional da representação (Ainsworth, 2006).

O processamento cognitivo que envolve a leitura e compreensão de textos associada a outras tarefas de aprendizagem, como seja a elaboração de resumo sobre o tema através do desenho de diagramas, pode resultar em modelos mentais mais enriquecedores, favorecendo a capacidade de efectuar inferências nos alunos (Gobert, 2000). Nesta perspectiva, ao refletir-se sobre os processos de aprendizagem através da observação de imagens, a aprendizagem pode ser considerada como um processo ativo e construtivo. Estas observações são consideradas representações externas, como no caso dos gráficos, mapas, diagramas, modelos e simulações (Gobert, 2005).

Os modelos, diagramas e outras formas de representações externas são componentes essenciais da Ciência e no ensino das Ciências. No entanto, a sua utilização não garante o sucesso na aprendizagem, sendo instrumentos de suporte na construção de modelos mentais sobre o estudo de um determinado processo. A experiência em utilizar representações pictóricas é fundamental para ajudar a desenvolver capacidades de investigação e procurar explicações baseadas em observações empíricas; sendo a literacia visual importante na promoção da compreensão conceptual (Schonborn & Anderson, 2010; Host *et al.*, 2013).

Outro estudo refere a importância dos modelos científicos definidos como um sistema concetual, inserido em determinado contexto teórico que um representa um padrão específico da realidade. Assim, um modelo pode ter uma função exploratória, como seja a descrição de um padrão, de uma explicação, de uma previsão ou uma função criativa; para os alunos serve como instrumento organizador e para relacionar conceitos se modo produtivo e significativo, sendo um meio de avaliação de aprendizagens e das práticas de ensino (Halloun, 2004).

Segundo Wood (2009), a perspetiva construtivista de aprendizagem implica que os alunos devem construir as suas próprias estruturas de conhecimento, através do ensino e da experiência com base em conhecimentos prévios. Neste contexto, refere que a aprendizagem altera as estruturas neurológicas ou cerebrais, que constituem o processo de aprendizagem, implicando que os alunos invistam mais tempo de forma ativa e empenhada em diferentes atividades, como discussões ou debates; na resolução de problemas; na construção de diagramas e trabalhar em projetos de pesquisa, em vez de assistirem passivamente a uma leitura; realizarem a leitura de um texto ou a consultar de Websites. Defende, ainda, uma nova perspetiva de ensino e aprendizagem centrada no aluno, que integre as suas necessidades, capacidades, conhecimentos e diversidade e com enfoque no processo de aprendizagem individual.

Nesta perspetiva construtivista, outros autores reforçam a importância do ensino e aprendizagem em ciências, através da familiarização com diversos tipos de representações visuais, de forma a estimular nos alunos a aquisição de informação relevante, com implicações ao nível da literacia científica (Anagnostopoulou *et al.*, 2012).

1.3. Perguntas associadas às representações pictóricas sobre Tectónica de Placas

Diversas razões mostram a importância de avaliar as perguntas formuladas nos manuais escolares (ME), nomeadamente pelo facto de um dos seus papéis fundamentais servir para motivar ou estimular explicações, postular teorias, avaliar evidências, justificar raciocínios e

clarificar dúvidas, ou seja, perguntar pode promover o desenvolvimento do pensamento crítico nos alunos (Chin & Osborne, 2008). Outra razão, para analisar este recurso, reside no facto de existirem poucos estudos de avaliação sobre a perspetiva ou visão da Ciência que está representada nos ME, através dos quais os alunos formam ideias específicas sobre o papel da Ciência e da função que desempenha na sociedade (Lemoni *et al.*, 2011).

A utilização de ME no processo de ensino e aprendizagem é uma prática comum, sendo uma componente importante no desenvolvimento de competências cognitivas, relacionadas ou conducentes a literacia científica. No entanto, pelo facto do conceito de literacia científica ser, suficientemente, abrangente parece relevante encontrar uma definição aplicada ao ensino das ciências. A descrever este conceito pode afirmar-se que a «literacia em ciência significa que uma pessoa pode perguntar, encontrar, ou determinar as respostas a questões com base em situações sobre experiências quotidianas; ou seja, que o indivíduo tem a capacidade de descrever, explicar e prever fenómenos naturalmente» (National Research Council [NRC], 1996, p. 22).

De acordo com um estudo recente literacia pode definir-se, «Scientific literacy consists of the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity» (Dani, 2009, p. 289). Neste âmbito, o autor refere que em contexto de ensino existem alguns domínios, tais como: 1) Conhecimento científico; 2) Natureza investigativa da ciência; 3) Ciência como meio de conhecimento; e 4) Interação entre ciência, tecnologia e sociedade; que podem ajudar a definir diversos elementos, que integram e influenciam a operacionalização do conceito de literacia científica (Dani, 2009).

De facto, os ME podem constituir elementos que organizam e promovem a aquisição de determinado tipo de conhecimentos, disponibilizando algum consenso na disciplina de ciências. Assim, possuem grande importância na construção e disseminação dos conceitos científicos; podendo existir a limitação do manual escolar ser utilizado como fonte de informação fidedigna e inquestionável, associado à crença de que os conteúdos são apenas factuais e isentos de qualquer tipo de interpretação. Por outro lado, sabe-se que os ME são seleccionados, em maior ou menor grau, devido aos conteúdos, exemplos, perguntas, problemas e atividades que integram o seu corpo de texto. De acordo com estes dados, é importante considerar diferentes dimensões de análise num estudo de ME, dado que estas podem fornecer informações muito importantes acerca da construção e disseminação do conhecimento científico e, ainda, sobre o ensino e aprendizagem (Souza & Porto, 2012).

Em Ciência, a aquisição de conhecimentos deve-se à interação entre os conhecimentos adquiridos através de experiência e de modelos teóricos. Contudo, ainda não existe na

literatura uma definição única para o termo modelo e falta consenso sobre o termo, entre os filósofos e professores de ciências (Gericke & Hagberg, 2010; citado por Halloun, 2004). Uma definição possível refere que um modelo consiste num sistema de conceitos relacionados, que adquirem significado quando aplicados na construção e enquanto elementos relevantes na sua estrutura; citado por Halloun, 2004).

Chin & Osborne (2008) referem que as perguntas são uma fonte potencial de aprender e ensinar ciências, nomeadamente as que são colocadas pelos alunos desempenham um papel muito importante no significado atribuído à aprendizagem e na investigação em ciência. Outros autores indicam a formulação de perguntas como um elemento fundamental no ensino de modelos e na facilitação da aprendizagem (Lee & Kinzie, 2012).

Vários investigadores referem o papel das perguntas nos manuais escolares como um tema de estudo fundamental, dado que incluem questões de nível cognitivo baixo, na maior parte dos casos. Deste modo, o estudo das questões formuladas nos manuais parece assumir muita importância pelo facto destas poderem despoletar novas aprendizagens; terem funções cognitivas relacionadas com a promoção da compreensão e desenvolvimento do pensamento crítico (Leite et al., 2012).

A principal característica que distingue um ensino centrado em questões problema implica a ação de motivar os alunos, para que sejam capazes de desenvolver explicações e previsões a partir de evidências. Uma previsão ocorre quando os alunos fazem a projeção de um possível resultado de investigação com base em padrões conhecidos nos dados. Enquanto, o raciocínio ajuda os alunos a organizar as ideias de acordo com padrões lógicos de compreensão adotados a partir de uma classificação. Esta lógica ocorre na taxonomia de Bloom (1956), cuja classificação apresenta níveis cognitivos distribuídos em duas categorias, que distingue processos cognitivos inferiores e superiores. Assim, de acordo com esta classificação, uma questão que tem por objetivo a realização de um raciocínio ou uma previsão, encontra-se associada à promoção de competências cognitivas mais elevadas (Lee & Kinzie, 2012).

Diversos autores reforçam a importância de colocar perguntas de nível cognitivo mais elevado nos ME de Ciências, porque concluem que devido ao desenvolvimento intelectual dos alunos de 2º e 3º ciclo de escolaridade, não é esperado que o façam de forma espontânea, mas que tenham de aprender, numa primeira fase, a colocar os diferentes tipos de perguntas sobre processos científicos. Dados de pesquisa sugerem que, tal como ocorre ao nível da argumentação, a capacidade de formular perguntas implica treino ou modelação e alguma consciência metalinguística, que deve ser orientada no contexto de ensino (Chin & Osborne, 2008).

Outros estudos referem que os ME portugueses recorrem a perguntas quando desenvolvem os diversos temas programáticos (Leite *et al.*, 2012). Mas, nem todas as perguntas são relevantes do ponto de vista da metodologia de Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas. As perguntas que interessam para este efeito são as de nível cognitivo elevado, cuja resposta requer reflexão e compreensão dos assuntos (Dourado & Leite, 2010).

Diversos autores defendem a teoria de aprendizagem construtivista pela sua abrangência e porque proporciona uma forma inovadora de enquadrar e avaliar o tipo de conhecimentos no processo de aprendizagem. A nova aprendizagem implica a ativação de conhecimentos anteriores e envolve diversos processos cognitivos que operam sobre esse conhecimento. Esta teoria, pela sua abrangência, proporciona uma forma inovadora de enquadrar e avaliar o tipo de conhecimentos no processo de aprendizagem, no qual o tipo de perguntas pode facilitar o desenvolvimento de capacidades cognitivas mais elevadas nos alunos (Leite *et al.*, 2012).

No ensino, a taxonomia de Bloom tem sido aplicada para pesquisar a congruência entre os programas e as metas e objetivos curriculares e para aferir a relação entre o processo de ensino e avaliação (Allen & Tanner, 2002). Nesta classificação, estes processos encontram-se agrupados em seis categorias que aumentam em nível de complexidade cognitiva (Bloom *et al.*, 1956). Estas categorias permitem um enquadramento para classificar perguntas e refletir sobre as estratégias de questionar, utilizadas no ensino das ciências (Allen & Tanner, 2002).

O nível cognitivo das perguntas, propostas nos manuais escolares, pode ser avaliado através da taxonomia de Bloom revista (Tabela I) que propõe um sistema de classificação da dimensão do processamento cognitivo, contendo seis categorias que diferem no seu nível de complexidade. Esta dimensão do processamento cognitivo é hierárquica e pode ser aplicada em diferentes contextos e avaliada em termos de evidências empíricas (Krathwohl, 2002). As formas verbais foram adicionadas à hierarquia original e indicam as ações ou tarefas a desempenhar que servem para avaliar os objetivos ou metas de aprendizagem, em cada nível cognitivo (Krathwohl, 2002).

Tabela I - Categorias dos processos cognitivos segundo a taxonomia de Bloom revista (adaptado de Krathwohl, 2002).

Categoria	Descritor
Recordar: O aluno é capaz de relembrar a informação aprendida?	Reconhecer, relembrar
Compreender: O aluno consegue explicar ideias e conceitos?	Interpretar, inferir, explicar, classificar, exemplificar, resumir
Aplicar: O aluno sabe aplicar a informação numa situação nova?	Implementar, executar
Analisar: O aluno diferencia as partes do conhecimento global?	Atribuir, organizar, diferenciar
Avaliar: O aluno critica uma posição ou decisão?	Criticar, verificar
Criar: O aluno consegue produzir um novo produto ou ponto de vista?	Planificar, gerar, produzir

Globalmente é possível compreender a taxonomia de Bloom revista e os respetivos pressupostos teóricos, tendo em consideração que a estrutura da classificação consiste numa hierarquia, não necessariamente cumulativa, mas onde a classe dos objetivos está organizada segundo uma ordem crescente de complexidade (Amer, 2006).

A questão central consiste em analisar e caracterizar em as representações visuais apresentadas nos ME do 7.º ano de escolaridade e de Geologia Geral do ensino superior, dada a sua importância no ensino das geociências, em termos da tipologia, papel funcional e perguntas relacionadas com o subtema da Tectónica de Placas. Na aferição deste objectivo, colocaram-se algumas questões de investigação, que serão alvo de análise no capítulo de discussão de resultados.

Questões de investigação:

1. Qual é a tipologia das representações pictóricas que prevalece nos manuais escolares analisados, no subtema da Tectónica de Placas?
2. Qual o papel funcional predominante das representações nestes manuais?
3. Qual o nível cognitivo das perguntas associadas às representações da Tectónica de Placas?

O objetivo geral consistiu em avaliar e categorizar as representações pictóricas e perguntas relativas ao subtema da Tectónica de Placas, nos ME de Ciências Naturais do 7.º ano e de Geologia geral do ensino superior, através de análise de conteúdo e quantitativa, de acordo

com várias dimensões: 1) Inclusão das representações pictóricas por tópico; 2) Tipologia; 3) Papel funcional; e 4) Nível cognitivo das perguntas, de forma a avaliar e comparar a prevalência das representações visuais entre os ME do 7.º ano de escolaridade e de Geologia geral.

Os objectivos específicos delineados neste estudo comparativo e de natureza qualitativa, devem permitir responder às questões propostas sobre a análise das representações pictóricas do subtema da Tectónica de Placas, em ME de 7.º ano de escolaridade e de Geologia geral:

1. Identificar a inclusão de representações pictóricas por tópico nos ME Ciências, de forma a comparar a relação texto-imagem;
2. Caracterizar e comparar a tipologia das representações pictóricas predominante nos ME analisados;
3. Identificar e comparar o papel funcional das representações pictóricas;
4. Avaliar e comparar o nível cognitivo das perguntas associadas às representações pictóricas.

2 - METODOLOGIA

A amostra é constituída por quatro ME escolares, dois de Ciências Naturais do 7.º ano de escolaridade publicados em 2012, de acordo com as metas curriculares definidas pelo Ministério da Educação e Ciência (Bonito *et al.*, 2013) e dois de Geologia Geral publicados em 2006 e 2008, utilizados no ensino superior. Nos ME do ensino básico, os objetivos gerais correspondem à aprendizagem pretendida, apontando um caminho a seguir e incluem descritores, que indicam desempenhos observáveis que os alunos deverão revelar, enquanto os ME de Geologia Geral apontam para objectivos gerais a alcançar (Tabela II).

Tabela II – Tema, subtema e objectivos/descriptores nos manuais escolares analisados.

Nível de Ensino	Tema/Subtema	Manual (Publicação)	Objetivo/Descritor
Ensino Básico	Dinâmica interna da Terra: Tectónica de Placas	7ºano de Ciências Naturais: A e B (2012)	<p>Compreender os fundamentos da estrutura e da dinâmica da Terra:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Apresentar argumentos que apoiaram e fragilizaram a Teoria da Deriva Continental . Reconhecer o contributo da ciência, da tecnologia e da sociedade para o conhecimento da expansão dos fundos oceânicos . Esquematizar a morfologia dos fundos oceânicos . Explicar as evidências clássicas (oceânicas e continentais) que fundamentam a Teoria da Tectónica de Placas . Relacionar a expansão e a destruição contínuas dos fundos oceânicos com a constância do volume da Terra . Resolver um exercício que relacione a distância ao eixo da dorsal atlântica com a idade e o paleomagnetismo das rochas do respetivo fundo oceânico . Identificar os contributos de alguns cientistas associados à Teoria da Deriva Continental e à Teoria da Tectónica de Placas . Caracterizar placa tectónica e os diferentes tipos de limites existentes . Inferir a importância das correntes de convecção como “motor” da mobilidade das placas tectónicas
Ensino superior		Geologia Geral (2008)	<ul style="list-style-type: none"> . Identificar a Tectónica de Placas como Teoria unificadora e que revolucionou a Ciência . Apresentar a hipótese da Deriva Continental com base em várias evidências geológicas, paleontológicas e climáticas . Compreender que a hipótese da expansão do fundo oceânico pode explicar o movimento dos continentes e que as células de convecção térmica originam um mecanismo para o movimento das placas . Identificar os três tipos de limites de placas (divergente, convergente e transformante) e que ao longo destes limites ocorrem processos geológicos de criação, destruição ou deslizamento de placas . Explicar a maior parte da actividade vulcânica e sísmica no nosso planeta, pela interacção entre os limites de placas . Resolver exercícios sobre a velocidade do movimento e deslocamento de placas, com diferentes formas de cálculo . Associar o movimento das placas tectónicas a um sistema calorífico convectivo . Reconhecer que o movimento das placas tectónicas afeta a distribuição da vida sobre a Terra e que tem exercido uma influência considerável sobre a evolução

Neste estudo foi realizada uma análise documental e de conteúdo das representações pictóricas apresentadas nos manuais acima referidos, no tema da Tectónica de Placas, de acordo com as seguintes dimensões: 1) inclusão de representações por tópico, 2) tipologia, 3) papel funcional e 4) nível cognitivo das perguntas associadas às representações. Para estas dimensões realizou-se uma análise de conteúdo das representações sobre no subtema Tectónica de Placas.

Para caracterizar a tipologia das representações foi utilizado o sistema de categorização modificado de Anagnostopoulou *et al.* (2012), de forma a identificar os diferentes tipos de representações pictóricas (Fotografia; Desenho Naturalista; Desenho Estilizado; Gráfico; Tabela; Diagrama/Fluxograma; Esquema em Corte; Mapa e Híbrida).

Foram analisadas as representações incluídas em 97 páginas nos quatro ME seleccionados, conforme os dados indicados na tabela III (Anexo). Os instrumentos de recolha de dados incluem grelhas de registo e de avaliação, relativamente à análise do papel funcional das representações tendo sido modificada a classificação proposta por Yeh & Mc Tigue (2009), que integra três níveis de avaliação: 1) Nível básico ou um, a representação não tem informação explicativa na legenda, e há necessidade de recorrer conteúdos do texto do manual, para explicação ou responder a perguntas de forma correta; 2) Nível dois, a representação fornece informação parcial, não sendo suficiente para responder a perguntas sobre o tópico; ou seja, o aluno precisa extrair informação da representação, da pergunta e de conhecimentos prévios para obter a solução correta; 3) Nível três corresponde a representações que contêm a informação necessária para responder correctamente a perguntas, não sendo exigido aos alunos que a resposta tenha por base conhecimentos prévios, mas antes a capacidade de interpretação e reorganização da informação.

A grelha de registo e avaliação das perguntas em função do nível cognitivo foi elaborada de acordo com a taxonomia de Bloom *et al.* (1956), integrando seis categorias da dimensão dos processos cognitivos (recordar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar) segundo a taxonomia de Bloom revista (Krathwohl, 2002). Os descritores das categorias das perguntas foram adaptados de Allen & Tanner (2002) e as perguntas foram retiradas dos ME analisados.

A análise de conteúdo implicou um conjunto de fases essenciais, envolvendo a definição dos objetivos, análise documental e revisão bibliográfica que permitiu utilizar e adaptar taxonomias de classificação e de análise de ocorrências da tipologia, papel funcional e das perguntas, segundo um processo de categorização e codificação (Amado, 2000). Nesta análise foi adotada uma perspectiva holística, através da análise de conteúdo e pelas conclusões quantitativas obtidas a partir dos resultados referentes dos diversos ME

avaliados, fornecendo indicadores importantes para aferir os objetivos específicos propostos neste trabalho (Sousa, 2009). Numa primeira fase, um dos investigadores realizou a análise de conteúdo e de seguida, um segundo investigador orientador do estudo, examinou e discutiu a análise do primeiro, de forma a garantir um grau de concordância aceitável entre investigadores, ou de fiabilidade (Amado, 2000). Tendo sido efetuados os seguintes passos na análise de conteúdo dos ME:

- 1) As representações pictóricas dos ME, no subtema da Tectónica de Placas, foram identificadas e categorizadas de acordo com a tipologia modificada de Anagnostopoulou *et al.* (2012), conforme os exemplos nas figuras, abaixo, encontrados nos manuais analisados.



Figura 4. Fotografia – Alfred Wegener, meteorólogo alemão, propôs a hipótese da Deriva Continental (Monroe *et al.*, 2008).

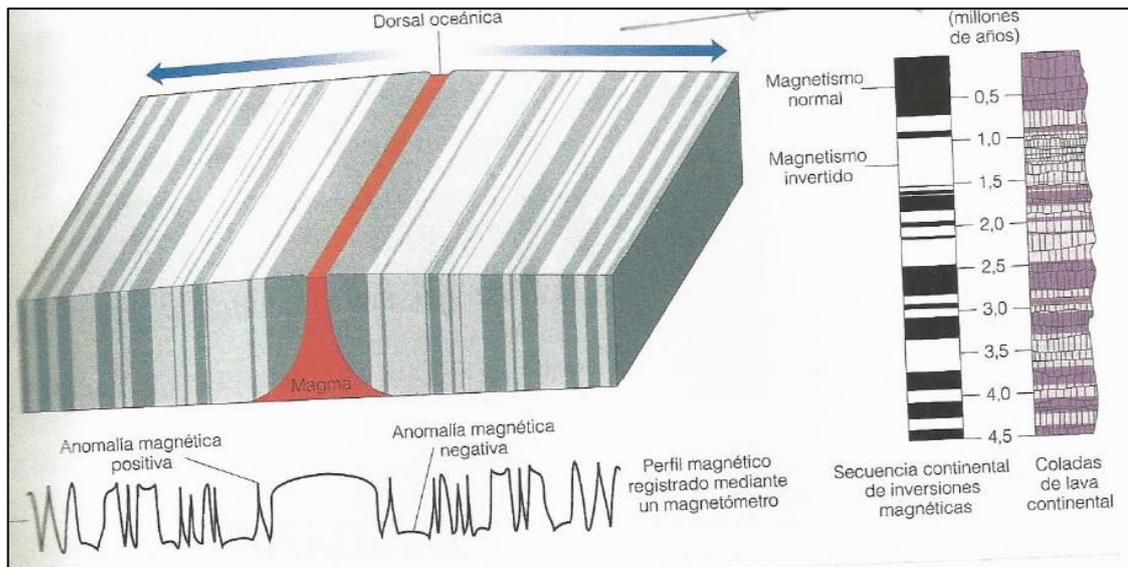


Figura 5. Diagrama – sequência das anomalias magnéticas preservadas na placa oceânica em ambos os lados da dorsal, idêntica à sequência de inversões magnéticas conhecida nas escoadas de lava continental (Monroe *et al.*, 2008).

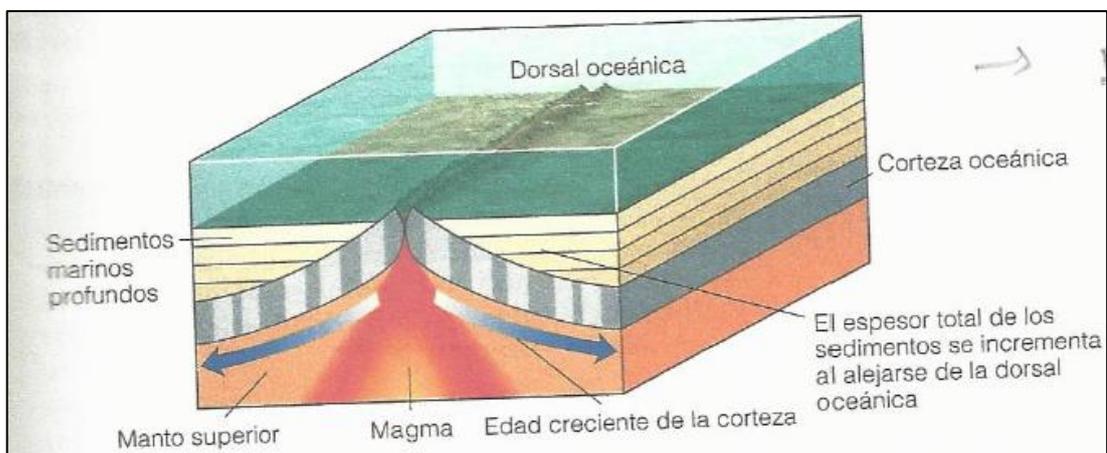


Figura 6. Esquema – Espessura total dos sedimentos do fundo marinho aumenta à medida que se afastam da dorsal oceânica, pelo facto de serem mais antigos à medida que se distanciam da dorsal (Monroe *et al.*, 2008).

Tipos de bordes de las placas			
Tipo	Ejemplo	Elementos geomorfológicos	Volcanismo
Divergente			
Oceánica	Dorsal Centroatlántica	Dorsal oceánica central con valle de rift axial	Basalto
Continental	Valle del Rift, en África oriental	Valle de rift	Basalto y riolita, sin andesita
Convergente			
Oceánica-oceánica	Islas Aleutianas	Arco de islas volcánicas, fosa oceánica alejada de la costa	Andesita
Oceánica-continental	Cordillera de los Andes	Fosa oceánica alejada de la costa, cadena de montañas volcánicas, cinturón montañoso	Andesita
Continental-continental	Cordillera de los Himalayas	Cinturón montañoso	Menor
Transformante	Falla de San Andrés	Valle de falla	Menor

Figura 7. Tabela – Tipos de limites de placas tectónicas (Monroe *et al.*, 2008).

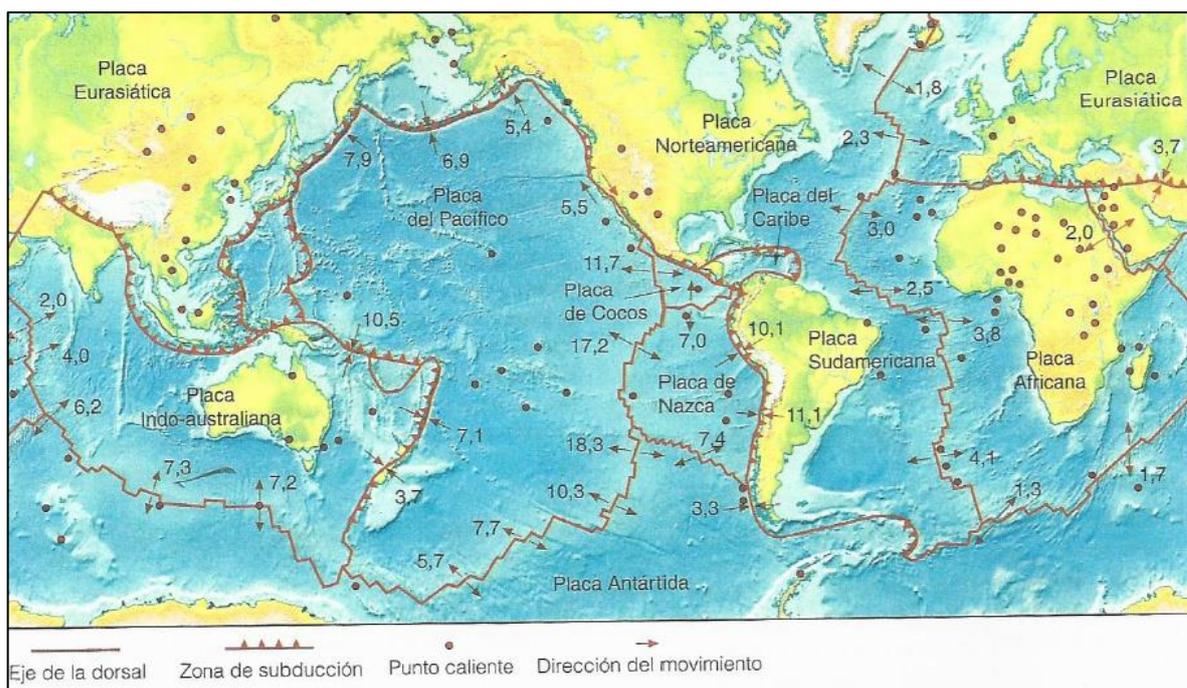


Figura 8. Mapa – Locais da superfície terrestre onde se situam os limites, movimentos e velocidade em centímetros por ano, e pontos quentes (Monroe *et al.*, 2008).

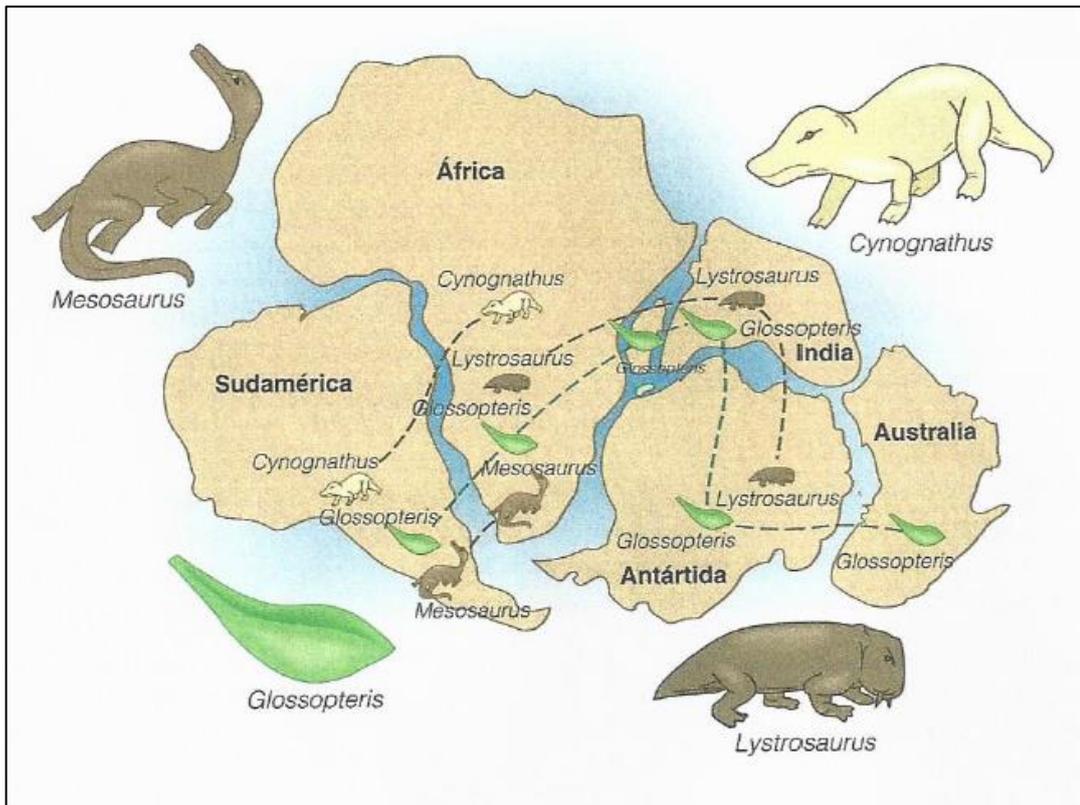


Figura 9. Desenho Estilizado - Alguns animais, plantas e fósseis que se encontram nos atuais continentes, mas que estiveram unidos no Paleozoico superior e constituíam Gondwana (Monroe et al., 2008).

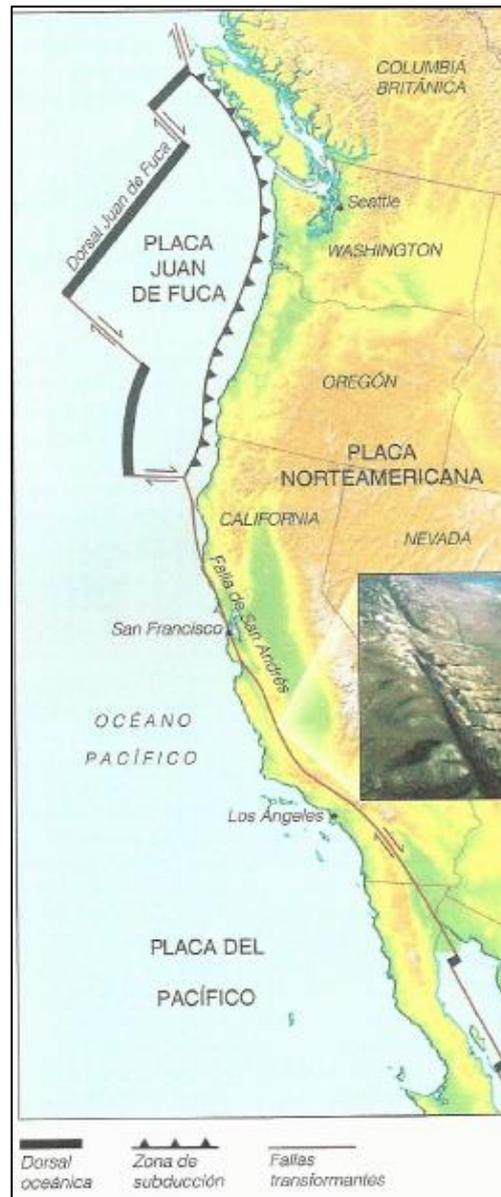


Figura 10. Híbrida – Limites da falha transformante de Stº André, nos Estados Unidos, que separa a placa do Pacífico e a Norte Americana (Monroe *et al.*, 2008).

2) O papel funcional das representações pictóricas foi identificado e categorizado, segundo a classificação modificada de Yeh & Mc Tigue (2009), a partir das informações de carácter explicativo que acompanham as representações; integrando três níveis de explicação (Nível 1, 2 e 3), apresentados nas figuras extraídas dos ME utilizados neste estudo.

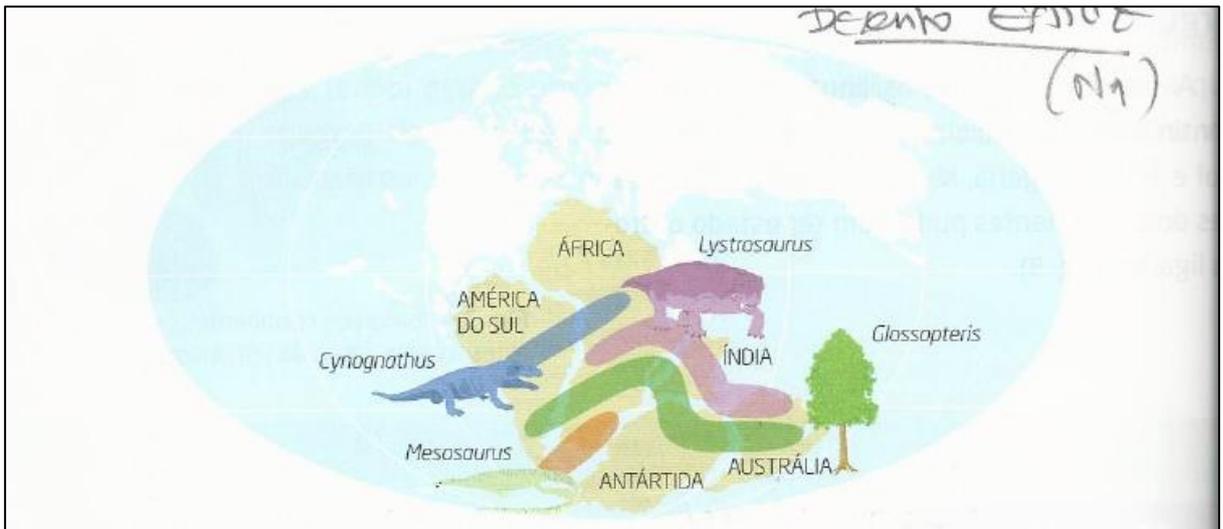


Figura 11. Representação de Nível 1- desenho do mapa que representa a parte sul da Pangeia com a distribuição de alguns fósseis (Campos & Dias, 2012).

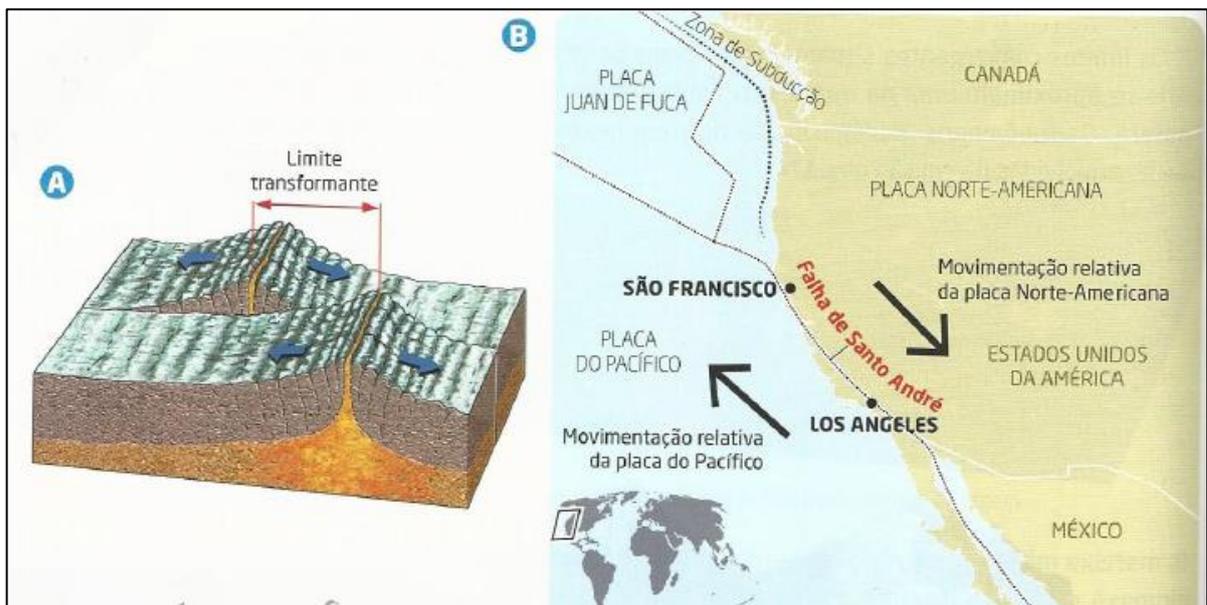


Figura 12. Representação de Nível 2 – mapa e esquema que mostram os limites transformantes de duas placas com movimento de sentido oposto: (A) ao longo de limites nos fundos oceânicos (A) e (B) na superfície continental da Califórnia (Campos & Dias, 2012).

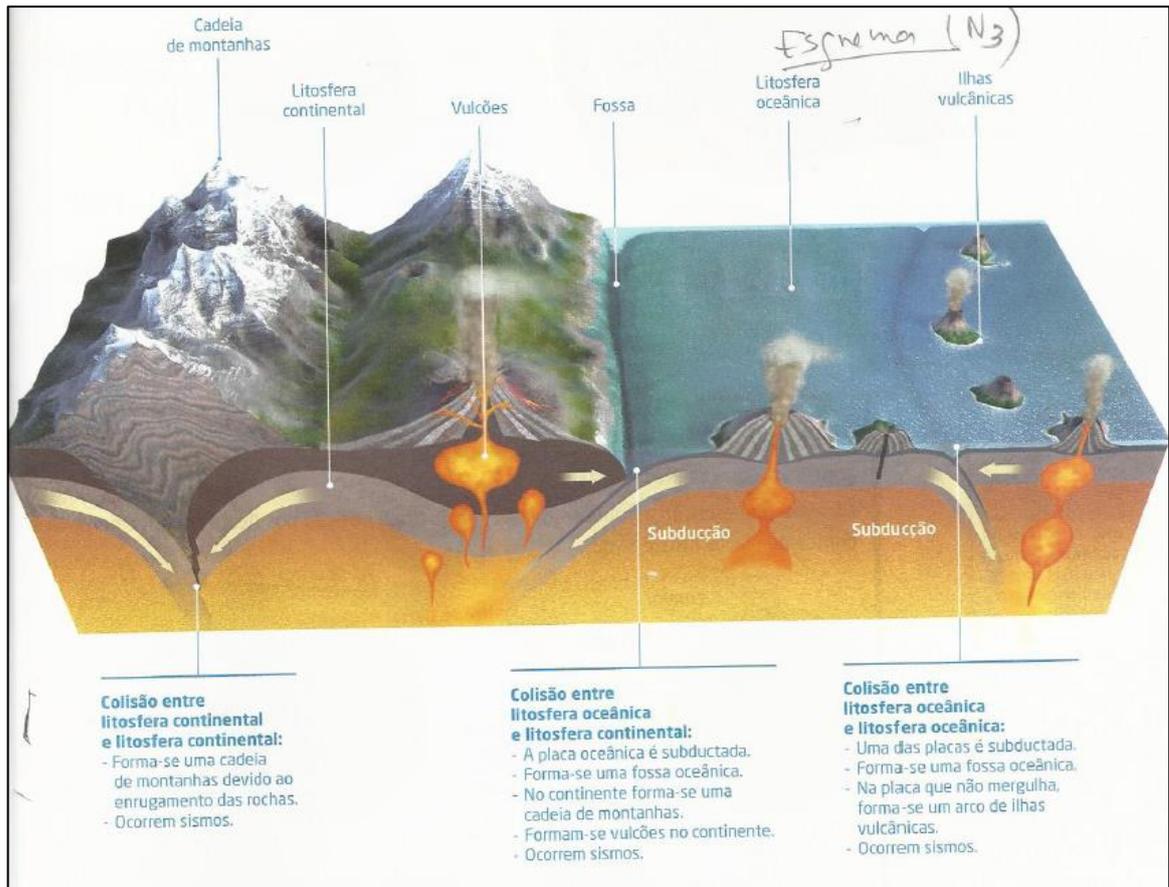


Figura 13. Representação de Nível 3 – esquema dos limites convergentes de acordo com os processos geológicos de colisão entre placas (Campos & Dias, 2012).

3) As perguntas relativas a representações pictóricas, sobre o subtema da Tectónica de Placas, foram identificadas e categorizadas de acordo com a taxonomia de Bloom revista (Kathwohl, 2002), conforme exemplos apresentados nas Tabelas IV e V (Anexo).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela VI revela uma distribuição pouco equilibrada, com menor número de representações pictóricas por tópico nos ME do 7.º ano de escolaridade, no entanto, predomina um maior número de tópicos com três ou mais representações, em detrimento de mais texto para leitura dos utilizadores; ou seja, pode interpretar-se como tendo uma relação texto - imagem, pouco ajustada. Comparativamente, os manuais de Geologia Geral, para utilizadores do ensino superior, apresentam melhor distribuição das representações visuais por tópico e em maior número, acompanhados de texto explicativo detalhado no subtema da Tectónica de Placas, verificando-se um melhor equilíbrio na relação texto - imagem.

Tabela VI – Inclusão de representações pictóricas por tópico nos ME de Ciências Naturais do 7.º ano e de Geologia Geral do ensino superior.

Manuais	CN - 7.º ano		Geologia geral	
	n	(%)	n	(%)
Categoria				
Tópico com uma representação	1	(7,1)	13	(34,2)
Tópico com duas representações	1	(7,1)	9	(23,7)
Tópico com três ou mais representações	12	(85,7)	16	(42,1)
Total de tópicos com representações nos manuais (N)	14		38	

Relativamente aos resultados obtidos na Tabela VII, verificou-se uma tipologia de representações, bastante distinta, entre os manuais do 7.º ano e os de Geologia geral. No subtema selecionado, da Tectónica de Placas, os ME de 7.ºano de escolaridade mostram uma predominância percentual de representações visuais nas categorias Esquema em Corte (37,1), Desenho Estilizado (24,3) e menor número nas categorias Fotografia (18,6) e Híbrida (17,1). Comparativamente, nos ME de Geologia geral de introdução no ensino superior, a predominância percentual das representações recai nas categorias Fotografia (25,7) e Mapas (20,0) e em menor número nas categorias Esquema em Corte (18,6), Desenho Estilizado e Híbrida (15,7). Os ME do 7.º ano, no subtema analisado, não apresentam representações nas categorias Desenho Naturalista; Diagrama/Fluxograma, Tabela e Gráfico; enquanto os de Geologia geral não têm representações nas categorias Desenho Naturalista e Gráfico.

Em relação à tipologia das representações, é de realçar a ausência de representações visuais nas categorias de Tabela; Gráfico e Diagrama/Fluxogramas nos ME do 7.º ano

quando se reflecte sobre as competências de raciocínio implicadas na análise destas representações, de acordo com o definido nas Orientações Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico, documento que postula o desenvolvimento de conhecimentos, tais como, avaliação dos resultados obtidos, planeamento e realização de investigações, elaboração e interpretação de representações gráficas onde os alunos utilizem dados estatísticos e matemáticos, de forma a promover o pensamento de forma criativo e crítico, relacionando evidências e explicações, confrontando diferentes perspectivas de interpretação científica, construindo e/ou analisando situações alternativas que exijam a proposta e a utilização de estratégias cognitivas diversificadas (Galvão *et al.*, 2001).

Esta situação não se verificou nos ME do 7.º ano, no subtema analisado, dada a escassez de representações, que exigem maior capacidade de análise de informação, como Mapas e Gráficos. Consequentemente, nos manuais de Geologia geral, também seria de esperar uma utilização mais frequente de Diagramas, Tabelas e Gráficos para estimular a aprendizagem de competências de análise e interpretação pelos utilizadores, dado o nível de abstracção mais elevado que essas representações exigem no ensino e aprendizagem das Ciências. Diversos autores defendem que as representações têm um papel muito importante nos ME e são fundamentais enquanto elementos de suporte para explicar e compreender conceitos científicos, tendo em consideração que as imagens facilitam a apresentação de conceitos abstractos através de representações concretas (Yeh & MC Tigue, 2009).

As representações Híbridas, utilizadas com alguma frequência nos ME de Ciências Naturais e integram Esquemas e Desenhos Estilizados que não representam de forma adequada os conceitos científicos em causa, podendo originar modelos mentais incorretos nos alunos. Outros estudos revelam a importância dos modelos híbridos no ensino das Ciências, dado serem bastante usados nos manuais, consistindo num conjunto de componentes de vários modelos, com diversos enquadramentos científicos, mas que podem conter alguma incoerência concetual e ser uma fonte de confusão no processo de aprendizagem dos alunos (Gericke & Hagberg, 2010).

Outro estudo recente pediu aos alunos para comparar os seus desenhos dos alunos com as representações do ME sobre a Tectónica de Placas, e depois para identificarem os erros de interpretação ao elaborar explicações sobre o desenho. Assim, foi possível reconhecer algumas concepções alternativas em modelos mentais dos alunos, permitindo ao professor introduzir outras estratégias didácticas para corrigir as concepções erradas dos alunos, num dos temas mais importantes em Geociências (Smith & Bermea, 2012).

Tabela VII – Tipologia das representações pictóricas nos manuais, de acordo com as categorias definidas (modificado de Anagnostopoulou *et al.*, 2012)

Manuais	CN - 7.º ano		Geologia geral	
	n	(%)	n	(%)
Categoria				
Fotografia (tema, sujeito ou cenário fotografado)	13	(18,6)	18	(25,7)
Desenho Naturalista (tema, objeto são delineados em detalhe)	0	(0,0)	0	(0,0)
Diagrama/Fluxograma (setas ou números são indicados entre fases)	0	(0,0)	2	(2,9)
Tabela (quadro compostos por células)	0	(0,0)	1	(1,4)
Gráfico (histograma que representa informação quantitativa)	0	(0,0)	0	(0,0)
Esquema em Corte (Partes internas ou processo são nomeados com legendas)	26	(37,1)	13	(18,6)
Desenho Estilizado (representação, gráfico e/ou desenho simbólico são delineados com contornos e tem legendas)	17	(24,3)	11	(15,7)
Mapa (representação ou gráfico são delineados com contornos, tem escala e legenda)	2	(2,9)	14	(20,0)
Híbrida (Duas ou mais formas de representação acima descritas, estão envolvidas)	12	(17,1)	11	(15,7)
Total de representações nos manuais (N)	70		70	

Os resultados da Tabela VIII mostram que o papel funcional das representações nos ME do 7º ano são predominantemente de Nível 2 (60,0) e de Nível 1 (27,1), indicando que os seus utilizadores têm de recorrer ao texto escrito do manual, para compreender os conteúdos representados e responder correctamente a perguntas relacionadas com o tema abordado. Nos ME de Geologia geral, para utilizadores do ensino superior, o papel funcional das representações é predominante no Nível 2 (64,3) e de Nível 3 (32,9), revelando melhoria na informação associada às representações pictóricas e menor dependência da informação do texto para responder a perguntas ou compreender os conceitos associados ao subtema da Tectónica de Placas. É de realçar que os ME do 7º ano, no subtema analisado, apresentam menos representações de Nível 3 (12,9) comparativamente aos de Geologia geral e nestes predomina o papel funcional de Nível 2, revelando que os autores dos ME podem melhorar as informações de carácter explicativo que acompanham as representações. Um estudo recente indica que os ME de Ciência ainda não fazem uso das representações pictóricas, na

sua totalidade, para comunicar com maior objectividade informação científica (Anagnostopoulou *et al.*, 2012).

Tabela VIII - Papel funcional das representações pictóricas nos manuais, de acordo com as categorias modificadas de Yeh & Mc Tighe (2009).

Manuais	CN-7.º ano		Geologia geral	
	n	(%)	n	(%)
Categoria				
Nível 1 (representação sem informação explicativa na legenda, com necessidade de recorrer conteúdos do texto para explicação ou responder a perguntas)	19	(27,1)	2	(2,9)
Nível 2 (representação fornece informação parcial em relação ao texto para explicação ou responder a perguntas)	42	(60,0)	45	(64,3)
Nível 3 (representação contém a maior parte da informação para explicação ou responder a perguntas)	9	(12,9)	23	(32,9)
Total de representações por nível nos manuais (N)	70		70	

Os resultados da Tabela IX mostram que nos ME do 7.º ano de Ciências Naturais, o nível cognitivo das perguntas é predominante na categoria Compreender (58,7), seguido pela categoria Recordar (20,0); enquanto nos de Geologia Geral, o nível cognitivo predominante situa-se na categoria Compreender (49,1), seguido pela categoria Aplicar (21,1). Comparativamente, nos ME de Geologia Geral sucede um aumento de perguntas na categoria Aplicar; podendo denotar-se maior investimento dos autores na formulação de perguntas no nível cognitivo mais elevado. É de sublinhar que nos quatro ME analisados, no subtema da Tectónica de Placas, predominam perguntas na categoria Compreender e que nenhum apresenta perguntas na categoria Criar cujo nível de abstracção é mais elevado, segundo a Taxonomia de Bloom revista (Krathwohl, 2002). Um resultado positivo obtido nos ME de Geologia geral, é a menor predominância de perguntas na categoria Recordar (8,8), face ao esperado, dado que é frequente existirem mais perguntas que implicam a capacidade de memorização e de reconhecimento de conceitos e menor investimento nas categorias Aplicar, Analisar, Avaliar e Criar. Neste domínio, outro estudo, reforça a importância de colocar perguntas de nível cognitivo mais elevado nos ME de Ciências, dado que os alunos do 2º e 3º ciclo apresentam dificuldade em fazer este exercício de forma espontânea; devendo ser modelada a capacidade de formular perguntas em contexto de ensino (Chin & Osborne, 2008). Assim, o processo de aprendizagem em Ciências requer auto-reflexão, saber perguntar e, ainda, capacidades metacognitivas que possibilitam ao

aluno compreender o que aprendeu e o que conseguiu transferir, aplicando os conhecimentos a novas situações (Wood, 2009).

Tabela IX – Nível cognitivo das perguntas associadas às representações pictóricas nos manuais, segundo a Taxonomia de Bloom revista (adaptado de Krathwohl, 2002)

Manuais	CN - 7.º ano		Geologia geral	
	n	(%)	n	(%)
Categoria				
Recordar	15	(20,0)	5	(8,8)
Compreender	44	(58,7)	28	(49,1)
Aplicar	1	(1,3)	12	(21,1)
Analisar	12	(16,0)	10	(17,5)
Avaliar	3	(4,0)	2	(3,5)
Criar	0	(0,0)	0	(0,0)
Total de perguntas nos manuais (N)	75		57	

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo observou-se que ocorre pouca utilização de alguns tipos de representações pictóricas nos ME, nomeadamente, Tabelas, Gráficos, Diagramas e Mapas na apresentação e análise dos conteúdos científicos, quando comparados os ME de Ciências Naturais do 7º ano e os de Geologia geral, respetivamente. No entanto, outro estudo realça, que nos processos de ensino e de aprendizagem em Ciências, é crucial que os alunos estejam familiarizados com os diferentes tipos de representações e aprendam a extrair o máximo de informação possível. Neste sentido, as representações apresentadas pelos ME podem ser complementadas por outros materiais, como artigos científicos que também fazem uso de representações; tendo em conta que os modelos devem ser utilizados, mais frequentemente, para promover competências de literacia científica (Anagnostopoulou *et al.*, 2012).

Nos ME analisados verificou-se maior utilização de Esquemas para explicitação de conceitos, no subtema da Tectónica de Placas, e de Desenhos Estilizados e Figuras Híbridas, nem sempre próximos aos modelos mais adequados para definir os conceitos

implícitos nessas representações, podendo originar concepções erradas na aprendizagem dos alunos. Assim, o professor deve ter o papel de confirmar se o aluno compreendeu os conceitos, definições e se consegue responder a perguntas associadas à representação. Dado que na situação de análise de representações pictóricas, os alunos podem não ter desenvolvido conceitos de base para compreender os conteúdos implícitos nas representações ou interpretá-los de modo errado, como Tabelas, Gráficos e Esquemas mais complexos, apresentadas nos ME de Ciências. E, ainda, deve ter em conta alguns aspectos gráficos, como as cores utilizadas nalgumas imagens, que levam a interpretações incorrectas de determinadas estruturas ou processos (Cook, 2008). Outro estudo refere a importância de uma abordagem didática que tenha em conta a eficácia das diferentes tarefas de aprendizagem, como estratégias para estimular a correta construção de modelos, em Geologia, por parte dos alunos (Gobert, 2005).

Um estudo recente enfatiza a importância das experiências do quotidiano, pensamento criativo e perceptivo e da utilização dos ME de Ciências na formação de concepções erradas, que afetam as aprendizagens dos alunos, tendo em consideração que as definições e conceitos se alteram, ao longo do tempo, com os avanços do conhecimento científico. Assim, ocorrem mudanças e evolução nas Ciências e os alunos necessitam desenvolver a competências de colocar perguntas e compreender as alterações nos processos em Ciências (Monteiro *et al.*, 2012).

As perguntas assumem um papel relevante para estimular o raciocínio e a capacidade de previsão e motivação. Quando os alunos elaboram previsões e raciocínios têm de fazer inferências, o que implica aplicar capacidades de um nível cognitivo mais elevado, ou seja, necessitam procurar significados implícitos com base em conhecimentos prévios ou em evidências científicas (Lee & Kinzie, 2012). Sabe-se que as perguntas devem funcionar como mais um fator de promoção cognitiva, nomeadamente da literacia científica, cuja definição abrangente integra: «o uso de conceitos científicos, competências e valores usados na tomada de decisão à medida que ocorre interação com as pessoas e com o ambiente» e «compreender as inter-relações entre ciência, tecnologia e outras áreas da sociedade, incluindo o desenvolvimento económico e social» (DeBoer, 2000, p. 588). Assim, importa realçar que desenvolver competências relativas à literacia visual, em Ciências, implica saber interpretar correctamente as representações pictóricas apresentadas nos ME de forma a extrair a informação necessária durante os processos de ensino e aprendizagem. Neste estudo é relevante o aumento no nível de abstracção das representações no que respeita à tipologia, papel funcional e nível cognitivo das perguntas, verificado nos manuais de Geologia Geral, no subtema da Tectónica de Placas. Outro estudo reforça importância da utilização das representações na aprendizagem em Ciências e mostra que os ME de

Ciências Naturais, em relação a outros materiais publicados em Ciências, utilizam: 1) dez vezes mais as representações pictóricas; 2) imagens para familiarizar os utilizadores com conteúdos técnico-científicos específicos; e 3) tendem a criar um sentido de maior autonomia para os utilizadores usando este formato ou modo visual; para além disso, o nível de abstracção das representações aumenta com o nível de escolaridade, do primeiro ciclo para o secundário (Dimopoulos *et al.*, 2003).

Relativamente ao papel funcional das representações, outro trabalho recente também enfatiza a importância da ligação entre as representações e o texto e da qualidade das legendas na construção dos ME; tendo em consideração que são aspetos que ajudam a comunicar conteúdos e processos durante a aprendizagem dos alunos (Vinisha & Ramadas, 2013).

Este estudo e outros indicam que a utilização de representações Híbridas, Desenhos Estilizados e Esquemas, são modelos múltiplos, apresentados nos ME para descrever processos em Ciências, podendo originar incoerências concetuais. Mas, este problema pode ser ultrapassado, desde que os professores estejam alerta para este aspecto e expliquem aos alunos que o uso de diferentes representações ou modelos múltiplos nos ME: 1) pode explicar o mesmo processo; 2) tem diferenças e incoerências; 3) é usado em contexto específico de aprendizagem; e 4) apresenta limitações (Gericke & Hagberg, 2010). Deste modo, é importante que os utilizadores detenham esta informação prévia, e que os professores e autores dos ME recebam mais formação específica sobre o modo de elaborar e integrar informação científica nas representações pictóricas ou modelos. Outro recurso disponível são as representações pictóricas incluídas em artigos científicos atuais e ME utilizados no ensino superior, que tenham boas revisões científicas, integrando representações adequadas que podem ser adaptada pelos autores dos ME de Ciências Naturais do 3.º ciclo de escolaridade.

Em conclusão, é de notar que neste estudo obtiveram-se melhores resultados nos ME de Geologia geral, cujas representações pictóricas implicam níveis de abstracção mais elevados em função da tipologia pela utilização mais frequente de Mapas, Fotografias e Diagramas; e do papel funcional das representações no Nível 2 e Nível 3 e, ainda, um maior número de perguntas relacionadas com as representações nas categorias Aplicar e Analisar. Assim, estes resultados, obtidos no subtema da Tectónica de Placas, podem indicar condições importantes na promoção de literacia científica no ensino das Ciências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anagnostopoulos, K., Hatzinikita, V. & Christidou V. (2012). PISA and biology textbooks: the role of visual material. *Social and Behavioral Sciences*, 46, 1839-1845.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198.
- Allen, D. & Tanner, D. (2002). Approaches to cell biology teaching: questions about questions. *Cell Biology Education*, 1, 63-67.
- Amado, J. (2000). A Técnica de análise de conteúdo. *Revista Referência*, 5, 53-63.
- Amer, A. (2006). Reflections on bloom's revised taxonomy. *Electronic Journal in Educational Psychology*, 4 (1), 213-230.
- Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W. & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. New York: Longman, <http://www.amazon.com/Taxonomy-Educational-Objectives-Handbook-cognitive/dp/0582280109/bigdogsbowlofbis/> (acedido em 4/01/2013).
- Bonito J., Morgado, M., Silva, M., Figueira, D., Serrano, M., Mesquita, J. & Rebelo, H. (2013). Metas curriculares do ensino básico – ciências naturais, 5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos. Ministério da Educação e Ciência - Direção geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular (DGDIC), <http://www.dgidc.min-edu.pt/ensinobasico/index.php?s=directorio&pid=75&ppid=57> (acedido em 16/05/2013).
- Burke, K. (2011). Plate tectonics, The Wilson Cycle, and Mantle Plumes: Geodynamics from de Top, *Annual Review: Earth Planetary Science*, 39, 1-29.
- Cachapuz, A., Paixão F., Lopes, J. & Guerra, C. (2008). Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: Linhas de pesquisa e o caso “ciência-tecnologia-sociedade”. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1 (1), 27-49.
- Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2004). Da educação em ciências às orientações para o ensino das ciências; Um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, 10 (3), 363-381.
- Cakir, M. (2008). Constructivist approaches to learning in science and their implications for science pedagogy: A literature review. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3 (4), 193-206.
- Campos, C. & Dias. (2012). *Terra cn – ciências naturais – 7.º ano*. Lisboa: Texto Editores, Lda.
- Chin, C. & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44 (1), 1-39.
- Çimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational Research and Reviews*, 7 (3), 61-71.
- Coil, D., Wenderoth, M., Cunningham, M. & Dirks, C. (2010). Teaching the process of science: Faculty perceptions and effective methodology. *Life Sciences Education*, 9, 524-535.
- Cook, M. (2008). Students' comprehension of science concepts depicted in textbook illustrations. *Electronic Journal of Science Education*, 12, (1), 1-14.
- Crowe, A., Dirks, C. & Wenderoth, M. (2008). Biology in bloom: Implementing bloom's taxonomy to enhance student learning in biology. *Life Sciences Education*, 7, 368-381.

- Dani, D. (2009). Scientific literacy and purposes for teaching science: A case study of lebanese private school teachers. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), 289-299.
- 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*, 37, 582-601.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. & Sklaveniti, S. (2003). Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. *Research in Science Education*, 33, 189-216.
- Dourado, L. & Leite, L. (2010). Questionamento em manuais escolares de ciências: Que contributos para a aprendizagem baseada na resolução de problemas da sustentabilidade da terra? In E. Canalejas Couceiro & C. García Rodríguez (Coord.). *Boletín das Ciencias – XXIII Congreso de ENCIGA*, http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/11295/1/IN_Dourado,%20Luis,%20CC,%20Que%20stionamento%20em%20manuais%20escolares.pdf (acedido, no Google, em 20/09/2012).
- Galvão, C., Neves, A., Freire, A., Lopes, A., Santos, M., Vilela, M., Oliveira, M. & Pereira, M. (2001). Orientações curriculares do ensino básico, 3º ciclo – ciências físicas e naturais. Ministério da Educação - Departamento da Educação Básica, <http://www.dgfdc.min-edu.pt/ensinobasico/index.php?s=directorio&pid=75&ppid=57> (acedido em 16/05/2013).
- Gericke, N. & Hagberg, M. (2010). Conceptual incoherence as a result of the use of multiple historical models in school textbooks. *Research Science Education*, 40 (4), 605-623.
- Gericke, N., Hagberg, M. & Jorde, D. (2012). Upper secondary students' understanding of the use of multiple models in biology textbooks: The importance of conceptual variation and incommensurability. *Research Science Education*, 43 (2), 755-780.
- Gilbert, J. (2005). Visualization: a metacognitive skill in science and science education. In *The significance of visualization in science education, I. Institute of Education (Eds). Visualization in Science Education*. The University of Reading, UK: Springer.
- Gobert, J. (2000). A typology of causal models for plate tectonics: inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22, (9), 937- 977.
- Gobert, J. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53, (4), 444-455.
- Gobert, J., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B., Levy, S. & Wilensky, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in Biology, Physics, and Chemistry. *International Journal of Science Education*, 33, (5), 653-684.
- Host, G., Larsson, C., Olson, A. & Tibell L. (2013). Student learning about biomolecular self-assembly using two different external representations. *CBE—Life Sciences Education*, 12, 471-482.
- Halloun, (2004). *Modeling Theory in Science Education*. Kluwer Academic Publishers, ISBN: 1-4020-2139-9 (HB). ISBN: 1-4020-2140-2 (e-book). <http://www.personal.kent.edu/~pwendel/page3/files/sced133PWfinal.pdf> (acedido em 2/6/2014).
- Julien, H. & Barker, S. (2009). How high-school students find and evaluate scientific information: A basis for information literacy skills development. *Library & Information Science Research*, 30, 1-6.
- Krathwohl, R. (2002). A revision of bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 1 (4), 212-218.
- Lee, Y. & Kinzie, M. (2012). Teacher question and student response with regard to cognition and language use. *Instructional Science*, 40, 857-874.

- Leite, L., Dourado, L., Morgado, S., Vilaça, T., Vasconcelos, C. & Pedrosa, M. (2012). Questionamento em manuais escolares de ciências: desenvolvimento e validação de uma grelha de análise. *Educar em Revista*, 44, 127-143.
- Lemoni, R., Stamou, A. & Stamou, G. (2011). "Romantic", "classic" and "baroque" views of nature: An analysis of pictures about the environment in greek primary school textbooks—diachronic considerations. *Research Science Education*, 41, 81-832.
- Li, Z. & Zhong, S. (2009). Supercontinent-superplume coupling, true polar wander and plume mobility: plate dominance in whole-mantle tectonics. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 176, 143-156.
- Monroe, S., Wicander, R. & Rodriguez, P. (2008). *Dinámica y Evolución del la Tierra* (4ª Ed). Madrid: Paraninfo S.A.
- Monteiro, A., Nóbrega, C., Abrantes, I. & Gomes, C. (2012). Diagnosing Portuguese students' misconceptions about the mineral concept. *International Journal of Science Education*, 12, 1-22.
- NRC-National Research Council (1996). *The national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Osborne, J. (2002). Science without literacy: a ship without a sail? *Cambridge Journal of Education*, 32, (2), 204-218.
- Otero, M. (2002). Investigación en imágenes en la educación en ciências-Imágenes, palabras y conversaciones. IV Encontro Nacional de Pesquisa em educação, S. Paulo: Brasil, 1-17, <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Conf/OTERO.pdf> (acedido em 2/6/2014).
- Otero, M., Greca, I. & Silveira, F. (2003). Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en física: un estudio comparativo *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, (1), 1-30.
- Parreiral, R. (2011). Representações para o ensino e a aprendizagem de temas de geologia no ensino Básico e no ensino secundário. Tese de doutoramento em Geologia, na especialidade de História e Metodologia das Ciências Geológicas, dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra: Portugal. <https://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/handle/10316/17959?mode=full> (acedido em 2/6/2014).
- Press, F., Siever, R., Grotzinger, J. & Jordan, T. (2006). *Understanding Earth* (4ª Ed.). São Francisco: Freeman & Company.
- Ryder, J. (2008). Identifying science understanding for functional scientific literacy, *Studies in Science Education*, 36 (1), 1-44.
- Smith, G. & Bermea, S. (2012). Using student's sketches to recognize alternative conceptions about plate tectonics persisting from prior instruction. *Journal of Science Education*, 60, (4), 350-359.
- Smith, M., Wood, W., Krauter, K. & Knight, J. (2011). Combining peer discussion with instructor explanation increases student learning in-class concept questions. *Life Sciences Education*, 10, 55-63.
- Schnotz, W. & Christian Kurschner, C. (2008). External and internal representations in the acquisition and use of knowledge: visualization effects on mental model construction. *Instructional Science*, 36, 175-190.
- Schoborn, K. & Anderson, T. (2010). Bridging the educational research-teaching practice gap – Foundations for assessing and developing biochemistry student's visual literacy. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 38, (5), 347–354.

- Sousa, A. (2009). *Investigação em Educação*. Lisboa: Livros Horizonte, Lda.
- Souza, K. & Porto, P. (2012). Chemistry and chemical education through text and image: Analysis of twentieth century textbooks used in brazilian context. *Science & Education*, 21, 705-727.
- Tarback, E. & Lutgens, F. (2013). *Ciencias de la tierra-Una introducción a la geología física (10ª Ed.)*. Madrid: Pearson Education, S.A.
- Vinisha, K. & Ramadas, J. (2013). Visual representations of the water cycle in science textbooks. *Contemporary Education Dialogue*, 10, (1), 7-36.
- Willingham, D. (2008). Critical thinking: Why is so hard to teach? *Arts Education Policy Review*, 109 (4), 21-29.
- Wood, W. (2009). Innovations in teaching undergraduate biology and why we need them. *Review of Cell and Developmental Biology*, 25, 93-112.
- Yeh, Y., & McTigue, E. (2009). The Frequency, Variation, and Function of Graphical Representations within Standardized State Science Tests. *School Science and Mathematics*, 109(8), 435-449.
- Yore, L. & Treagust, D. (2006). Current Realities and Future Possibilities: Language and Science Literacy - Empowering Research and Informing Instruction. *International Journal of Science Education*; 28 (2/3), 291-314.

ANEXO

Tabela III – Manuais escolares (ME) e número de páginas analisadas.

Ano de publicação	Editor(es)	Título	Páginas analisadas (n)	Nível de escolaridade
2012	Texto	Terra CN	23	7º ano
2012	Porto Editora	CienTIC 7	16	7º ano
2008	Parainfo, SA	Geologia.Dinámica y evolucion de la Tierra.	32	Ensino superior
2006	Bookman	PARA ENTENDER A TERRA	26	Ensino superior

Tabela IV – Amostra de perguntas relativas a representações pictóricas, sobre Tectónica de Placas, sujeita a análise de conteúdo segundo a Taxonomia de Bloom revista, nos ME do 7º ano de escolaridade.

Nível cognitivo (1)	Categoria (2)	Definição (3)	Descritor (2)	Perguntas
Baixo	Recordar	As respostas implicam que o aluno relembre conteúdos memorizados	Reconhecer	Indica as placas em que se localizam as ilhas dos Açores.
			Relembrar	Indica os conjuntos de figuras, identificados por letras, correspondentes à Pangeia, à Laurásia e à Gondwana.
	Compreender	As respostas envolvem explicar conceitos baseados em aprendizagem prévia	Interpretar	Atendendo aos dados da figura, refere como se pode explicar, segundo a teoria da deriva continental, a existência de fósseis idênticos e com a mesma idade em continentes tão afastados. Sugere uma explicação para a concordância geométrica entre as margens dos continentes. Explica o aparecimento de fósseis idênticos em locais que hoje estão afastados milhares de quilómetros entre si. Utiliza os termos convergentes e divergente para caracterizar os limites representados em A, B e C da figura 4.19.
			Exemplificar	
			Sumariar	
			Inferir	
Aplicar	As respostas requerem utilizar um procedimento numa situação nova de aprendizagem; prever resultados/consequências	Explicar		
		Implementar		
Elevado	Analisar	As respostas implicam extrair elementos de um conhecimento global para compreender as relações existentes entre as partes e o todo	Atribuir	Relaciona os movimentos observados na experiência com o limite das placas litosféricas.
			Organizar	Relaciona a idade das rochas dos fundos oceânicos com a distância a que se encontram do rifte.
			Diferenciar	Aponta duas semelhanças e duas diferenças entre os locais A e E da figura. Com base nos dados da figura, prevê em que tipo de limites de placas litosféricas atuarão predominantemente as forças distensivas, compressivas e de cisalhamento.
	Avaliar	As respostas requerem justificar uma decisão através de uma avaliação crítica de conceitos, com critérios definidos	Verificar	
			Criticar	
	Criar	As respostas implicam desenvolver, integrar e combinar ideias para construir um produto, caracterizar um modelo, teoria ou problema	Planificar	
Produzir				
Gerar				

(1) Adaptado de Bloom *et al.*, 1956; (2) Adaptado de Krathwohl, 2002; (3) Adaptado de Allen & Tanner, 2002.

Tabela V – Amostra de perguntas associadas a representações pictóricas, sobre Tectónica de Placas, sujeita a análise de conteúdo segundo a Taxonomia de Bloom revista, nos ME de Geologia geral do ensino superior.

Nível cognitivo (1)	Categoria (2)	Definição (3)	Descritor (2)	Perguntas
Baixo	Recordar	As respostas implicam que o aluno lembre conteúdos memorizados	Reconhecer	Indica uma evidência que sugere que a Pangeia existiu de facto?
			Relembrar	Qual é a profundidade em que a reciclagem de placas ocorre?
	Compreender	As respostas envolvem explicar conceitos baseados em aprendizagem prévia	Interpretar	Explica como a Tectónica de Placas afeta a evolução da vida.
			Exemplificar	
			Sumariar	Forneça um exemplo geográfico moderno de cada tipo de limite de placa.
			Inferir	Como se pode determinar a idade do fundo oceânico?
			Explicar	
			Classificar	
	Aplicar	As respostas requerem utilizar um procedimento numa situação nova de aprendizagem; prever resultados/consequências	Comparar Executar	Se a velocidade média do movimento da falha de Stº André, que separa a placa do Pacífico da placa Norte Americana, é de 5,5 centímetros por ano, quanto tempo demorará que Los Angeles e S. Francisco se juntem?
			Implementar	
Elevado	Analisar	As respostas implicam extrair elementos de um conhecimento global para compreender as relações existentes entre as partes e o todo	Atribuir	Na figura 2.14, as isócronas estão simetricamente distribuídas no oceano Atlântico, mas não no Pacífico. Por exemplo, o fundo oceânico mais antigo (azul mais escuro) é encontrado no oceano Pacífico ocidental, mas não na zona leste. Porquê?
			Organizar	
			Diferenciar	
	Avaliar	As respostas requerem justificar uma decisão através de uma avaliação crítica de conceitos, com critérios definidos	Verificar	Utilizando a idade das ilhas Havaianas, que se mostram na figura 2.2 e um mapa onde se pode medir a distância entre umas ilhas e outras, calcula a velocidade média anual da placa do Pacífico desde que se formou cada ilha; Essa velocidade de movimento é igual para todas as ilhas? Justifica a resposta.
			Criticar	
	Criar	As respostas implicam desenvolver, integrar e combinar ideias para construir um produto, caracterizar um modelo, teoria ou problema	Planificar	
Produzir				
Gerar				

(1) Adaptado de Bloom *et al.*, 1956; (2) Adaptado de Krathwohl, 2002; (3) Adaptado de Allen & Tanner, 2002.