

O ensino das Ciências da Terra no início do novo milénio

por

Maria Filomena Madeira Ferreira Amador

O novo milénio obriga a que se valorizem as interacções dinâmicas que se estabelecem entre a geosfera e a sociedade, repensando as concepções naturalistas, historicamente enraizadas e suportadas numa ideia de separação entre o homem e a natureza e, na concepção de que esta existe para nosso usufruto. No presente, são evidentes as tensões entre educação, competitividade e cidadania. O desafio será reduzir as tensões e aumentar a articulação. Para esse efeito devemos estar conscientes que estamos perante: i) a promoção e a adopção de noções como: sociedade de aprendizagem/do conhecimento/da informação ou de aprendizagem ao longo da vida (educação & formação); ii) a difusão mundial de padrões de organização da educação escolar, que podem ser vistos como fazendo parte de um processo de globalização cultural (modelos educativos estandardizados); iii) um “Método aberto de coordenação”, que exclui quer a imposição dos fins quer a definição de medidas concretas, embora se centre no controlo do grau de consecução das orientações emanada de órgãos supranacionais (indicadores padronizados).

No início do século XXI, as Ciências da Terra cuja evolução esteve quase sempre associada à identificação, à classificação e à exploração de recursos oriundos da geosfera, têm perante si o desafio de conciliar o desenvolvimento económico, a que as sociedades aspiram, com formas sustentáveis de exploração e de utilização dos referidos recursos naturais. Em simultâneo, devem ainda pugnar pela conservação da geodiversidade, como resultado da atribuição de valor intrínseco a determinadas entidades geológicas. Neste quadro, importa que os profissionais que trabalham no domínio das Ciências da Terra estejam conscientes da necessidade de introduzir objectivos, nas suas áreas de intervenção, que visem a sustentabilidade, procurando para esse efeito compreender as interacções dinâmicas que se estabelecem entre a natureza e a sociedade, isto é, de que forma as

mudanças sociais afectam o ambiente e como é que as alterações ambientais afectam a sociedade.

Mais recentemente o Ano Internacional do Planeta Terra (AIPT), evento patrocinado pelas Nações Unidas, a decorrer em 2008/09, escolheu de forma significativa o tema “Ciências da Terra para a Sociedade” como ideia central para as referidas comemorações. Por sua vez, a Declaração de Paris (2008), que marca o lançamento mundial do programa, destaca aspectos relativos à sustentabilidade, sendo claramente enfatizada a importância de formar uma “nova geração de especialistas em Ciências da Terra capazes de lidar com as necessidades actuais e futuras da sociedade global”. Ao mesmo tempo, estabelece-se como meta, a nível geral, a promoção de uma maior consciencialização dos cidadãos “sobre a estrutura, evolução, beleza e diversidade do Sistema Terra e das suas culturas inscritas nas paisagens, ...”.

A necessidade de introduzir novos conteúdos e de desenvolver competências como a capacidade de argumentar e de comunicar uma visão crítica, capacidade de envolvimento em acções concretas, capacidade para agir de forma solidária, ... (participação na vida colectiva e intervenção e realização cidadãs). A aquisição deste tipo de competências necessita de currículos mais vocacionados para a acção e, em simultâneo, mais politizados. Poderemos questionar-nos se serão as expectativas de desenvolvimento a condicionarem o tipo de protecção ambiental que se considera necessária ou, se serão as necessidades de proteger o ambiente que condicionarão o desenvolvimento? Será que as propostas de pendor neoliberal reconhecem o valor das interacções que se estabelecem entre educação, competitividade e cidadania? Será possível conciliar pela via da educação as exigências de cidadania e os requisitos de competitividade?

Na nossa argumentação utilizaremos como quadro referencial de partida, a História da Geologia e as Ciências para a Sustentabilidade (*Sustainability Science* ou *Science of Sustainability*), área de investigação recente, com carácter transdisciplinar, centrada no estudo das interacções dinâmicas entre a natureza e a sociedade, isto é, como é que as mudanças sociais afectam o ambiente e, em simultâneo, como é que o ambiente contribui para mudanças na sociedade. Numa perspectiva mais metodológica, é possível afirmar que esta área privilegia a produção de conhecimentos potencialmente importantes para suportarem processos de tomada de decisão.

A História da Geologia ao contribuir para a compreensão da evolução do conhecimento geológico é um instrumento capaz de favorecer processos reflexivos que visem o

reconhecimento do sentido das mudanças que se registaram no tipo de interacções que o homem foi estabelecendo com a geosfera, ao mesmo tempo, que também possibilita que se identifiquem quais as atitudes e comportamentos que se mantiveram constantes e não sofreram alterações significativas ao longo do tempo. O facto de se iniciar esta análise pelo passado, permite não só uma inventariação e uma caracterização mais exaustiva do tipo de interacções possíveis, como também nos permite, numa fase introdutória, manter algum distanciamento sobre os factos analisados, que julgamos poder favorecer o aprofundar da reflexão. Importa, em particular, repensar concepções naturalistas, historicamente enraizadas, suportadas numa separação entre o homem e a natureza, considerando-a como uma entidade externa, cuja percepção nos chega de forma objectiva através dos órgãos dos sentidos.

Nesta lição dirigimos a nossa atenção, em particular, para o ensino secundário, mas algumas questões que enunciaremos serão igualmente aplicáveis a outros níveis de ensino ou mesmo a contextos de ensino não formal e informal. E consideramos existirem alguns aspectos dos actuais programas que deveriam ser aprofundados ou alterados, como resposta aos novos desafios. Face a este quadro de referência, no final da lição analisam-se aspectos curriculares e apresentam-se sugestões de intervenção.

Numa primeira fase, elencam-se alguns dos modos de interacção que o homem estabeleceu com a geosfera no decurso da história¹. Com base nesta abordagem e em fundamentação proveniente de domínios mais transversais, como a Educação em Ciência e a Ciência para a Sustentabilidade (*Sustainability Science*) pretendemos chamar a atenção para a necessidade de se introduzirem alterações no ensino das Ciências da Terra, propondo-se para esse efeito algumas possíveis linhas de actuação: umas a serem iniciadas e outras a carecerem de aprofundamento.

1. Introdução

Há 2000 anos, no tratado *Política*, Aristóteles referia não existir acordo sobre o que os jovens deveriam aprender, nem no relativo à virtude nem quanto ao necessário para uma

¹ Nesta lição optamos por fazer uso do termo “geosfera” em detrimento de “litosfera”, por considerarmos, em primeiro lugar, que esta expressão remete para um significante mais abrangente, ao qual podemos associar a parte sólida da crosta terrestre, englobando as paisagens e os materiais consolidados e não consolidados, que a constituem. De forma análoga, também, consideramos que o facto de “geosfera” ser a raiz etimológica do termo “geodiversidade” também se poderá traduzir, neste contexto, num ganho de coerência.

vida melhor. Tão pouco estaria claro se a educação deveria preocupar-se mais com a formação do intelecto ou com a do carácter². Estas questões não são muito distintas das que hoje se colocam a um professor, que tenha como tarefa desenvolver um programa para uma nova disciplina ou curso – processos que correspondem, sempre, ao assumir de um certo número de opções.

Na selecção dos conteúdos programáticos, com base num conjunto de critérios de diversa ordem, e respectiva ordenação no *curriculum*, deve ter-se presente que a passagem de um objecto do saber para um objecto de ensino não corresponde a uma mera operação de simplificação de conhecimentos complexos³. Este processo de transposição didáctica ao exigir que os referidos conhecimentos se reorganizem de uma outra forma obriga a repensar uma série de aspectos de natureza epistemológica e pedagógica. Ensinar um determinado assunto exige que se pense previamente no modo como o tema vai ser apresentado aos estudantes de forma a construir-se um corpo de discurso articulado sobre o mesmo. Esta tarefa, orientada por critérios de qualidade, deve ter em consideração o grau de hierarquização do domínio disciplinar, as inter-relações que se estabelecem com outras áreas, as necessidades e os conhecimentos do público-alvo, assim como as possibilidades que os novos espaços de aprendizagem nos oferecem, tanto em termos de apresentação e de organização da informação como, principalmente, nos tipos de comunicação entre professor-estudante, estudante-professor e estudante-estudante que é possível estabelecer em ambientes digitais.

Mas, retomando as afirmações de Aristóteles, permanece em aberto uma outra questão: deverá a educação centrar-se prioritariamente em fornecer competências para a vida prática, ou pelo contrário deve privilegiar a formação moral e cultural dos indivíduos? De acordo com este filósofo da Antiguidade, todas as opções teriam os seus partidários e seria mesmo possível conciliar as várias perspectivas. Podemos afirmar que este debate teve várias respostas ao longo do tempo e das sociedades, de tal forma que é possível

² “That education should be regulated by law and should be an affair of state is not to be denied, but what should be the character of this public education, and how young persons should be educated, are questions which remain to be considered. As things are, there is disagreement about the subjects. For mankind are by no means agreed about the things to be taught, whether we look to virtue or the best life. Neither is it clear whether education is more concerned with intellectual or with moral virtue. The existing practice is perplexing; no one knows on what principle we should proceed - should the useful in life, or should virtue, or should the higher knowledge, be the aim of our training; all three opinions have been entertained.” (*Politics*, VIII, 2)

<http://classics.mit.edu/Aristotle/politics.8.eight.html>

³ Chevallard, Y. e Johsua, MA. (1991). *La transposition didactique*. Paris: La Pensée Sauvage, Editions.

identificar historicamente três grandes tradições epistemológicas de desenvolvimento curricular: o classicismo, o pragmatismo e o enciclopedismo.

O classicismo prevaleceu nas primeiras universidades europeias onde nos cursos de “Artes” era leccionada uma lista fixa e hierarquizada de disciplinas, que incluíam a Gramática, a Retórica, a Dialéctica, a Aritmética, a Música, a Geometria e a Astronomia. As três primeiras constituíam o *Trivium* e as restantes quatro o *Quadrivium*⁴. Os escassos conhecimentos de História Natural, que eram ensinados, estavam integrados nas disciplinas de Geometria e de Astronomia. O objectivo principal era transmitir conhecimentos, a partir da análise de textos considerados de referência. Com importância para a história do ensino da Geologia, em Portugal, destaca-se a publicação pelos professores do Colégio das Artes, pertença da Companhia de Jesus, em Coimbra, dos *Commentarii Collegii Conimbricensis, Societatis Iesus in Libros Aristotelis*, em cinco tomos, elaborados em Portugal na segunda metade do século XVI e princípios do século XVII. Esta obra alcançou grande repercussão no estrangeiro devido provavelmente “à excelência do método com que o curso está organizado, à clareza e à elegância da exposição das doutrinas, à rigorosa análise filológica e hermenêutica do texto aristotélico e à integração sistemática de elementos da Escolástica medieval”⁵. Este Curso é formado por oito comentários a obras de Aristóteles entre os quais nos interessa destacar os *Commentarii Collegii Conimbricensis, Societatis Iesu, in Libros Meteororum Aristotelis Stagiritae* (1593), atribuídos a Manuel de Góis. Importa referir que o tratado *Meteorológicos* é considerado por alguns historiadores de Geologia como a mais importante e influente obra aristotélica neste domínio, até ao século XVII⁶. No *Meteorológicos* são analisados diversos fenómenos, relacionados com os elementos “ar e água, assim como tudo quanto são partes e espécies da terra e as propriedades de ditas partes; a partir do qual estudaremos as causas dos ventos e dos terremotos”⁷. O globo terrestre foi um dos objectos de estudo de Aristóteles neste tratado, considerando o

⁴ Veja-se: Carvalho, R. (1986). *História do Ensino em Portugal*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; VVAA (1997). *História da Universidade em Portugal*, Vol.1, Tomos 1 e 2. Coimbra: Universidade de Coimbra e Fundação Calouste Gulbenkian; Rüegg, W. (1996) (coord.). *Uma História da Universidade na Europa*. Lisboa: Conselho de Reitores das Universidades Portuguesas, Fundação Eng. António de Almeida e Imprensa Nacional-Casa da Moeda.

⁵ Coxito, A.A. (2001). “O Curso Conimbricense” em Calafate, P. (dir.), *História do Pensamento Filosófico Português*, Vol. II – Renascimento e Contra-Reforma. Lisboa: Caminho, 503-543, p. 504.

⁶ Veja-se: Ellenberger, F. (1989). *Historia de la Geología (V.1) – De la Antigüedad al siglo XVII*. Madrid: MEC/Labor; Ellenberger, F. (1994). *Histoire de la Géologie* (tome II). Paris: Technique et Documentation (Lavoisier); Oldroyd, D. (1996). *Thinking about the Earth: A History of Ideas in Geology*. London: Athlone.

⁷ Aristóteles, *M*, I, 1, 338b, 25; Aristóteles (1996), *Meteorológicos* (tr. para espanhol de Miguel Candel), Madrid: Gredos.

mundo sub-lunar como um espaço de “geração” e de “corrupção” em que interviriam os quatro elementos clássicos (ar, água, terra e fogo).

Se o classicismo marcou o currículo das primeiras universidades, foi a tradição enciclopedista que a partir do século XVIII influenciou de forma indelével os programas das instituições de ensino. Já a tradição pragmática, que se consolidou na América do Norte a partir de finais do século XVIII e que rompia com a possibilidade de apenas as disciplinas académicas tradicionais serem incluídas nos *curricula*, valorizando, em particular, uma participação activa dos indivíduos no desenvolvimento das suas comunidades, não teve grande influência nas instituições de ensino portuguesas.

Na perspectiva do enciclopedismo, tradição marcadamente europeia, o conhecimento deve ser adquirido pelo seu valor intrínseco, o que se traduziu na valorização de um determinado conjunto de disciplinas em detrimento de outras. Neste âmbito, importa realçar, pelas implicações que vai assumir nos currículos universitários, o *Système figuré des connaissances humaines*, desenvolvido por Denis Diderot (1715-1784) e Jean d’Alembert (1717-1783), que integrava os objectos e os processos naturais na Memória/História, subdivididos por sua vez em “Uniformidade da Natureza”, “Desvios da natureza” e “Usos da Natureza”. A primeira categoria incluía, entre outros temas, a “História da terra e dos mares” e a “História dos minerais”, enquanto na segunda eram integrados os “Prodígios sobre a terra e o mar” e os “Minerais monstruosos”. No terceiro agrupamento, “Usos da natureza”, faz-se referência a trabalhos relacionados com o uso do ouro e da prata, de pedras preciosas e do ferro, para além de muitos outros temas. Paralelamente, na Razão/Filosofia encontramos a Geologia integrada na “Cosmologia”, que por sua vez está integrada na “Física particular” e na “Física”. À “Mineralogia” é atribuído um estatuto semelhante ao da “Cosmologia”, isto é, está integrada na “Física particular”, e, a um nível mais geral, na “Física”. Esta distinção entre História Natural e Ciências da Natureza foi rapidamente ultrapassada, pela dificuldade em estabelecer-se um limite entre o que poderia ser considerado do domínio da memória ou do domínio da razão. Porém, esta classificação do conhecimento, que o *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* “impôs” às elites cultas, teve repercussões no ensino não só na constituição dos elencos das disciplinas, que se passaram a considerar básicas, como também na preocupação subjacente pela transmissão exaustiva de conhecimentos. Em Portugal, com a reforma da Universidade de Coimbra, promovida pelo Marquês de Pombal, novos saberes ganharam o estatuto de domínios de estudo universitário. A difusão do ideário iluminista e a crítica ao ensino ministrado pelos Jesuítas nos seus

colégios contribuiu de forma significativa para a referida reforma pombalina. Neste contexto, foi criada na Universidade de Coimbra uma disciplina de História Natural, cuja regência foi atribuída a Domingos Vandelli (~1730-1816). Durante o século XIX, devido à pressão a que estavam submetidas, depois da revolução industrial, quer os serviços oficiais ligadas ao estudo da Geologia portuguesa (*Comissão Geológica de Portugal*) quer as instituições de ensino superior, surgiu nos currículos uma orientação mais pragmática. Assiste-se, fruto de várias reformas curriculares, ao aparecimento, quer nas Escolas Politécnicas quer na Universidade de Coimbra, de disciplinas, do domínio da Geologia, que enfatizavam as componentes técnicas. Mas o seu tempo de duração nos currículos seria limitado, de tal forma que vão gradualmente desaparecer e originar programas com carácter mais enciclopédico, revelando maior empenho na transmissão de conhecimentos, sem grande preocupação com a aquisição de competências técnicas. Refira-se, a título de exemplo, a criação, em 1853, suprimida em 1867, da cadeira de “Montanística, Docimásia e Metalurgia”, na Escola Politécnica de Lisboa⁸.

No início do século XXI, em que as universidades europeias procuram, na sequência do designado Processo de Bolonha, construir um espaço europeu de ensino superior, globalmente harmonizado, que permita aos estudantes obterem um diploma europeu reconhecido em qualquer universidade de um qualquer Estado-membro, deverão ser repensados os processos de desenvolvimento curricular no quadro daqueles que são os objectivos gerais da Declaração de Bolonha: o aumento da competitividade do sistema europeu de ensino superior e a promoção da mobilidade e empregabilidade dos diplomados do ensino superior no espaço europeu. Estes objectivos enquadram-se também na *Agenda de Lisboa* (2000) onde se afirma que, até 2010, a Europa deverá: “tornar-se a economia baseada no conhecimento mais dinâmica e competitiva do mundo, capaz de garantir um crescimento económico sustentável, com mais e melhores empregos, e com maior coesão social e respeito pelo ambiente”. Assim, as mudanças estruturais em curso nos diversos países da União Europeia deverão também traduzir-se, a uma outra escala, no repensar dos processos de desenvolvimento curricular a que se devem associar reformulações significativas nas metodologias de ensino, tendo para esse efeito em consideração os grandes eixos orientadores que foram enunciados na Declaração de Bolonha.

A preocupação com o Ensino das Ciências da Terra justifica-se, plenamente, num país

⁸ Telles Antunes, M. (1989). “Sobre a História do Ensino da Geologia em Portugal” em *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, t.75, pp. 127-160.

como Portugal, cujo património natural se tem visto ameaçado por alguma ineficácia das suas políticas ambientais e pela falta de formação específica dos agentes intervenientes. No que se refere à Geologia, começam a detectar-se já alguns indícios de uma crescente valorização da geodiversidade, associada também a uma cada vez maior consciência da necessidade de inventariar e de conservar o património geológico. Uma maior sensibilização para estes assuntos resulta, em grande parte, do facto de nos últimos anos, muitos países e organizações internacionais terem vindo a propor diversas iniciativas, com vista à melhoria do conhecimento do património geológico, destacando-se, neste âmbito, o trabalho desenvolvido pelo ProGEO (*The European Association for the Conservation of the Geological Heritage*), IUGS (*International Union of Geological Sciences*) e UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*). Neste contexto, importa destacar que a atribuição de valor a uma determinada entidade geológica resulta de diversos critérios - intrínsecos, culturais e estéticos, económicos, científico e educacionais, entre os quais se incluem também razões históricas, que podem justificar a necessidade de conservação de um determinado sítio⁹. A título de exemplo, refira-se *Siccar Point* (Escócia) e *Salisbury Crags* (Edimburgo), ambos os sítios associados aos trabalhos de James Hutton (1726-1797).

De seguida, procedemos a uma descrição mais pormenorizada dos conteúdos a serem abordados em cada um dos tópicos da lição: as interacções homem/geosfera, numa perspectiva histórica; novos desafios no ensino das Ciências da Terra; exemplos de áreas de intervenção.

2.As interacções homem/geosfera, numa perspectiva histórica

Para além do prazer estético, do receio perante forças incontroláveis ou da ideia de domínio sobre a natureza, atitudes das que mais caracterizaram as relações que o homem estabeleceu com a geosfera, a História da Geologia permite-nos ainda identificar outro tipo de interacções. Assim, nesta introdução propomo-nos analisar, a partir de uma

⁹ Veja-se: Brilha, J. (2005a). *Património Geológico e Geconservação: a Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica*. Viseu: Palimage; Brilha, J., Andrade, C., Azerêdo, A., Barriga, F.J.A.S., Cachão, M., Couto, H., Cunha, P.P., Crispim, J.A., Dantas, P., Duarte, L.V., Freitas, M.C., Granja, M.H., Henriques, M.H., Henriques, P., Lopes, L., Madeira, J., Matos, J.M.X., Noronha, F., Pais, J., Piçarra, J., Ramalho, M.M., Relvas, J.M.R.S., Ribeiro, A., Santos, A., Santos, V., Terrinha, P. (2005b), "Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation" em *Episodes*, Vol. 28, Nº 3, pp. 177-186; Brilha, J. (2006), "Proposta metodológica para uma estratégia de geoconservação" em *Actas do VII Congresso Nacional de Geologia*, Estremoz, pp. 925-927.

abordagem histórica, as relações entre o homem e a geosfera, procurando colocar em destaque diferentes fases no modo como a espécie humana se posicionou face à natureza, nomeadamente através de exemplos, da Idade Média e do Renascimento, relativos à procura do simbolismo em entidades geológicas como os minerais, as rochas e os fósseis, ou ainda, no período dos Descobrimentos, o interesse e a perplexidade manifestos, perante as novas terras ricas em recursos minerais, não esquecendo também o fascínio pelos espaços montanhosos durante o Romantismo ou ainda o predomínio de visões utilitaristas nos séculos XIX e XX.

Em sentido inverso, também somos obrigados a reflectir sobre o modo como a geosfera condicionou a história humana ao favorecer em alguns casos, e, em outros, ao impedir a sua fixação em determinados locais. Quando o homem teimosamente optou pela ocupação de zonas de perigo, nomeadamente de elevadas perigosidades vulcânica e sísmica, precisou de criar mecanismos que o ajudassem a sobreviver em situações de crise. Foi também o apelo pela posse de riquezas ou pelo simples domínio de espaços, que levou o homem às mais audaciosas viagens de descoberta no século XVI, assim como às viagens filosóficas do século XVII e depois às grandes expedições científicas, já no século XIX, quando as cartas geológicas, expostas nas exposições universais se transformaram num símbolo de poder e de apropriação dos espaços mapeados para as nações que eram capazes de as elaborar.

De igual modo, não nos podemos esquecer que as catástrofes naturais podem ser interpretadas como rupturas violentas na ordem histórica, mas isso exige que se compreendam os momentos em que se registaram e os modos como são comunicadas e interpretadas. A este nível podemos assinalar alguns eventos geológicos, que pelas dimensões catastróficas que assumiram, influenciaram a história humana, como o Terramoto de Lisboa de 1755, as erupções do Laki (Islândia) e do Krakatoa, em 1783/84 e 1883, respectivamente, ou em tempos mais recentes o tsunami que em 2004 afectou o Sudeste asiático. Todos estes acontecimentos tiveram repercussões na história da humanidade.

Mas se o homem tem vindo a adquirir consciência da sua capacidade de transformar a geosfera, e da irreversibilidade que, à escala humana, possuem a maior parte das acções que leva a cabo, só muito recentemente tomou consciência da importância das interacções dinâmicas que se estabelecem entre a natureza e a sociedade e que este conhecimento é cada vez mais necessário no suporte de processos de tomada de decisão, por parte dos

governos ou mesmo no assumir de actos de cidadania activa.

Por outro lado, a aquisição de conhecimentos e de competências numa determinada área científica deverá implicar não só o domínio de um conjunto alargado de conceitos, de modelos e de teorias, como também a compreensão da evolução histórica das referidas ideias. Acresce ainda que a formação num domínio científico, deve preocupar-se em desenvolver, para além das competências necessárias ao exercício profissional, capacidades que transformem os seus detentores em cidadãos “cientificamente cultos”, isto é, capazes de intervirem de forma activa e responsável na sociedade em que se inserem. A História da Ciência na medida em que permite não só conhecer e compreender a evolução do pensamento científico, como de igual modo analisar a natureza e os métodos da ciência e reflectir sobre as relações que se estabeleceram entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente, transforma-se numa ferramenta importante para a consecução destes objectivos.

Na presente lição adoptamos a visão de que à História da Ciência, à semelhança da Filosofia da Ciência, também deve corresponder uma reflexão sobre o modo como a ciência foi produzida, o que conduz a que se procurem respostas para questões como¹⁰:

- (1) Que elementos distinguem a ciência de outros tipos de conhecimento?
- (2) Que condições influenciaram, em cada época, a forma como os naturalistas/cientistas investigaram a natureza?
- (3) Que modelos evolutivos de ciência podem ser suportados em dados históricos?
- (4) Que momentos podem ser considerados significativos em termos de evolução do conhecimento científico?

No seguimento desta perspectiva, podemos considerar a historiografia da ciência como uma metadisciplina se a ela também associamos reflexões teóricas sobre a natureza da própria história¹¹. Por outro lado, pode colocar-se, de igual modo, o problema da relação entre a história e a ciência, admitindo, porém, que a ciência e a História da Ciência, embora intimamente relacionadas, possuem objectos de estudo distintos. De acordo com

¹⁰ Losee, J. (1991). *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial; Chalmers, A. (1982). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.

¹¹ Kragh, H., 2001. *Introdução à Historiografia da Ciência*. Porto: Porto Editora.

Kragh¹² podemos contrapor uma “*História da Ciência*” a uma “*História da Ciência*”, de acordo com a ênfase colocada nos conteúdos científicos ou no enquadramento histórico e social. Mas, seja qual for a visão que se adopte, o conceito de história terá sempre subjacente a ideia de uma interpretação, comunicada na forma de um relato, influenciada e ferida na sua objectividade pelas concepções e opções científicas, epistemológicas e historiográficas de quem a produz. Assim, neste tópico apresentamos uma breve perspectiva evolutiva da historiografia da ciência em que se inclui também a História da Geologia.

Em tratados de filósofos naturais da Antiguidade encontram-se habitualmente referências a pensadores anteriores, cujas teorias são objecto de análise crítica ao mesmo tempo que são apresentadas, com frequência, como pontos de apoio para os referidos filósofos desenvolverem as suas próprias ideias. Encontramos exemplos deste tipo de argumentação no tratado de Aristóteles – *Meteorológicos*, já anteriormente citado. Podemos afirmar, com algumas precauções, serem estes os primeiros textos de História da Ciência.

Mais tarde, já nos séculos XVI e XVII, a história continuou presente em muitas obras, quer com objectivos de legitimação do conhecimento, quer como elemento facilitador do debate ideológico. Foram relativamente comuns os tratados, escritos na forma de diálogo, que colocavam em confronto antigas concepções com novas teorias. Mas foi principalmente a partir do século XVIII que começaram a surgir trabalhos dedicados, em exclusivo, à historiografia das ciências. Porém, a ênfase continuou a ser colocada na apresentação, numa sequência cronológica, de aspectos factuais, com escassa ou total ausência de reflexão histórica. Até ao século XIX, a concepção de que o passado possuía valor em si próprio, não carecendo de legitimação a partir do presente, era praticamente inexistente, o que teve como consequência que a historiografia das ciências continuasse a ser encarada como parte integrante do conhecimento científico¹³. Isto não significa contudo que no século XIX não se tenha publicado uma série de histórias analíticas de disciplinas individuais, assim como histórias gerais da ciência.

Só a partir do século XX a História da Ciência surge como disciplina académica autónoma. Porém, o momento a partir do qual se considera ter adquirido o estatuto de área de conhecimento individualizada e institucionalizada não é consensual entre os historiadores. Para alguns autores a historiografia da ciência surge com a publicação, em

¹² Kragh, *Ob. cit.*.

¹³ Kragh, *Ob. cit.*.

1837, de *History of the Inductive Sciences* por William Whewell (1794-1866)¹⁴. Mas para muitos outros¹⁵ é a Paul Tannery (1843-1904) e a George Sarton (1884-1956)¹⁶ que se deve o aparecimento de associações, de revistas (*Introduction to the History of Science*, 1927; *Isis*, 1912), de congressos internacionais, assim como a criação de programas de doutoramento, que no seu conjunto contribuíram para o reconhecimento científico desta área. Relativamente aos congressos destaca-se, em particular, o segundo congresso internacional realizado em Londres, em 1931, considerado como ponto de viragem neste domínio ao corresponder ao aparecimento de uma historiografia da ciência de influência marxista, que privilegiava nos seus estudos os contextos económicos, sociais e políticos dos períodos em que a ciência tinha sido produzida¹⁷. Pode eventualmente estabelecer-se uma relação indirecta entre esta evolução e o aparecimento, em 1929, da revista *Les Annales d'Histoire Économique et Sociale*, fundada por M. Bloch e L. Febvre, dando início à designada escola dos *Annales*, que apelava para uma história que abordasse todos os aspectos das actividades humanas. Também na historiografia da ciência se passou de uma história preocupada com a descrição das “grandes descobertas” e com a vida dos “grandes cientistas” para uma história mais colectiva, que privilegia uma maior diversidade de temas¹⁸. Neste contexto, importa também destacar, nos anos trinta, a obra do sociólogo americano Robert Merton, influenciada pelas concepções de Max Weber (1864-1920), que revela preocupação com a análise dos mecanismos de regulação da ciência, nomeadamente com o sistema de valores que rege o seu funcionamento¹⁹. Nesta perspectiva, Merton procura descrever as normas éticas ou imperativos institucionais que guiam os cientistas - o *ethos* da ciência,

¹⁴ Kragh, *Ob. cit.*.

¹⁵ Gavroglu, K. (2007). *O Passado das Ciências como História*. Porto: Porto Editora.

¹⁶ George Sarton esteve em Portugal, em 1934, aquando da realização no nosso país do III Congresso Internacional de História das Ciências (Nunes, 2000). No início dos anos 30, Aldo Mieli, membro da *Académie Internationale d'Histoire des Sciences*, com sede em Paris, visitou Portugal, estando esta visita na origem da criação de um Grupo Português para a História da Ciência, responsável pela realização em 1934 do III Congresso Internacional de História das Ciências onde Sarton proferiu uma conferência inaugural em que expressou algumas críticas às intuições políticas: “Unfortunately at this point in several civilized countries we are witnessing deliberate attempts to falsify history and use it not exclusively as an instrument of moral education and emancipation, but instead as an instrument of political action and subjugation” (Simões *et al.*, 2007). Veja-se: Nunes, F., 2000, “O Congresso Internacional de História da Ciência – 1934: Porto – Coimbra – Lisboa. Um desencontro historiográfico?” em *Livro de resumos do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da ciência e da Técnica*, Universidade de Évora, Évora; Simões, A., Carneiro, A. e Diogo, M.P. (2007). “Perspectives on Contemporary History of Science in Portugal”, *Preprint CHCUL*, n.1 (submetido *Nuncius*).

¹⁷ Merecem ser destacados, neste contexto, os nomes de: J.D. Bernal (1901-1971), J.B. Haldane (1892-1964), J. Needham (1900-1995) e J. Huxley (1887-1975).

¹⁸ Martins, R.A., 2001, “História e História da Ciência: Encontros e Desencontros” em *Actas do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica*. Évora: Universidade de Évora, pp. 11-46.

¹⁹ Vinck, D., 1995, *Sociologie des sciences*. Paris: Armand Colin Éditeur.

em que destaca: i) a universalidade (os enunciados científicos devem ser submetidos a critérios impessoais previamente estabelecidos); ii) a comunidade de apropriação (as descobertas científicas são um produto da colaboração social e consequentemente atributos da comunidade); iii) a imparcialidade (ausência de interesses individuais ou colectivos que condicionem o desenvolvimento da ciência, significando com isso que as produções científicas têm um carácter público e controlável); iv) o cepticismo sistemático (traduz a necessidade de avaliar de forma sistemática o conhecimento científico). Posteriormente, à definição destas primeiras normas éticas, Merton e os seus discípulos completaram-nas, introduzindo as normas de originalidade, de humildade, de racionalidade e de individualismo²⁰. Embora Merton valorizasse a importância do sistema de valores que rege a actividade científica, considerava que a evolução de conceitos e de teorias não é influenciada por acções externas²¹.

Os trabalhos de Merton, juntamente com as contribuições de outros autores, impulsionaram uma linha de investigação designada por “História Social da Ciência” em que se privilegia o estudo das comunidades científicas, assumindo como pressuposto que as concepções dos cientistas para serem aceites devem ser julgadas e examinadas pelos seus pares o que justifica a introdução de aspectos de índole sociológica nas análises históricas²². Para esta mudança também poderá ter contribuído a consciência de que a ciência tinha sido usada durante a II Grande Guerra para fins menos nobres e generosos. Como reacção principalmente ao rápido incremento das concepções marxistas no âmbito da historiografia da ciência, depois dos anos trinta, surgiu uma corrente designada por “internalista” que se opunha aos também designados “externalistas”, reflectindo uma antiga contraposição entre epistemólogos e historiadores²³. O debate entre estas duas correntes, a “externalista” e a “internalista”, que no presente se considera superado, foi por vezes bastante intenso. Para os “externalistas” a evolução da ciência, e, por conseguinte, da sua história, encontrava-se condicionada por interesses, económicos e sociais, e por ideologias, religiosas ou políticas. Por outro lado, para a corrente “internalista”, a historiografia da ciência deveria estar centrada em reconstruções

²⁰ Vinck, *Ob. cit.*

²¹ Gavroglu, *Ob. cit.*

²² Em 1975, foi fundada a *Society for Social Studies of Science*, apoiada pela NSF (*National Science Foundation*) e inspirada nos trabalhos de Merton. Nesse mesmo ano a revista *Science Studies*, fundada em 1971, mudou a sua designação para *Social Studies of Science*. Veja-se: Hahn, R. (1987), “Nuevas tendencias en historia social de la ciencia” em *Historia de las Ciencias*, pp. 13-23. Madrid: CSIC.

²³ Mikulinsky, S.R. (1989), “La controversia internalismo-externalismo como falso problema” em *Introducción a la Teoría de la Historia de las Ciencias*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 231-257.

racionais do desenvolvimento do conhecimento objectivo, pertencendo os restantes problemas ao domínio da psicologia ou da sociologia. Para esta aparente separação entre as duas correntes também terá contribuído a distinção, oriunda de filósofos da ciência como Karl Popper e Rudolf Carnap, influenciados por sua vez por Hans Reichenbach, entre contextos de justificação e de descoberta. O primeiro seria do domínio da própria Filosofia da Ciência e de uma História da Ciência “internalista” e o segundo ficaria reservado para a História da Ciência mais “externalista”.

Papel singular, neste contexto, assumiu Alexandre Koyré a quem Thomas Kuhn atribui o protagonismo de uma revolução historiográfica, como responsável pela transformação da História da Ciência numa História das Ideias²⁴. Apesar de se poder considerar que privilegiava mais a perspectiva “internalista”, no sentido em que o termo foi utilizado, considerava que as ideias científicas deviam ser analisadas no contexto do pensamento geral das respectivas épocas, opondo-se, contudo, à possibilidade da sociedade influenciar a evolução do pensamento científico.

Numa outra perspectiva de análise, poderemos colocar a questão da continuidade *versus* descontinuidade na interpretação da evolução do conhecimento científico. Uma visão continuista do relato histórico, como a adoptada por L. Brunschvicg e Pierre Duhem, apresenta o conhecimento como uma evolução gradual, baseada na ideia de que os cientistas se apoiam sempre no trabalho dos seus predecessores, admitindo por isso a possibilidade de uma narrativa contínua dos acontecimentos. Neste contexto, a tarefa do historiador consiste em colocar em evidência a relação intelectual directa que existe entre os conceitos e as teorias que se sucedem temporalmente, mais precisamente em “detectar os acontecimentos ou as ideias que fazem mais curta a distância entre dois acontecimentos ou entre duas ideias e em apresentar uma variedade de quadros do mundo que diferem um do outro apenas em grau muito pequeno”²⁵.

Para Saldaña a historiografia da ciência, entendida como um *continuum* histórico, pode abarcar visões diferentes: o progresso linear das ciências a que corresponde um adicionar contínuo de novos conhecimentos aos anteriores, com ou sem reformulação, ou ainda corresponder a uma tentativa de identificar os precursores da ciência actual²⁶. Esta questão pode conduzir, por sua vez, ao conceito de história anacrónica que se traduz no

²⁴ Veja-se: Kuhn, T.S. (1987). *La tension esencial*. México: Fondo de Cultura Economica.

²⁵ Rossi, P. (1990). *Las arañas y las hormigas. Una apología de la Historia de la Ciencia*. Barcelona: Ed. Crítica, p. 181.

²⁶ Saldaña, J.J. (1989), “Estudio sobre las fases principales de la evolución de la historia de las ciencias” em Saldaña, J.J. (coord.), *Introducción a la Teoría de la Historia de las Ciencias*, México: Universidad

estudo da história da ciência à luz do conhecimento actual. A esta perspectiva contrapõe-se o ideal diacrónico em que a ciência do passado é estudada no contexto da sua época. A primeira, a história anacrónica, corresponde em grande parte ao que é designado por interpretação *Whig* da história, isto é, ao estudo do passado como forma de chegar ao presente. Sobre este assunto o filósofo francês Gaston Bachelard afirma que na historiografia da ciência a perspectiva continuísta surge associada à atribuição de mérito a alguns acontecimentos: “Há muito quem goste de afirmar que os progressos estavam ‘no ar’ quando o homem de génio os trouxe à luz do dia. Entram então em consideração as ‘atmosferas’, as ‘influências’”²⁷. Os pequenos preâmbulos históricos que os cientistas inserem, com frequência, nos seus trabalhos assim como o próprio ensino das ciências também são considerados por Bachelard como responsáveis pela criação de uma consciência falsa de continuidade²⁸. Bachelard introduziu um conceito de ruptura entre teorias científicas que se sucederam no tempo, que marcou de forma significativa a evolução da historiografia da ciência²⁹.

O descontinuísmo historiográfico ganhou predominância após o período entre guerras, tornando-se preponderante a partir principalmente da publicação dos trabalhos de Kuhn, quando este filósofo da ciência desenvolve o modelo descontinuísta de progresso científico mais difundido nos meios académicos e que maior influência exerceu na historiografia da ciência. A partir da publicação, em 1962, da obra *The Structure of Scientific Revolutions*, os conceitos de “revolução científica”, de “ciência normal” e de “paradigma” passaram a ser utilizados de forma intensiva na literatura especializada³⁰. É importante realçar que apesar de Kuhn defender um modelo que podemos considerar descontinuísta para o progresso científico, ele considera que não são apenas as revoluções científicas que devem ser alvo do interesse dos historiadores, mas também os períodos de ciência normal. A transposição do pensamento de Kuhn para a investigação historiográfica tem, a nosso ver, gerado interpretações distorcidas das suas ideias. O próprio Kuhn, apesar de ser associado a uma perspectiva descontinuísta, endereçou fortes críticas a Popper por considerar que este último privilegiava excessivamente os momentos de mudança quando insistia no critério da falsificabilidade. Também Lakatos aborda o problema da continuidade quando se refere à aplicação do modelo de programas

Nacional Autónoma de México, pp. 21-79.

²⁷ Bachelard, G. (1990). *A epistemologia*. Lisboa : Edições 70, p. 195

²⁸ Saldaña, *Ob.cit.*.

²⁹ Bachelard, G. (1999). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.

³⁰ Kuhn. T. (1990). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

de investigação científica aos estudos historiográficos, afirmando que: o “historiador que aceita a orientação desta metodologia procurará na história programas de investigação rivais, alterações progressivas e degenerativas de problemáticas”³¹, contrariamente a um investigador influenciado pelas concepções popperianas que procuraria “teorias falsificáveis «arrojadas», eminentes e experiências cruciais negativas importantes”³². Paul Feyerabend que também parte de uma rejeição do acumulacionismo, defende um princípio de proliferação de teorias, ao admitir que mesmo as teorias mais antigas, que já enfrentaram obstáculos consideráveis, não deveriam ser abandonadas (princípio da tenacidade), mas antes consideradas como teorias alternativas³³. Podemos por isso considerar que Feyerabend assume posições de cariz mais continuista, mais próximas de Lakatos e mais distantes de Popper e Kuhn.

No presente, à semelhança da dicotomia internalismo/externalismo, também o continuismo/descontinuismo perdeu parte do significado. Os problemas que se colocam relativamente ao tipo de padrão evolutivo da ciência dizem respeito, essencialmente, à natureza da descontinuidade e não à sua pertinência³⁴. Diez e Ulises Moulines, autores próximos de correntes estruturalistas da Filosofia da Ciência, consideram que um estudo de natureza diacrónica (vertical) sobre a evolução de teorias científicas deve analisar: a identidade através da mudança e a continuidade através da ruptura. O primeiro, a que designaram por mudança intrateórica, consiste em adjudicar a cada teoria científica uma identidade que se mantém apesar das modificações a que a mesma esteve submetida no decorrer do tempo³⁵. “Os conceitos de paradigma em Kuhn, de programa de investigação em Lakatos, de tradição de investigação em Laudan ou de avaliação teórica no estruturalismo são respostas, com diversos graus de precisão, a este repto”³⁶. O segundo problema, a que chamaram mudança interteórica, está relacionado com alterações mais drásticas e com uma eventual perda da identidade das teorias. Por sua vez, esta análise dos processos de mudança pode ficar apenas por um nível descritivo ou ser mais profunda, procurando-se as causas para as mudanças.

Numa perspectiva distinta, com interesse meramente analítico tal como as anteriores (internalismo/externalismo e continuismo/descontinuismo), podemos também confrontar

³¹ Lakatos, I. (1998). *História da ciência e suas reconstruções racionais*. Lisboa: Edições 70, p. 35

³² Lakatos, *Ob. cit.*, p. 29.

³³ Veja-se: Feyerabend, P. (1992). *Tratado contra el método*. Madrid: Editorial Tecnos; Feyerabend, P. (1991). *Dialogos sobre el conocimiento*. Madrid: Cátedra; Silva, P. (1998). *A Filosofia da Ciência de Paul Feyerabend*. Lisboa: Instituto Piaget.

³⁴ Acot, P. (2001). *História das Ciências*. Lisboa: Edições 70.

³⁵ Diez, J.A. e Ulises Moulines, C. (1997). *Fundamentos de Filosofia de la Ciencia*. Barcelona: Ed. Ariel.

diacronismo *versus* sincronismo na historiografia da ciência. Kragh prefere os termos historiografia vertical e horizontal para se referir no primeiro caso a um tipo de estudos que delimita um tema ou problema e segue a sua evolução e transformação ao longo de um determinado tempo, enquanto no segundo caso a história se ocupa da análise de um período de tempo, mais breve, integrando vários “olhares” (científicos, culturais, sociais, institucionais, ...) ³⁷. A primeira perspectiva pode partir do pressuposto de que existe uma série de ideias embrionárias cujo significado variou bastante em função do momento histórico, por exemplo os naturalistas/cientistas que utilizaram determinados termos não lhes atribuíram sempre o mesmo significado, por isso interessará conhecer a sua evolução temporal (vertical). Na segunda perspectiva, com carácter sincrónico, o foco de análise do historiador é limitado em termos temporais, mas enriquecido pela diversidade de perspectivas com que se procura estudar o mesmo acontecimento. Esta última opção metodológica é a preferida por muitos dos historiadores que se dedicam à análise de períodos de mudança.

Embora a nossa atenção nesta breve introdução sobre a evolução da historiografia da ciência se tenha centrado na identificação dos principais eixos de discussão, importa mais uma vez destacar que as dicotomias referidas têm apenas interesse em termos de análise e de discussão. Para além de alguns dos debates anteriormente referidos estarem ultrapassados, a realidade é muito mais rica e diversificada do que a simples apresentação destas correntes de pensamento poderá fazer crer. Com isto pretendemos afirmar que a coexistência no mesmo autor ou trabalho de diferentes pontos de vista é uma resposta à própria complexidade do objecto de estudo da historiografia da ciência.

Quando analisamos a historiografia da Geologia à luz dos referenciais anteriormente enunciados para a historiografia da ciência detectamos aspectos evolutivos, que se enquadram em algumas destas perspectivas. Sem ser necessário recuar até ao tratado de Aristóteles, *Meteorológicos*, que antes de apresentar uma ideia nova refere todos os filósofos naturais que anteriormente tinham escrito sobre o tema, comentando as diversas teorias, podemos dizer que é principalmente a partir do século XIX que começam a surgir textos históricos, integrados em obras de Geologia de carácter geral. Só muito recentemente, já no século XX, surgem obras dedicadas apenas a este tema.

A obra de Charles Lyell (1797-1875), *Principles of Geology* (1830/1833) pode ser considerada marcante pela metodologia proposta e pela sua importância na evolução da

³⁶ Diez e Ulises Moulines, *Ob. cit.*, p. 441.

³⁷ Kragh, *Ob. cit.*.

Geologia a partir do século XIX, mas ao mesmo tempo também é um dos primeiros trabalhos a dedicar grande atenção à evolução do conhecimento geológico³⁸. Neste trabalho, Lyell inclui um tópico, intitulado “Historical Sketch of the Progresso of Geology”, que distingue dos “Theoretical Errors which have Retarded the Progress of Geology”, destacando que: “Nós vimos que durante o progresso da Geologia existiram grandes flutuações de opinião a respeito da natureza das causas (...)”³⁹. Outras obras poderiam ser referidas com características semelhantes. Mas será já no século XX que foram publicados os trabalhos que se viriam a constituir como marcos de referência na evolução da historiografia da Geologia.

Sem pretendermos ser exaustivos começamos por destacar a publicação de - *The Birth and Development of the Geological Sciences*, em 1938, da autoria de Frank Dawson Adams, que na introdução ao seu extenso tratado refere ter como objectivo compreender as concepções de autores antigos, socorrendo-se para o efeito da consulta de textos originais⁴⁰. Mas já antes da publicação do livro de Adams tinham sido editadas outras obras a que ele também faz referência: *The Founders of Geology*, de Archibald Geikie, com uma primeira edição em 1897 e nova edição revista em 1905, *Geschichte der Geologie und Plaeontologie* da autoria de Karl Alfred von Zittel, com edição de 1899, assim como *Contributions to the History of American Geology* (1906) e *Contributions to a History of American State Geological and Natural History Surveys* (1920), ambas as obras escritas por George Perkins Merrill⁴¹.

A partir da segunda metade do século XX começam a surgir estudos que reflectem os debates que se registavam, à época, no domínio da historiografia da ciência. A publicação da tese de doutoramento de Charles Gillispie, em 1951, *Genesis and Geology*, pode ser considerada paradigmática de uma nova orientação⁴². Baseada numa análise complexa onde não só os grandes personagens surgem referenciados, isto é, em que “vencedores” e “perdedores” são importantes para o estudo, mas acima de tudo procurando compreender

³⁸ Lyell, C. (1997). *Principles of Geology*. London: Penguin Book.

³⁹ Lyell, *Ob. cit.*, p. 26.

⁴⁰ “Since the development of any science is based largely on the labors and discoveries of a sucession of outstanding men, who, as it were, erect the structural frame work of the whole – the contributory bricks to fill in and complete the building being supplied by a host of subordinate workers – special attention has been paid to the work and personality of such prominent leaders in the history of geology”. Adams, F.D., 1938, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, New York, Dover Publications, p. 2.

⁴¹ Geikie, A. (1897). *The founders of Geology*. New York: Macmillan Company; Zittel, K.A. (1901). *History of geology and paleontology to the end of the nineteenth century*. London: Scott; Merril, G.P. (1906), “Contributions to the History of American Geology”, *Ann. Rep. U.S. Nat. Mus. For 1904*, pp. 189-733; Merril, G.P. (1920), “Contributions to a History of American State Geological and Natural History Surveys”, *Bull. U.S. Nat. Mus. N.º. 109*, 549 pp.

⁴² Gillispie, C.C. (1996). *Genesis and Geology*. Cambridge – Massachusetts: Harvard University Press.

a evolução das teorias científicas num contexto alargado e complexo onde se incluem as crenças religiosas, filosóficas e sociopolíticas vigentes no período sujeito a análise. Esta diversidade de perspectiva de análise faz com que a obra de Gillispie (1951) represente um momento de mudança na historiografia da Geologia.

Pelo facto de a Geologia possuir uma história rica em discussões e controvérsias alguns textos têm sido especialmente construídos para dar conta da riqueza de argumentação que, em determinadas épocas, foi utilizada pelos vários intervenientes em polémicas científicas. Blay e Halleux referem que: “uma história e uma filosofia das ciências que não tenham em conta o papel das polémicas na formação, evolução e avaliação das teorias científicas não são apenas incompletas, mas igualmente incapazes de reconstruir o conteúdo destas teorias e de explicar como se desenvolve o ‘crescer do saber’ científico”⁴³. Nesta perspectiva, destaca-se a obra de Anthony Hallam, *Great Geological Controversies* (1983), em que o autor escolhe cinco exemplos que considera ilustrativos de controvérsias que marcaram a história da Geologia⁴⁴. Mas, neste âmbito, a nosso ver, é a obra de Martin Rudwick, *The Great Devonian Controversy* (1985), que se constituiu como um marco de referência para a actual historiografia da Geologia⁴⁵. Este historiador afirma pretender colocar este episódio sob um microscópio histórico, procurando analisar em detalhe o trabalho dos cientistas, atribuindo especial atenção à complexa rede de interacções.

Importa também não esquecer obras de referência escritas por autores franceses como François Ellenberger, *Histoire de la Géologie* (1989, 1994)⁴⁶ e Gabriel Gohau, *Histoire de la Géologie* (1988)⁴⁷. No presente, consideramos que a historiografia da Geologia tem em David Oldroyd e Martin Rudwick, já anteriormente citados, duas referências importantes, não só pelo valor e abrangência dos respectivos trabalhos como também pela abertura de novos caminhos para a historiografia da Geologia.

Importa ainda referir, no âmbito da História da Geologia a criação de revistas científicas, de grupos internacionais como o INHIGEO e o HESS, assim como o surgir de um programa anual de encontros científicos. A INHIGEO (*The International Commission on*

⁴³ Blay, M. e Halleux, R. (1998). *La Science Classique*. Paris : Flammarion, p. 26.

⁴⁴ Hallam, A. (1985). *Grandes Controvérsias Geológicas*. Madrid: Labor.

⁴⁵ Veja-se: Rudwick, M.J.S. (1985). *The Meaning of Fossils*. Chicago: University of Chicago Press; Rudwick, M.J.S. (1985). *The Great Devonian Controversy*. Chicago and London: The University Press of Chicago; Rudwick, M.J.S. (1992). *Scenes from Deep Time*. Chicago e London: University of Chicago Press.

⁴⁶ Ellenberger, *Ob. cit.*.

⁴⁷ Gohau, G. (1988). *História da Geologia*. Lisboa: Europa América.

the History of Geological Sciences), faz parte da IUGS (*International Union of Geological Science*), com estatuto de filiada na IUHPS (DHS) (*International Union for the History and Philosophy of Science – Division History of Science*). Esta Comissão, que hoje assume um papel importante no desenvolvimento da História da Geologia, surgiu em 1967. Inicialmente os membros da Comissão foram geólogos com forte interesse na historiografia da Geologia, embora actualmente abarque uma comunidade diversificada de historiadores. O seu principal objectivo é promover a cooperação internacional neste domínio. Para esse efeito publica uma *Newsletter* e organiza anualmente congressos em diversos locais do mundo, considerados com interesse histórico em termos geológicos. Por sua vez, em 1982, foi fundada a HESS (*History of Earth Science Society*), que procura contribuir para ultrapassar a separação entre as humanidades e as ciências, facilitando o contacto entre investigadores de todo o mundo, editando para esse efeito uma revista especializada (*Earth Sciences History*).

Numa obra intitulada *Science Teaching – The Role of History and Philosophy of Science curricula*, Matthews elenca de uma forma que consideramos bastante exaustiva diversos aspectos que podem convergir para uma valorização, em termos curriculares, da historiografia da ciência⁴⁸:

- A história da ciência facilita as aprendizagens de conceitos/modelos/teorias.
- A introdução de uma perspectiva histórica permite estabelecer relações entre modelos representacionais individuais e conceitos/modelos/teorias científicas, nas suas diferentes fases de desenvolvimento.
- Devido ao carácter universal da história da ciência alguns dos seus episódios devem ser do conhecimento dos estudantes, mesmo daqueles que não prosseguem uma carreira científica.
- A história da ciência é necessária para a compreensão da natureza da conhecimento científico.
- A história da ciência pode contribuir para matizar e desmistificar visões mais dogmáticas de ciência.
- Através da análise de episódios históricos, que coloquem em evidência o contexto social em que a ciência se produz, é possível, por vezes, tornar o seu estudo menos abstracto, principalmente em fases introdutórias.

⁴⁸ Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.

- A história da ciência fornece um quadro integrador que permite colocar em destaque a interdependência das várias áreas de conhecimento.

A presença da História da Ciência nos currículos universitários ganhou destaque principalmente a partir da II Grande Guerra, embora seja importante referir que a tradição de apresentar o conhecimento através de uma breve introdução histórica é anterior a esta época. Esta última caracterizava-se pelo seu carácter essencialmente descritivo, tendo como objectivo prioritário estabelecer relações com a ciência contemporânea o que nos pode levar a considerá-la como um exemplo de *whiggishm*, na perspectiva de Herbert Butterfield (1931)⁴⁹. A relação entre ciência e historiografia da ciência só a partir da segunda metade do século XX sofreu uma transformação significativa. James B. Conant (1893-1978), Presidente da Universidade Harvard, foi um dos primeiros defensores da importância do ensino da História da Ciência, não só para futuros cientistas como também para os que frequentavam cursos humanísticos. As suas ideias ficaram registadas em diversos relatórios (*Harvard Commitee, 1945; General Education in a Free Society, 1945*) e livros (*Harvard Case Histories in Experimental Science, 1957*). O sucesso da aplicação da obra de Conant (*Harvard Case Histories*) teve impacto no pensamento de autores como Kuhn, que no prefácio de *The Copernican Revolution* admite a influência que sobre ele exerceu o ideário de Conant⁵⁰. Também Bernard Cohen (1914-2003), que trabalhou com Conant e que em conjunto publicou *On Understanding Science: An Historical Approach* (1947), segue a mesma linha de pensamento, defendendo que a historiografia da ciência é necessária para a compreensão da ciência⁵¹. De igual modo na Universidade de Harvard, Gerald Holton, foi um dos precursores da utilização da História da Ciência no ensino, destacando-se como um dos directores do *Harvard Project Physics*. Holton considera o conhecimento da evolução dos conceitos e do contexto de justificação, fundamental no domínio do ensino da ciência⁵².

Em Portugal, a presença da História da Ciência em currículos universitários, em cursos de graduação, surge bastante mais tarde e com frequência associada à génese das designadas licenciaturas em ensino de ciências. No presente, perante a redução do número de

⁴⁹ Butterfield colocou este tema em debate através da publicação do seu clássico trabalho, *The Whig Interpretation of History*, London, 1931.

⁵⁰ Kuhn, T. (2002). *A revolução copernicana*. Lisboa: Edições 70.

⁵¹ George Sarton, a que anteriormente fizemos referência, desenvolveu na Universidade de Harvard o primeiro programa de doutoramento em História da Ciência, que teve como primeiro doutorado Bernard Cohen, em 1947.

⁵² Veja-se: Holton. G. (1991), “Os temas no pensamento científico” em Carilho, M.M., *Epistemologia:*

disciplinas em cursos de 1º ciclo, introduzida pelo Processo de Bolonha, este tipo de assunto praticamente desapareceu dos currículos universitários, mantendo-se de forma residual em cursos de 2º ciclo.

Autores como Engelhardt e Zimmermann consideram ser através da observação que adquirimos o conhecimento de factos (base empírica), podendo esta ser de dois tipos em função dos objectivos da investigação: fenomenológica e experimental⁵³. No primeiro caso, estamos perante uma constatação de factos, tal como eles se apresentam espontaneamente na natureza, enquanto no segundo o investigador intervém de forma activa para os modificar, verificando depois o resultado das alterações. Ambas as situações correspondem a actividades planeadas, com metodologias *standard* e desenvolvidas no quadro de referenciais teóricos⁵⁴.

Em paralelo, com as questões relativas à observação e à experimentação, o problema da explicação científica pode de igual modo ser considerado um ponto de partida importante para uma reflexão sobre a natureza do conhecimento científico. Identificar o que caracteriza uma explicação científica, os tipos de explicações científicas aceites pelas comunidades de investigadores e o modo como as explicações evoluíram no decurso da história, obriga a repensar todo o conhecimento científico e a desenvolver uma visão crítica.

Explicar um fenómeno em ciência corresponde a um processo de procura de resposta a problemas do tipo: “por que sucedeu ou sucede algo”, “como foi possível que...”, “a que se deve ...”, etc. Ao centrar a análise neste aspecto estaremos também a chamar a atenção para a importância que a formulação de perguntas, adequadas e criativas, teve e tem na evolução do conhecimento científico. Importa, porém, referir que não pretendemos com isto significar que é nosso objectivo estudar as explicações científicas numa perspectiva lógica, como conjuntos de argumentos e enunciados.

O conhecimento científico é com frequência apresentado como possuindo uma dimensão descritiva e uma dimensão explicativa, contudo assumiremos na presente proposta que a explicação científica inclui quer a descrição empírica quer a explicação propriamente

Posições e Críticas. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, pp. 159-201.

⁵³ Engelhardt, W. e Zimmermann, J. (1988). *Theory of Earth Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

⁵⁴ A distinção entre níveis observacional e teórico, tem sido alvo de inúmeros debates no âmbito da Filosofia da Ciência. Hanson (1985), Kuhn (1977), Feyerabend (1993), entre outros, chamam a atenção para o facto de toda a observação científica estar impregnada de teorias implícitas, e, conseqüentemente, também toda a descrição proveniente da observação ser de natureza teórica. Veja-se: Hanson, N.R. (1985). *Patrones de descubrimiento: investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Madrid: Alianza; Kuhn (1990), *Ob.cit.*; Feyerabend (1992), *Ob. cit.*.

dita, esta última mais relacionada com a causalidade. A primeira procura dar resposta a questões do tipo “o que é?”, produzindo-se afirmações que relatam, por exemplo, onde se encontra determinada entidade, a sua composição, dimensão, etc., ou ainda se referido a processos, quando se verificou, qual a intensidade, etc. Quanto às segundas, são respostas a questões do tipo “porquê?” em que se procuram determinar as causas e as respectivas implicações⁵⁵. Historicamente é possível perceber que aquilo que os cientistas consideraram como construção teórica numa dada época converteu-se posteriormente em dados de natureza observacional, assim como a situação inversa também é verdadeira.

À regularidade do mundo natural, intuída pelos grandes filósofos da Antiguidade Clássica, contrapôs-se nos séculos XVI e XVII a descoberta de novas terras, de “coisas maravilhosas e até agora nunca vistas”⁵⁶, que suscitaram a curiosidade e o debate nos ambientes cultos europeus. Obras de autores clássicos, como a *Naturalis Historia* de Plínio o Velho (23-79 d.C.), a *Geographia* de Estrabão (63/64 a.C. – 24 d.C.), a *História* de Heródoto ou mesmo o tratado *Metereologicos* de Aristóteles, continuaram a exercer, ainda durante bastante tempo, uma forte influência nas representações mentais dos viajantes portugueses, missionários e militares, que compararam as suas observações e vivências em África, Ásia e América, com as descrições citadas. Mas, em simultâneo, a literatura portuguesa da expansão também refere, muitas vezes, perplexidade e maravilhamento perante um conjunto alargado de entidades, que rompe com o passado normalizante de autores clássicos⁵⁷.

Os livros de viagens, roteiros, diários de navegação e narrativas históricas fornecem inúmeras informações sobre botânica, zoologia, mineralogia, bem como descrições geográficas dos países que eram descobertos. Ao mesmo tempo que tornam patente o desejo de domínio da natureza, procurando-se que esta não seja um obstáculo a objectivos expansionistas e se converta rapidamente numa fonte directa de riquezas. Contudo, o valor destes relatos para a evolução do conhecimento da natureza não é consensual. Alguns autores consideram que “observámos mais do que congeminámos”⁵⁸. O mérito

⁵⁵ Veja-se: González, J. (2002). “Caracterización de la «Explicación Científica» y Tipos de Explicaciones Científicas” em González, J., *Diversidad de la Explicación Científica*, Madrid: Editorial Ariel, S.A., pp. 1349.

⁵⁶ Lopes, M.S. (1998). *Coisas maravilhosas e até agora nunca vistas. Para uma iconografia dos Descobrimentos*. Lisboa: Quetzal.

⁵⁷ Veja-se: Henriques, I.C. e Margarido, A. (1989). *Plantas e Conhecimentos do Mundo nos Séculos XV e XVI*. Lisboa: Pub. Alfa; Margarido, A. (1994). *As surpresas da flora no tempo dos Descobrimentos*. Lisboa: Edição ELO; Ferronha, A.L., Bettencourt, M. e Loureiro, R. (1993). *A fauna exótica dos Descobrimentos*. Lisboa: Edição ELO.

⁵⁸ Cidade, H. (1964). *A literatura portuguesa e a expansão ultramarina*, Vol. I e II. Coimbra: Arménio Amado Ed., p. 148.

dos portugueses terá residido principalmente em terem experienciado novas realidades e tê-las dado a conhecer ao mundo. Barreto afirma que: “O experiencialismo, filosofia da ciência da cultura da expansão portuguesa, apresenta, enquanto teoria crítico-metodológica sobre o fazer científico da sabedoria do mar e da farmacopeia e sobre a problematização dos fundamentos da cientificidade, uma lógica de controvérsia”, contrapondo experiencialismo, como empirismo sensorial, a experiencialismo com racionalismo crítico, mas referindo constituírem ambos um obstáculo ao desenvolvimento do experimentalismo científico⁵⁹. Importa ter presente, que no momento em que se fazem estas viagens ou se elaboram estes relatos, no centro da Europa se estão a registar mudanças significativas no pensamento, na filosofia e nos métodos de estudar a natureza.

Se antes, o homem procurava na natureza os elementos simbólicos que o aproximavam do Criador, a partir do Renascimento, a natureza passou a ser estudada pelo seu valor intrínseco, transformando-se as ciências num instrumento humano de dominação das forças naturais. A prática do coleccionismo instalou-se nas elites europeias, na sequência das viagens de descoberta e de exploração de novos territórios, dando origem à criação de instituições de carácter científico, como os Gabinetes de Curiosidades, os Gabinetes de História Natural e os Jardins Botânicos⁶⁰.

Porém, a partir do século XVII, os filósofos naturais começaram a compreender que a natureza nem sempre se deixa questionar com facilidade, exigindo com frequência formas de interrogação mais activas. A experimentação impôs-se como o método por excelência para esse efeito, por permitir aos investigadores criarem condições que tornam “directamente” observáveis fenómenos impossíveis de serem visualizados e quantificados em condições naturais. Neste período, Robert Boyle (1627-1691) defende que a filosofia natural deve ser gerada a partir da experimentação, a qual produz um tipo de conhecimento que designa por *matters of fact* e a que associa a ideia de um saber sólido e permanente. A multiplicação de testemunhos visuais de actos experimentais era um elemento fundamental para a produção de *matters of fact*, do mesmo modo que a narração detalhada do que se passava no interior dos laboratórios (instrumentos e

⁵⁹ Barreto, L.F. (2001). “Do experiencialismo ao Renascimento português” em Calafate, P. (dir.), *História do Pensamento Filosófico Português*, Vol. II – Renascimento e Contra-Reforma. Lisboa: Caminho, pp. 23-34, p. 25.

⁶⁰ Veja-se: Janeiro, A.L. (2006). Primórdios do coleccionismo moderno em espaços de produção do saber e gosto in *Memorandum*, 10, 65-70; Janeiro, A.L. (2005). A configuração Epistemológica do Coleccionismo Moderno (Séculos XV-XVIII) in *Episteme*, nº 20, pp. 25-36.

protocolos experimentais) acrescentava não só credibilidade ao relato escrito, como permitia a replicação dos referidos experimentos⁶¹.

As imagens, inseridas em livros, cartas, catálogos, relatos ou mesmo isoladas, são testemunhos privilegiados das mudanças no modo de observar, de experimentar e de explicar a natureza que acabamos de referir. No final do século XIV, já eram usadas técnicas de estampagem em papel, as quais possibilitaram que as ilustrações se comesçassem a tornar frequentes, principalmente em textos de carácter religioso. Contudo, foi a partir dos finais do século XVII que as pranchas xilogravadas deram lugar a figuras gravadas em talhe-doce, o que permitiu realizar representações mais pormenorizadas dos objectos. Ivins considera mesmo que os historiadores da ciência deveriam associar os lentos desenvolvimentos da ciências e da tecnologia, até ao período renascentista, à quase total ausência de representações gráficas rigorosas das entidades naturais⁶². Numa obra mais recente também Miller destaca a importância das imagens para o progresso do conhecimento científico, afirmando que: “Os artistas como os cientistas procuram encontrar representações visuais de mundos visíveis e invisíveis. Eles tentam «ler» a natureza”⁶³.

Em síntese, as imagens podem ser estudadas como elementos construtores de universos culturais, de natureza científica, uma vez que é através da criação de um código de signos, partilhado pela generalidade ou parte importante dos membros de uma comunidade, que se estabelecem as culturas humanas. Não nos devemos esquecer que as imagens foram desde sempre um dos mais importantes suportes de comunicação científica. Porém, os homens de cada época não vêm só em função do que eles podem perceber, estão condicionados por aquilo que anteriormente conheceram. Importa, por isso, analisar a função epistemológica das imagens na evolução do conhecimento científico. Para esse efeito serão apresentados diversos exemplos históricos, que deverão ser analisados pelos estudantes em contexto de trabalho de equipa.

⁶¹ Veja-se: Shapin, S. e Shaffer, S. (1985). *Leviathan and the Air-Pump*. Princeton: Princeton University Press; Dear, P. (1995). *Discipline & Experience. The Mathematical Way in the Scientific Revolution*. Chicago and London: University Chicago Press; Dear, P. (1991), “Narratives, Anecdotes, and Experiments: Turning Experience into Science in the Seventeenth Century” Dear, P. (coord.) *The Literary Structure of Scientific Argument: Historical Studies*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press; Licoppe, C. (1996). *La formation de la pratique scientifique. Le discours de l'expérience en France et en Angleterre (1630-1820)*. Paris: Ed. La Découverte.

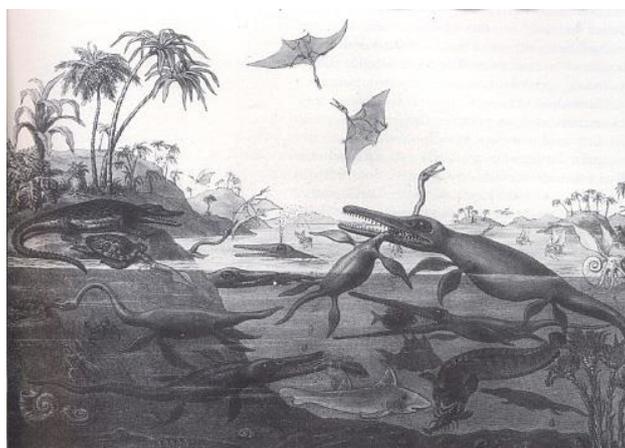
⁶² Ivins Jr, W.M. (1975). *Imagen impresa y conocimiento. Análisis de la imagen prefotográfica*. Barcelona: Ed. G. Gili.

⁶³ Miller, A.I. (2000). *Intuitions de Génie. Images et Créativité dans les Sciences et les Arts*. Paris: Flammarion, p. 9.

O encontro com a natureza desconhecida e com o exotismo dos novos mundos, foi fonte de perplexidade para o viajante e para o erudito renascentista que tiveram dificuldade em interpretar esses novos ambientes naturais à luz dos conhecimentos legados pelos autores clássicos: “Os escritos dos Descobrimentos representam plasticamente tudo o que de novo e impressionante se poderia colher nos novos mundos. Os eruditos europeus alegram-se ao ouvir contar sobre as novidades das terras recentemente achadas: animais, peixes, aves, árvores, plantas e frutos nunca vistos. A dificuldade em encontrar palavras ou expressões adequadas e precisas para desenvolver o *visto* é uma referência constante dos nautas nos relatos de viagens”⁶⁴.

Embora, no final do século XVIII, tenha começado a surgir a ideia de existir uma história anterior ao aparecimento do homem sobre a Terra, estas novas concepções não tiveram de imediato uma tradução visual. Só com o desenvolvimento da Paleontologia, no decorrer do século XIX, foi possível recolher informação que permitiu elaborar reconstituições visuais credíveis.

Estas imagens, para além de retratarem o conhecimento científico de uma época, são também uma manifestação das práticas artísticas e das convenções visuais vigentes no período em que são produzidas (fig. 1). Rudwick interpreta a construção deste tipo de representações como um processo de inferência analógica sucessiva, baseado em evidências fragmentadas⁶⁵. Contudo, em termos científicos, estas ilustrações podem apresentar alguns problemas de leitura. O facto de serem cenas apresentadas num estilo artístico figurativo, pode induzir um leitor, possuidor de menor literacia científica, a considerar o visualizado como um fiel retrato do passado.



⁶⁴ Lopes (1998), *Ob. cit.*, p. 74.

⁶⁵ Rudwick (1992), *Ob. cit.*.

Figura 1 – Desenho de Henry de la Beche (1830), *Duria antiquior*. Retirado de Rudwick (1992), *Ob. cit.*, p.45.

As imagens tiveram um papel crucial durante o século XVII. Através destas, físicos como, por exemplo, Boyle procuraram descrever em pormenor as experiências que realizaram e os aparelhos que utilizaram. Esta era uma forma de garantir, aos leitores das suas obras, que as experiências tinham sido efectivamente realizadas e permitir, ao mesmo tempo, que elas pudessem ser replicadas por outros investigadores:

“A tecnologia que permite o testemunho virtual produz na mente do leitor a representação de uma cena experimental de tal forma que deixa de ser necessário tanto o testemunho directo como a replicação. Através do testemunho virtual a multiplicação de testemunhos poderá ser, em princípio, ilimitada. Em consequência [a imagem] tornou-se na mais poderosa tecnologia para constituir *matters of fact*. A validação de experiências e a acreditação dos seus resultados como *matters of fact* implicava necessariamente a sua realização no laboratório da mente [...]”.

A ilustração científica fornece um testemunho privilegiado destas mudanças, que se traduz não só num acréscimo de pormenor comparativamente às imagens obtidas através do simples olhar humano, como também na utilização de novas técnicas de representação, nomeadamente, o uso de planos de representação frontal e a supressão do fundo, considerado este último como elemento perturbador na leitura de imagens⁶⁶. Para além disso, a utilização da perspectiva permitiu o aperfeiçoamento das imagens associadas a processos descritivos e classificativos. Posteriormente, as viagens filosóficas, realizadas no século XVIII, provocaram uma nova avalanche de dados e conduziram a uma valorização cada vez maior da ilustração gráfica, como forma privilegiada de transmissão de conhecimento. Também o próprio sistema classificativo de Lineu obrigou a que fossem introduzidas mudanças significativas nas formas de representar os objectos naturais. Paradoxalmente, Lineu atribuiu prioridade nas suas investigações às amostras de plantas, que colecionou em herbários, em detrimento de representações gráficas das mesmas.

Podemos por isso afirmar que passou a existir uma preocupação já não com a cópia exacta, mas sim com o destacar das características que estão na base da distinção entre grupos, através da elaboração de desenhos esquemáticos que tornam “visible non *ce qui est vu*, mais bien *ce qui doit être vu*”⁶⁷. O mimetismo total deixou de ser o objectivo final

⁶⁶ Massironi, M. (1989). *Ver pelo desenho. Aspectos técnicos, cognitivos, comunicativos*. Lisboa: Edições 70.

⁶⁷ Sicard, M. (1998). *La Fabrique du Regard. Images de science et appareils de vision (XV^e-XX^e siècle)*.

da representação. O ilustrador procura “explicar” o objecto, para que desta forma o naturalista o possa classificar.

A partir do século XIX registam-se mudanças significativas na forma de conceber a história da Terra, com a aceitação por um lado de uma escala cronológica longa e por outro da evolução dos seres vivos, patente na sucessão de floras e faunas fósseis identificadas em várias regiões. A ideia de que a história da humanidade tinha sido precedida por uma outra história, começou a ganhar força no final do século XVIII. A presença em determinadas rochas de fósseis de seres pertencentes a reinos desconhecidos tornou-se uma evidência durante esse período, embora alguns naturalistas continuassem ainda a interpretá-los como espécies actuais que algum dia poderiam vir a ser descobertas.

Durante o século XVII, surge uma série de obras, com carácter essencialmente especulativo cujo objectivo era descrever a história da Terra, razão por que receberam com frequência a designação de “teorias da Terra”. Ellemerger atribui-lhes particular significado, considerando-as como um testemunho dos primeiros passos na autonomização da Geologia⁶⁸. Porém, importa referir que neste contexto ultrapassaremos o âmbito com que este termo é normalmente utilizado.

Os primeiros tratados que receberam este tipo de designação estavam fortemente influenciadas por concepções religiosas, sendo testemunho de um esforço em conciliar relatos bíblicos com os resultados obtidos nas novas ciências. A obra do clérigo anglicano Thomas Burnet (1635-1715), *Telluris Theoria Sacra*, pode ser considerada paradigmática neste âmbito, demonstrando grande preocupação em respeitar as descrições bíblicas da criação e do dilúvio. Em paralelo, destacamos pela enorme influência que exerceu em autores posteriores o tratado de René Descartes (1596-1650) - *Princípios de Filosofia*, embora este filósofo não tenha escrito propriamente uma história da Terra⁶⁹. Referências mais abreviadas serão feitas ainda às obras de William Whiston (1667-1752) e John Woodward (1665-1728), ambos diluvianistas, influenciados pela teoria da gravitação de Newton.

Mas se as primeiras teorias da Terra a que fazemos referência são obras de natureza essencialmente especulativa o mesmo já não se pode afirmar do tratado de Nicolaus Steno

Paris : Editions Odile Jacob, p. 83.

⁶⁸ Ellemerger (1994), *Ob. cit.*.

(1638-1686), *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*, abreviadamente designado por *Prodromus*. Neste tratado são apresentados, pela primeira vez, alguns dos princípios básicos da Geologia moderna⁷⁰. Refira-se, a título de exemplo, o princípio da sobreposição dos estratos: “no momento em que se formava um dos estratos mais elevados o estrato inferior já tinha adquirido a sua consistência sólida”⁷¹. Este princípio passou a constituir uma importante ferramenta mental que permitiu interpretar as observações realizadas no campo, contribuindo para a elaboração de uma história da crosta terrestre.

Influenciado por Steno e Descartes, Gottfried W. Leibniz (1646-1716) propôs também, na sua obra *Protogaea*, uma teoria da Terra que se diferenciava das anteriores por fazer apelo, em simultâneo, ao fogo e à água como causas para as transformações que afectaram o globo terrestre⁷².

Em paralelo, começam também a surgir, nos séculos XVII e XVIII, relatos cronológicos da história da Terra e da Vida. A obra de Buffon, *Des Époques de la nature*, com um suplemento dedicado à *Histoire Naturelle*, é referida como caracterizadora de uma época de transição entre cronologias curtas e longas. Com base numa concepção unidireccional de tempo e defendendo a ideia de um arrefecimento progressivo do globo terrestre, Buffon apresenta uma história da Terra dividida em sete épocas, as quais caracterizou através da presença de determinadas espécies e da ocorrência de diversos fenómenos. Há dois aspectos a destacar neste relato: por um lado, é a primeira vez que o homem é colocado no fim dos tempos geológicos e por outro, é referido o aparecimento de diferentes seres vivos em épocas distintas.

A introdução de periodicidade na história da Terra esteve associada não só a concepções de tempo linear como também a concepções de tempo cíclicas. Sobre estas últimas destacaremos as concepções de James Hutton (1726-1797) que atribuía dimensão infinita ao tempo, afirmando que ao longo deste se teriam sucedido de forma cíclica e alternada, fases de formação e de destruição de relevos. Aproveitamos este assunto para

⁶⁹ Descartes, R. (1997), *Princípios de Filosofia*, Lisboa: Edições 70.

⁷⁰ Steno, N. (2003). “De Solido intra Solidum naturaliter contento Dissertationis Prodromus” (Traducción de Leandro Sequeiros). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10.3.; Veja-se: Sequeiros, L. (2002), “Las raíces de la Geología: Nicolás Steno, los estratos y el Diluvio universal” em *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10 (3), pp. 245-283. Neste tratado, Steno propôs uma reconstrução dos fenómenos geológicos ocorridos na Toscana, os quais pensava poderem ser generalizados a todo o globo.

⁷¹ Veja-se: Sequeiros (2003), *Ob.cit.*, p.258 (II, 3, 45, 2).

⁷² Leibniz, G. (1993). *Protogaea*. Toulouse: Presses Universitaires du Mirail. Obra traduzida em 1859 por Bertrand de Saint-Germain e posteriormente revista e completada com mais informação por Jean-Marie

fazer referência ao debate entre plutonistas e neptunistas. Contrastando as concepções huttonianas que viam a Terra como um gigantesco mecanismo, comparável a um relógio perfeitamente sincronizado, com uma história evolutiva pontuada por uma sequência de ciclos geológicos, sem princípio nem fim e em que o calor interno desempenhava um papel crucial, com as concepções de Abraham Werner (1749-1817) para quem a história evolutiva da Terra estava condicionada pela intervenção da água em várias fases e processos.

Em paralelo, devem ser referidos os estudos de anatomia comparada realizados por Georges Cuvier (1769-1832), professor do Museu de História Natural, em Paris, que colocaram em evidência não serem os antigos seres semelhantes aos actuais o que, por sua vez, implicava a aceitação de que algumas espécies se teriam extinguido ao longo do tempo. Para este naturalista a Terra estaria sujeita, com uma certa regularidade, a súbitas e violentas “revoluções” que provocariam a extinção da fauna existente. Estas fases de mudança brusca, seriam seguidas de períodos de estabilidade em que uma nova fauna e flora voltariam a ocupar a superfície do globo. Cuvier, um dos principais defensores do catastrofismo geológico, foi uma das personalidades mais influentes do seu tempo.

Em contraposição com as concepções catastrofistas apresentam-se as linhas gerais do uniformitarismo, termo considerado por alguns autores como sinónimo de actualismo. Este princípio, que é antes de mais um princípio metodológico, pressupõe uma uniformidade temporal dos processos geológicos e das suas causas. Neste contexto, será dado destaque ao tratado publicado entre 1830 e 1833, *Principles of Geology*, da autoria de Charles Lyell (1797-1875)⁷³. É possível afirmar que as concepções uniformitaristas já se encontravam presentes na obra de Hutton, mas foi Lyell o responsável pela sua disseminação e aceitação pela comunidade científica, numa época em que as correntes diluvianistas eram dominantes. Desta forma, Lyell procurou estabelecer os princípios básicos desta ciência, aproximando-a de outras ciências experimentais.

Por último, por último importa referir o impacto que as mudanças anteriores tiveram em Portugal. Com esse objectivo destaca-se a criação, em 1848, da primeira *Comissão Geológica do Reino*, referindo-se, em particular, o papel desempenhado por Carlos Ribeiro (1813-1882), Nery Delgado (1835-1908) e Paul Choffat (1849-1919). Assumimos a influência que sobre nós exerceu a obra de Rudwick, *The Meaning of*

Fossils (1985)⁷⁴, pelo modo como se encontra estruturada, que nos leva a abordar o tema da designada “época de ouro” da Geologia, em Portugal, a partir do conhecimento mais pormenorizado da vida e da obra de Paul Choffat, tomando para esse efeito como referência a recente publicação de *Paul Choffat na Geologia Portuguesa* (2008)⁷⁵.

Neste quadro recordamos uma personalidade, Gaspar Frutuoso (1522-1591) e, um acontecimento (Terramoto de Lisboa – 1755), para abordar aspectos da evolução teórica, nos domínios da vulcanologia e sismologia. Por último, centra-se a atenção num exemplo, considerado paradigmático em termos de mudança teórica (Teoria da Deriva dos Continentes → Teoria da Tectónica de Placas)⁷⁶.

Gaspar Frutuoso é autor de uma obra intitulada *Saudades da Terra* onde, em paralelo, com o relato de diversas erupções vulcânicas, registadas nos Açores, desenvolve argumentação inovadora no âmbito da vulcanologia⁷⁷. Destacamos a discussão sobre as causas das erupções vulcânicas, integrando-a no contexto da evolução teórica neste domínio. A história da vulcanologia relaciona-se directamente com a história dos povos que habitaram as margens do Mediterrâneo, por este ser um espaço geologicamente activo onde os fenómenos vulcânicos e sísmicos marcam presença. Podemos mesmo questionar-nos sobre o significado que podem ter alguns mitos, gregos e romanos⁷⁸. Nas primeiras cosmogonias o *mythos* e o *logos* estiveram muitas vezes associados, embora se considere que a ciência surge quando através do *logos* se chega ao relato racional, analítico e objectivo dos factos. Porém, alguns mitos não devem ser vistos unicamente como um conjunto de relatos, mais ou menos fantásticos, uma vez que podem ser

⁷³ Lyell, *Ob. cit.*

⁷⁴ Rudwick, M.J. (1985). *Meaning of Fossils*. Chicago and London: The University of Chicago Press.

⁷⁵ Rocha, R.B., Pais, J., Kullberg, J.C. e Ribeiro, M.L. (Eds.) (2008), *Paul Choffat na Geologia Portuguesa*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa e Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Veja-se também: Choffat, P. (1908). Edição Fac-símile de *Essai sur la Tectonique de la Chaîne de l'Arrabida* em Rocha, R.B., Pais, J., Kullberg, J.C. e Ribeiro, M.L. (Eds.) (2008), *Paul Choffat na Geologia Portuguesa*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa e Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação .

⁷⁶ Veja-se: Giere, R.N. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago and London: University of Chicago Press.

⁷⁷ Veja-se: Pinto, M.S. (1998). “Gaspar Frutuoso, os Açores e a Atlântida de Platão” em *Boletim HFCT – História e Filosofia da Ciência e da Técnica*, nº 1, Ano 2, pp. 3-8; Pinto, M.S. (2003). “Gaspar Frutuoso, a Portuguese Volcanologist of the 16TH Century” em *Açoreana*, 10 (1), pp. 207-226; Pinto, M.S. (2003). “Vulcanismo dos Açores – nota sobre as primeiras erupções históricas de São Miguel” em *Açoreana*, 10 (1), pp. 227-236; Pinto, M.S. (2003). “Effects of Eruptions on Society – the Case of the Azores Archipelago. A Brief Historical Account” em *Açoreana*, 10 (1), pp. 237-254.

⁷⁸ Alguns destes mitos foram depois adaptados pelo cristianismo, contribuindo para transmitir e perpetuar a ideia da existência de um “fogo” subterrâneo a que se associava a ideia de “inferno”. O Monte Etna foi muitas vezes identificado como a porta de entrada para o “inferno”, utilizando-se a expressão “navegando para a Sicília” como uma forma eufemística de se aludir à ida para o inferno. Veja-se: Sigurdsson, H. (2000). *The History of Volcanology* em Sigurdsson, H. (Ed.), *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press.

reveladores das primeiras formas particulares de organizar o mundo e da procura de causas para os fenómenos observados⁷⁹.

As erupções vulcânicas e os terremotos foram dos acontecimentos geológicos que mais interesse suscitaram nos povos da bacia mediterrânica. Para colocar em realce este facto começa-se por fazer referência ao modelo de interior da Terra, apresentado por Platão no diálogo *Timeu*, cuja repercussão em autores posteriores se encontra bem evidenciada no *Mundus Subterraneus* (1665) de Athanasius Kircher (1601-1680), que defende a ideia da existência de um núcleo ígneo central, a qual também está presente em muitas das teorias da Terra anteriormente citadas. Mas esta concepção começou a ser questionada a partir dos séculos XVII e XVIII, quando os conhecimentos de química e de física já não permitiam aceitar este modelo, sem que fossem propostos mecanismos capazes de justificar, por exemplo, a renovação no interior do globo do oxigénio necessário às combustões. De igual modo a composição desse núcleo central, em fusão, passou a ser objecto de discussão. Neste âmbito, inclui-se referência às controvérsias entre neptunistas e plutonistas e à forma como estas duas correntes explicaram os fenómenos vulcânicos. No século XIX, depois de ter sido comprovado por geólogos e geofísicos que a Terra é um corpo sólido e rígido, formado internamente por invólucros concêntricos e de que apenas o núcleo se encontraria fundido, nova questão foi colocada: como seria possível a formação de magma no interior sólido da Terra? A resposta a este problema virá do campo da termodinâmica, mas será a teoria da tectónica de placas a fornecer o modelo teórico que permitirá explicar, em termos globais, os processos vulcânicos. A história da vulcanologia e da sismologia desenvolve-se em paralelo e podemos considerar que convergiu no século XX na formulação da teoria da deriva dos continentes e depois na teoria da tectónica de placas.

Os tremores de terra foram desde sempre motivo de preocupação para os povos que viveram em zonas de risco, pela dimensão catastrófica que estes fenómenos assumiram com frequência, tanto em termos de perdas de vidas humanas como de bens materiais. Para além disso, existe o facto de ser um fenómeno de natureza súbita e imprevisível, que

San Diego, pp. 15-37.

⁷⁹ O mito da Atlântida é, por vezes, associado a fenómenos vulcânicos. Krafft associa-o à grande erupção registada na ilha de Santorini, em 1620 a.C. Esta erupção também poderá estar na origem de alguns dos mitos oriundos da parte oriental do mediterrâneo que referem com frequência a existência de um dilúvio. Gaspar Frutuoso discutiu de forma crítica, em *Saudades da Terra*, a possibilidade dos Açores poderem ser um vestígio desse grande continente. Krafft, M. (1991). *Les feux de la Terre. Histoire de volcans*. Paris, Gallimard.

o homem não consegue controlar. Por isso se justifica que a memória histórica do terramoto de 1755 continue presente e seja periodicamente revisitada. De um ponto de vista exclusivamente científico é possível afirmar que o terramoto de Lisboa marcou o início da sismologia como ciência, não só pelo interesse que a partir desse momento o tema vai suscitar, como também pela preocupação que surgiu com a recolha de dados, nomeadamente, através de inquéritos como os que foram postos a circular, tanto em Portugal como em Espanha, depois do terramoto⁸⁰.

Numa outra vertente de análise convém ter presente que o terramoto de Lisboa fez abalar os ideais iluministas, como bem o provam os três ensaios que a ele foram dedicados por Immanuel Kant (1724-1804)⁸¹, assim como os textos de Voltaire (1694-1778) e Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), chegando Neiman a afirmar que “Lisboa chocou o século XVIII de uma maneira que terremotos maiores e mais destrutivos não chocaram o século XX”⁸². Importa destacar que foi apenas no fim dos séculos XIX e início do século XX que sismólogos e geólogos compreenderam a natureza tectónica dos sismos, e que unicamente a partir da década de 60, do século anterior, a teoria da tectónica de placas forneceu um modelo explicativo globalmente coerente.

Na abordagem da evolução das explicações sobre a génese dos fenómenos sísmicos temos em consideração as teorias anteriores ao terramoto de Lisboa, as explicações que surgem na sequência do referido terramoto, assim como as mudanças posteriores, seguindo uma versão simplificada da sequência argumentativa expressa em Oldroyd *et al.*(2007)⁸³.

O início do século XX, mais precisamente o ano de 1912, ficou referenciado na história da Geologia pela apresentação de uma teoria que viria, algumas décadas mais tarde, a contribuir para uma mudança de paradigma nas ciências geológicas, fornecendo uma

⁸⁰ Gomes Coelho, A. (2005). Do “Inquérito do Marquês de Pombal” ao estudo de Pereira de Sousa sobre o Terramoto de 1 de Novembro de 1755. Em *O Grande Terramoto de Lisboa*. Lisboa: FLAD - Público, vol. I, pp. 143-189; Martínez Solares, J.M. (2001). *Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755)*. Monografía 19. Madrid: Instituto Geográfico Nacional.

⁸¹ Kant, I. (1955). *Ensaio de Kant a propósito do terremoto de 1755* (tradução de Luís Silveira). Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa. Este livro inclui três ensaios escritos por Kant, em 1756: o primeiro de eles foi publicado em Königsberger Wöchentlichen Frage – und Anzeigungs – Nachrichten, o segundo, um conjunto de pequenos artigos, foi editado como panfleto por um editor de Königsberger, quanto ao terceiro foi publicado num semanário de Königsberger. Veja-se sobre este tema: Reinhardt, O. e Oldroyd, D. (1983). “Kant’s Theory of the Earthquakes and Volcanic Action” em *Annals of Science*, 1983, 40, pp. 247-272.

⁸² Neiman, S. (2005). *O mal no Pensamento Moderno. Uma História Alternativa da Filosofia*. Lisboa: Gradiva, p. 269.

⁸³ Oldroyd, D., Amador, F., Kozák, J., Carneiro, A. e Pinto, M. (2007), “The Study of Earthquakes in the Hundred Years Following the Lisbon Earthquake”, *Earth Sciences History*, Vol. 26, Nº 2, pp. 321-371.

nova forma de observar e pensar a Terra. Esta teoria, designada por teoria da deriva dos continentes, teve como seu principal formulador um meteorologista e geofísico alemão de nome Alfred Wegener (1880-1930). Com base numa perspectiva mobilista, esta teoria forneceu um modelo interpretativo global para a superfície terrestre ao explicar de forma coerente um conjunto de observações muito variadas e aparentemente sem qualquer relação entre si.

Na apresentação desta teoria será feita referência a outros cientistas, que já anteriormente tinham formulado concepções mobilistas, ao mesmo tempo que também se coloca em destaque a polémica que esta gerou na comunidade científica, que defendia concepções contraccionistas e permanentistas. Serão realçadas as polémicas entre geólogos e geofísicos, que aceitavam um arrefecimento progressivo do globo do qual resultaria a sua contracção acompanhada por uma deformação da crosta terrestre, privilegiando deste modo os movimentos verticais das massas continentais.

Destaca-se a importância da obra de Wegener, fundamentada em grande variedade de argumentos, mas ao mesmo tempo também se referem as dificuldades que este cientista teve em encontrar um mecanismo que justificasse a movimentação lateral das massas continentais. Todos estes factos, a que também se associam a formação académica de Wegener, a sua nacionalidade e o período complexo do ponto de vista político em que o debate ocorreu, levaram a que as discussões que se seguiram à apresentação desta teoria fossem bastante intensas.

Através de uma análise em que se valoriza o contexto social da época serão destacados alguns aspectos que contribuíram, após o final da II Grande Guerra, para a aceitação da ideia de mobilidade. Atribui-se particular importância aos argumentos oriundos da Geofísica que permitiram, a partir da década de 60, o reacender da polémica sobre a deriva dos continentes. Faz-se referência aos trabalhos de Harry Hess (1906-1969), que formulou a hipótese de as dorsais oceânicas representarem vestígios de correntes convectivas ascendentes e da cintura peripacífica ser uma manifestação, à superfície, das correntes convectivas descendentes. Este modelo de expansão dos fundos oceânicos, foi posteriormente confirmado pelos investigadores Frederick Vine, Drummond Matthews e Lawrence Morley, que interpretaram as anomalias magnéticas descobertas nos fundos oceânicos como testemunhos da referida expansão. Em termos gerais, procuram-se destacar os aspectos evolutivos que conduziram posteriormente à formulação da teoria

da tectónica de placas. Para além disso, procura-se ainda chamar a atenção para o facto da investigação científica estar em constante progresso e de que novos problemas estão sempre a surgir, obrigando com frequência à alteração de modelos anteriormente aceites.

3. Novos desafios ao ensino das Ciências da Terra

Se a natureza foi muitas vezes encarada apenas como o cenário onde se desenrola uma história centrada no homem, a verdade é que podemos encontrar, ao longo dos tempos, inúmeros exemplos que refutam esta visão. Importa, por isso, procurar compreender como surgiram e se desenvolveram as concepções sobre o ambiente e como é que estas foram usadas pela sociedade em diferentes épocas. Neste âmbito, consideramos que o conceito de história ambiental abrange tanto a descrição das alterações ambientais, resultantes de actividade antrópica ou de outras causas, como os respectivos efeitos nas populações, abarcando também a compreensão da génese e da evolução de diferentes concepções sobre o mundo natural e a forma como estas passaram a fazer parte da nossa cultura⁸⁴. Por último, refere-se a origem das primeiras concepções e movimentos que visaram a conservação da natureza.

O mesmo tipo de paisagens naturais foi observado de forma diversa por homens de diferentes épocas. Do mesmo modo que povos distintos, na mesma época, também olharam de um modo diferente para a natureza. Mas, com frequência, à percepção da natureza estiveram associadas concepções antagónicas, que a consideravam em simultâneo um “paraíso” ou um “inferno”, muito longe de qualquer tipo de neutralidade⁸⁵.

Não se pretende debater o conceito de “natureza”, tendo em vista identificar o significado cultural que lhe esteve associado ao longo da história, mas sim procurar analisar as interacções que se estabeleceram entre o homem e a natureza. Será nossa preocupação tornar patente a necessidade de repensar concepções naturalistas historicamente enraizadas, suportadas numa separação entre o homem e a natureza, em particular na ideia de que esta última é uma entidade externa ao homem, cuja percepção nos chega de forma objectiva através dos órgãos dos sentidos, contrastando-a com a noção de imagem mental da natureza, gradualmente construída e revista, que integra o homem na própria natureza. Procuraremos também refutar concepções de determinismo ambientalista

⁸⁴ Arnold, D. (2000). *La naturaleza como problema histórico*. México: Fondo de Cultura Económica.

⁸⁵ Gervereau, L. (2007). *D'Après Nature. Science et fantasmes depuis le XV^e*. Paris: Alternatives, p. 68.

radicais, expressas na ideia de que a natureza determina o curso da história humana, mas sem deixar de chamar a atenção para a importância que alguns eventos, nomeadamente de natureza geológica, assumiram para as populações afectadas.

Do ponto de vista descritivo tomaremos como referência a periodização histórica proposta por Simmons, da qual constam cinco períodos⁸⁶:

- Caçadores-colectores e agricultura primitiva, correspondendo a usos pouco intensivos da natureza, adaptados a aspectos específicos de cada ambiente.
- Civilizações fluviais, onde foram utilizadas tecnologias que permitiram ultrapassar constrangimentos sazonais.
- Impérios baseados na agricultura (do século V até praticamente à revolução industrial). Foram desenvolvidas tecnologias específicas que permitiram vencer limitações ambientais impeditivas de aumentos da produtividade, através, por exemplo, do armazenamento e gestão das águas, da construção de socacos e da reprodução selectiva de plantas e animais.
- A era Atlântico-industrial, desde o século XVIII até aos nossos dias. Sistemas económicos baseados fundamentalmente na energia extraída dos combustíveis fósseis. Período de impacto máximo da nossa espécie sobre o meio.

Em todas estas épocas existiram concepções distintas sobre a natureza, mas a partir do século XIX torna-se mais fácil proceder à identificação da coexistência de diversas correntes de pensamento. A naturalista que se traduziu na exclusão do homem da própria natureza, surgindo este como uma entidade externa e independente. A par desta concepção existiu a visão imperialista que associava a atribuição de valor ao mundo natural à sua própria exploração para fins económicos. Por último, resta ainda referir uma última perspectiva que podemos designar por arcadiana, que o Romantismo faz renascer no século XIX, repensando as relações entre o homem e a natureza como reacção à racionalidade científica do século XVIII⁸⁷. Na Alemanha, a *Naturphilosophie*, com origem na filosofia idealista de Friedrich von Schelling (1775-1854), rompeu com algumas das concepções empírico-racionalistas do iluminismo francês e inglês. Para a *Naturphilosophie* o Universo não era já a “grande máquina” idealizada por Newton, mas sim uma entidade viva, na qual estaria sempre presente uma entidade superior, que poderia ser de origem divina. Esta corrente filosófica esteve na base do interesse que os fenómenos naturais passaram a despertar nas elites intelectuais, que por sua vez se traduziu na procura de uma maior proximidade física com os espaços naturais,

⁸⁶ Simmons, I.G. (2007). *História do Ambiente*. Lisboa: Teorema.

⁸⁷ Matagne, P. (2002). *Comprendre l'Écologie et son histoire*. Paris: Delachaux et Niestlé.

nomeadamente as regiões montanhosas⁸⁸. Se os naturalistas dos séculos XVII e XVIII encaravam a ciência como uma forma de dominar a natureza, numa perspectiva optimista de desenvolvimento das sociedades, na viragem para o século XXI, o homem tomou consciência dos perigos resultantes dessa dominação e exploração intensivas, facto que o obrigará a assumir uma atitude diferente em relação ao ambiente.

A História da Ciência pode ainda fornecer elementos para a compreensão da génese e da evolução das distintas perspectivas ambientalistas actuais - o antropocentrismo, o biocentrismo e o ecocentrismo, no interior das quais ainda é possível identificar diferentes orientações⁸⁹. Importância particular será atribuída às raízes históricas do antropocentrismo, que corresponde a uma visão instrumental da natureza, presente desde muito cedo na história da humanidade, a qual se traduz numa posição de domínio face à natureza. Também, neste contexto, deve ser referido o papel que o cristianismo exerceu, ao fomentar a ideia de dualismo entre o homem e a natureza e ao legitimar a sua exploração através da referência à vontade divina. Sem esquecer, porém, em sentido oposto, a função do cristianismo no combate ao animismo ou mesmo a possibilidade de se encontrarem na Bíblia vestígios de princípios ambientalistas. Também as raízes da perspectiva biocêntrica podem ser pesquisadas em épocas remotas, nomeadamente ao tentarmos compreender como foram sendo encarados os processos de vivissecação, técnica de investigação necessária ao progresso da ciência em muitos domínios. Por último, esta análise culmina na procura das raízes do ecocentrismo, associada à necessidade de repensar o modo como a espécie humana interage com os outros seres e com os diferentes subsistemas terrestres. Neste quadro, pode ser traçado um percurso desde a ideia de uma unidade orgânica entre o homem e o cosmos, característica da Idade Média e Renascimento, até concepções mais recentes, como as de Aldo Leopold (1886-1948), que estão na base de uma nova ética ambiental.

Por sua vez, a conservação do património natural ao estar associada à atribuição de valores a entidades naturais, os quais podem ser de natureza utilitária ou não-utilitária, exige que se compreenda o modo como o homem olhou para as zonas “selvagens”, isto é, para regiões com reduzida intervenção humana⁹⁰. Com o progresso da ciência o temor

⁸⁸ Veja-se: Taliaferro, C. (2005). “Primórdios da filosofia moderna” em Jamieson, D. (coord.), *Manual de Filosofia do Ambiente*, Lisboa, Instituto Piaget (pp. 139-153); Brennan, A. (2005). “Filosofia dos séculos dezanove e vinte” em Jamieson, D. (coord.), *Manual de Filosofia do Ambiente*, Lisboa, Instituto Piaget (pp. 155-169); Debysse, J. (2007). *Un nouveau regard sur la nature*. Paris: EDP Sciences e l’Observatoire de Paris.

⁸⁹ Almeida, A. (2007). *Educação Ambiental*. Lisboa: Livros Horizonte.

⁹⁰ Simmons, *Ob. cit.*. De acordo com a legislação americana o termo “selvagem” poderá ser aplicado a uma

que antes referimos desvaneceu-se. Rousseau juntamente com outros filósofos naturais, escritores e artistas da sua época converteram a natureza num espaço valorizado por razões estéticas, morais e económicas, defendendo o fascínio pela natureza selvagem em contraste com a artificialidade das zonas urbanas. Também, no século XVIII, o movimento higienista, com repercussões até aos nossos dias, pode ser encarado como um renascimento da teoria hipocrática que apontava para a influência que o meio exercia sobre a saúde dos indivíduos.

Por sua vez, no século XIX a concepção arcadiana já dificilmente tinha seguidores na Inglaterra, Alemanha e França, países à época em plena industrialização, onde emergia o darwinismo, marcado pelo conceito de selecção natural e de sobrevivência dos mais aptos, ao mesmo tempo, que se defendia um liberalismo que privilegiava a iniciativa privada e a competição. Também neste âmbito caberá referir o pensamento marxista, que embora seja alvo de diversas interpretações, muitos autores consideram atribuir à natureza um papel estritamente subordinado e instrumental. Mas, paralelamente, surgiram no século XIX correntes de pensamento que viram na natureza um lugar de purificação, afastado das tentações das cidades. Entre estes autores destacamos os teóricos americanos John Muir (1838-1914), Frederick J. Turner (1861-1932) e Henry D. Thoreau (1817-1862), pela influência que exerceram na criação de movimentos ambientalistas mais radicais.

A abordagem histórica das concepções ambientalistas permite colocar em evidência diferentes critérios de valorização das entidades naturais: intrínsecos, culturais e estéticos, económicos, científico e educacionais⁹¹. Começa-se por destacar o debate sobre a possibilidade da natureza possuir valores intrínsecos, isto é, ser valorizada independentemente da função que possa desempenhar para o homem. Este critério, ao envolver uma dimensão ética, obriga a que se questione em termos temporais as relações da sociedade com a natureza.

Do ponto de vista geológico, a atribuição de valor ao património geológico pode estar associada ao reconhecimento, a partir do século XVIII, de que os processos estudados em Geologia são lentos e complexos e que por esse motivo deveremos preservar as paisagens que deles resultam. Concomitantemente a atribuição de valor também pode resultar do facto de não existir intervenção humana na formação de algumas paisagens. Assim, a

região que “de um modo geral parece ter sido afectada basicamente pelas forças da natureza, onde o efeito das acções humanas é praticamente inexistente” (p. 222).

⁹¹ Veja-se: Gray, *Ob. cit.*, Brilha (2005a), *Ob. cit.*.

Geologia pode ser um ponto de partida importante para se questionarem as concepções antropocêntricas. Frodeman⁹² considera que: “Se a Terra tem milhares de milhões de anos, somos uma pequena parte de uma história maior. Quando nos colocamos no quadro da grande narrativa cosmológica e geológica, as nossas vidas e o nosso comportamento tomam uma outra tonalidade”. A Geologia pode ajudar-nos a refutar ideias de domínio da natureza, uma vez que somos obrigados a reconhecer a existência de uma história da Terra em que o homem tem, em termos temporais, uma presença muito pouco significativa.

Numa outra escala de observação também serão destacados aspectos relativos à integração de elementos da paisagem nas próprias construções humanas e à utilização de fósseis, de minerais e de rochas na medicina e na joalheria. Por último, será chamada a atenção para alguns aspectos toponímicos, destacando-se o facto de algumas localidades terem designações claramente relacionadas com aspectos geológicos e geomorfológicos⁹³.

Neste novo quadro os investigadores das áreas das Ciências da Educação e das Ciências Experimentais, assim como as entidades políticas e outros elementos da sociedade civil apercebem-se da necessidade de alterar o perfil de saída dos estudantes que terminam quer o ensino secundário quer o ensino superior. O fenómeno da globalização e o incremento no grau de consciencialização dos indivíduos relativamente aos problemas ambientais que as sociedades hoje enfrentam, apontam para a necessidade de redefinir as competências a desenvolver nestes níveis de ensino, direccionando-as também para a capacidade de intervenção na sociedade. Facto que, por sua vez, só será possível com currículos mais vocacionados para a acção e, também, mais politizados.

Porém, estas abordagens geram resistências, nomeadamente a nível político, porque estaremos a procurar desenvolver competências que, mais tarde, irão dar origem a cidadãos com maior poder de argumentação e de intervenção, mais capacitados para contestarem soluções e mais disponíveis para se envolverem em movimentos da sociedade civil. Para além disso, existe também, numa outra vertente, a resistência dos professores para quem o ensino das ciências se deve limitar unicamente ao que é aceite pela comunidade de investigadores, expressa na forma de conceitos, modelos e teorias cujas características como representações do mundo natural não são questionáveis. A

⁹² Frodeman, R. (2004). “Philosophy in the field” em B. V. Foltz & R. Frodeman (Edit.). (2004). *Essays in Environmental Philosophy*. Indiana University Press, Bloomington, pp. 149-164, p. 162.

⁹³ Rocha, R.B. e Kulberg, J.C. (2004). “A Geologia na toponímia e na história da cidade de Lisboa”. *4ª Jornadas Toponímia Lisboa 2001*, pp. 29-50.

introdução de um nível de intervenção com cariz mais social e político gera desconforto no corpo docente, porque é percebida como o abandono de espaços de segurança e de autoridade que habitualmente se associam à ciência.

Do ponto de vista geológico, a atribuição de valor ao património geológico pode estar associada ao reconhecimento, a partir do século XVIII, da lentidão e da complexidade dos processos geológicos, sendo uma das razões que justificam a preservação das entidades que deles resultam. As Ciências da Terra podem ser um ponto de partida para que se questionem concepções antropocêntricas, ajudando-nos a refutar ideias de domínio da natureza, uma vez que somos obrigados a reconhecer a existência de uma história da Terra em que o homem tem, em termos temporais, uma presença muito pouco significativa.

Neste âmbito, a Educação em Ciências da Terra deve ser capaz de reflectir sobre as especificidades da área de conhecimento que é objecto da sua acção didáctica, para identificar possíveis linhas de intervenção. Em termos gerais, a formação na área das Ciências do Ambiente tem como meta a obtenção de conhecimentos em domínios de estudo diversos, que vão desde as ciências exactas, passando pelas ciências da natureza até às humanidades. Na Licenciatura em Ciências do Ambiente, para além de uma formação de cariz generalista atribuímos particular atenção a aspectos ligados à conservação da natureza dando ênfase, em particular, à conservação do património natural. A *Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade*, publicada no Diário da República nº 236, série I-B, de 11 de Outubro de 2001, estabelece dez opções estratégicas. Relativamente a cada uma delas define princípios, objectivos e directivas de acção em matéria de conservação do ambiente até 2010. Entre as estratégias apresentadas destaca-se a promoção: i) da educação e formação em matéria da conservação da natureza; ii) a valorização das áreas protegidas e do assegurar da conservação do seu património natural, cultural e social, numa perspectiva de desenvolvimento local sustentável que permita manter a qualidade de vida das populações e das gerações futuras; iii) da integração da política de conservação da natureza e do princípio da utilização sustentável dos recursos biológicos na política de ordenamento do território e nas diferentes políticas sectoriais. Infelizmente, como foi amplamente debatido na altura em que o documento esteve em discussão, não foi dado o

relevo devido à geodiversidade e à conservação do património geológico⁹⁴.

A história do homem está marcada por fases sucessivas de ocupação e de utilização da geosfera, que nas últimas décadas se traduziram numa exploração de recursos naturais sem precedentes e numa ocupação intensiva da camada superficial da geosfera, tanto com urbanizações e explorações agrícolas, como com vias de comunicação. Os impactos desta ocupação começam a afectar a qualidade de vida das populações e exigem que se tomem medidas a diferentes níveis e domínios, inclusive no domínio educativo. As concepções naturalistas, que durante muitas décadas influenciaram o ensino das Ciências da Terra, excluía o homem da natureza, colocando-o como entidade externa que observa e experimenta, mas que não é parte integrante da referida natureza. Mais recentemente as Ciências da Terra começaram a descobrir que o seu papel e a sua responsabilidade devem ser mais amplos dentro da sociedade, do que foram em séculos anteriores, como aliás ficou bem patente através dos objectivos e do programa desenhado para o Ano Internacional do Planeta Terra.

4. Exemplos de áreas de intervenção

Há um conjunto de questões que devemos colocar: será que as propostas de pendor neoliberal reconhecem o valor das interacções que se estabelecem entre educação, competitividade e cidadania? Será possível conciliar pela via da educação as exigências de cidadania e os requisitos de competitividade? Como se posicionam as Ciências da Terra face aos conceitos de sustentabilidade forte e sustentabilidade fraca?

- **Sustentabilidade fraca**. Sustentada na continuidade da economia de mercado, e que assume, no caso de esgotamento das matérias-primas, a existência de substitutos. Ambientalismo pragmático/tecnocêntrico.
- **Sustentabilidade forte**. Enfatiza a perspectiva ecológica e conservacionista da sustentabilidade, partindo do princípio que as condições de incerteza, de ignorância e de irreversibilidade na degradação dos sistemas naturais, assim como

⁹⁴ O termo geodiversidade surgiu, em 1993, no Reino Unido, durante a Conferência de Malvern sobre a Conservação Geológica e Paisagística, adoptando a *Royal Society for Nature Conservation* (Reino Unido) a seguinte definição: “A geodiversidade consiste na variedade de ambientes geológicos, fenómenos e processos activos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra” (Brilha, 2005a, *Ob. cit.*, p.17).

o esgotamento de recursos, devem ser considerados como prioritários face aos critérios de eficiência economicista. Diminuição de padrões de vida.

Que modelos de intervenção educativa deveremos privilegiar? A educação no meio, a educação sobre o meio ou a educação para o meio?

Necessitamos de questionar concepções enraizadas no ensino das Ciências da Terra, que excluem o homem da natureza, colocando-o como entidade externa que observa e experimenta, mas que não é parte integrante da referida natureza. E adquirir plena consciência das funções e responsabilidade das Ciências da Terra para a sociedade. Os programas em vigor focam desde já alguns destes aspectos:

10º Ano

A Geologia, os Geólogos e os seus Métodos (introdutório/revisão)

Tema I – A Terra, um Planeta muito Especial

Tema II – Compreender a Estrutura e a Dinâmica da Geosfera

3. A Terra, um planeta único a proteger ←

3.1 A face da Terra. Continentes e fundos oceânicos

3.2 Intervenções do Homem nos subsistemas terrestres ←

3.2.1 Impactos na geosfera

3.2.2 Protecção ambiental e desenvolvimento sustentável

11º Ano

Tema III – Geologia, problemas e materiais do quotidiano

1. Ocupação antrópica e problemas de ordenamento: ←

(bacias hidrográficas, zonas costeiras, zonas de vertente *Análise de situações-problema*).

2. Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres.

2.1 Principais etapas de formação das rochas sedimentares. Rochas sedimentares.

As rochas sedimentares, arquivos históricos da Terra.

2.2 Magmatismo. Rochas magmáticas.

2.3 Deformação frágil e dúctil. Falhas e dobras.

2.4 Metamorfismo. Agentes de metamorfismo. Rochas metamórficas.

3. Exploração sustentada de recursos geológicos. ←

12º ano

Tema III - A Terra ontem, hoje e amanhã ←

1. A Terra antes do aparecimento do Homem.

Paleoclimas e impacto da dinâmica litosférica nas mudanças climáticas

2. Mudanças ambientais na história da Terra e evolução da espécie humana ←

3. O Homem como agente de mudanças ambientais ←

3.1 Aquecimento global

3.2 Exploração de minerais e de materiais de construção e ornamentais. Contaminação do ambiente

3.3 Exploração e modificação dos solos

3.4 Exploração e contaminação das águas

4. Que cenários para o século XXI? Mudanças ambientais, regionais e globais ←

Consideram-se como áreas de intervenção a desenvolver no Ensino Secundários as seguintes:

- No domínio dos conhecimentos (problemáticas mundiais, causas da não sustentabilidade, relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade).
- No domínio das competências (pensamento sistémico e crítico, cooperação e resolução de problemas, auto-aprendizagem, participação social).
- No domínio das atitudes (responsabilidade ética e social, consciência do risco, compromisso com a mudança).

Para as quais se apela a uma metodologia que contemple quatro níveis:

Nível 1 - centrado na análise de casos de estudo, que permitam reconhecer o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade;

Nível 2 - corresponde já à introdução de uma perspectiva mais politizada, que permita reconhecer os interesses económicos e políticos envolvidos em muitas decisões;

Nível 3 - fase de amadurecimento, que deve permitir aos alunos construírem as suas próprias ideias e valores;

Nível 4 - preparação da acção ou passagem à própria acção.

Em consonância com a emergência das Ciências para a Sustentabilidade, com carácter transdisciplinar, centradas no estudo das interacções dinâmicas entre a natureza e a sociedade. Como é que as mudanças sociais afectam o ambiente e, em simultâneo, como é que o ambiente contribui para mudanças na sociedade. Em termos metodológicos, privilegia-se a produção de conhecimentos potencialmente significativos para poderem suportar processos de tomada de decisão.

Investigação centrada na resolução de problemas específicos; valorização do trabalho colaborativo, enfatizando a cooperação entre académicos, agentes económicos e populações afectadas pelos problemas.

Terminamos a lição afirmando que é deste modo que lutamos que perspectivamos o ensino das Ciências Terra e o respetivo futuro.

Referências bibliográficas

Acot, P. (2001). *História das Ciências*. Lisboa: Edições 70.

- Adams, F.D., 1938, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, New York, Dover Publications, p. 2.
- Almeida, A. (2007). *Educação Ambiental*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Aristóteles (s/d). *Politics*, VIII, 2. <http://classics.mit.edu/Aristotle/politics.8.eight.html>
- Aristóteles, M, I, 1, 338b, 25; Aristóteles (1996), *Meteorológicos* (tr. para espanhol de Miguel Candel), Madrid: Gredos.
- Bachelard, G. (1990). *A epistemologia*. Lisboa : Edições 70, p. 195.
- Bachelard, G. (1999). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Librairie Philosophique J. Vrin.
- Barreto, L.F. (2001). “Do experiencialismo ao Renascimento português” em Calafate, P. (dir.), *História do Pensamento Filosófico Português*, Vol. II – Renascimento e Contra-Reforma. Lisboa: Caminho, pp. 23-34, p. 25.
- Blay, M. e Halleux, R. (1998). *La Science Classique*. Paris: Flammarion, p. 26.
- Brennan, A. (2005). “Filosofia dos séculos dezanove e vinte” em Jamieson, D. (coord.), *Manual de Filosofia do Ambiente*, Lisboa, Instituto Piaget (pp. 155-169).
- Brilha, J. (2005a). *Património Geológico e Geconservação: a Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica*. Viseu: Palimage.
- Brilha, J., Andrade, C., Azerêdo, A., Barriga, F.J.A.S., Cachão, M., Couto, H., Cunha, P.P., Crispim, J.A., Dantas, P., Duarte, L.V., Freitas, M.C., Granja, M.H., Henriques, M.H., Henriques, P., Lopes, L., Madeira, J., Matos, J.M.X., Noronha, F., Pais, J., Piçarra, J., Ramalho, M.M., Relvas, J.M.R.S., Ribeiro, A., Santos, A., Santos, V., Terrinha, P. (2005b), “Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation” em *Episodes*, Vol. 28, Nº 3, pp. 177-186.
- Brilha, J. (2006), “Proposta metodológica para uma estratégia de geoconservação” em *Actas do VII Congresso Nacional de Geologia*, Estremoz, pp. 925-927.
- Carvalho, R. (1986). *História do Ensino em Portugal*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Chalmers, A. (1982). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.
- Chevallard, Y. e Johsua, MA. (1991). *La transposition didactique*. Paris: La Pensée Sauvage, Editions.
- Choffat, P. (1908). Edição Fac-simile de *Essai sur la Tectonique de la Chaîne de l'Arrabida* em Rocha, R.B., Pais, J., Kullberg, J.C. e Ribeiro, M.L. (Eds.) (2008), *Paul Choffat na Geologia Portuguesa*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa e Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.
- Cidade, H. (1964). *A literatura portuguesa e a expansão ultramarina*, Vol. I e II. Coimbra: Arménio Amado Ed., p. 148.
- Coxito, A.A. (2001). “O Curso Conimbricense” em Calafate, P. (dir.), *História do Pensamento Filosófico Português*, Vol. II – Renascimento e Contra-Reforma. Lisboa: Caminho, 503-543, p. 504.
- Dear, P. (1991), “Narratives, Anecdotes, and Experiments: Turning Experience into Science in the Seventeenth Century” Dear, P. (coord.) *The Literary Structure of Scientific Argument: Historical Studies*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Debyser, J. (2007). *Un nouveau regard sur la nature*. Paris: EDP Sciences e l'Observatoire de Paris.
- Descartes, R. (1997), *Princípios de Filosofia*, Lisboa: Edições 70.
- Diez, J.A. e Ulises Moulines, C. (1997). *Fundamentos de Filosofia de la Ciência*. Barcelona: Ed. Ariel.
- Ellenberger, F. (1989). *Historia de la Geología (V.I) – De la Antigüedad al siglo XVII*.

- Madrid: MEC/Labor.
- Ellenberger, F. (1994). *Histoire de la Geologie* (tome II). Paris: Technique et Documentation (Lavoisier).
- Engelhardt, W. e Zimmermann, J. (1988). *Theory of Earth Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ferronha, A.L., Bettencourt, M. e Loureiro, R. (1993). *A fauna exótica dos Descobrimentos*. Lisboa: Edição ELO.
- Feyerabend, P. (1992). *Tratado contra el método*. Madrid: Editorial Tecnos.
- Feyerabend, P. (1991). *Dialogos sobre el conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- Frodeman, R. (2004). “Philosophy in the field” em B. V. Foltz & R. Frodeman (Edit.). (2004). *Essays in Environmental Philosophy*. Indiana University Press, Bloomington, pp. 149-164, p. 162.
- Gavroglu, K. (2007). *O Passado das Ciências como História*. Porto: Porto Editora.
- Geikie, A. (1897). *The founders of Geology*. New York: Macmillan Company.
- Gervereau, L. (2007). *D’Après Nature. Science et fantasmes depuis le XV^e*. Paris: Alternatives, p. 68.
- Giere, R.N. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago and London: University of Chicago Press.
- Gillispie, C.C. (1996). *Genesis and Geology*. Cambridge – Massachusetts: Harvard University Press.
- Gohau, G. (1988). *História da Geologia*. Lisboa: Europa América.
- Gomes Coelho, A. (2005). Do “Inquérito do Marquês de Pombal” ao estudo de Pereira de Sousa sobre o Terramoto de 1 de Novembro de 1755. Em *O Grande Terramoto de Lisboa*. Lisboa: FLAD - Público, vol. I, pp. 143-189
- González, J. (2002). “Caracterización de la «Explicación Científica» y Tipos de Explicaciones Científicas” em González, J., *Diversidad de la Explicación Científica*, Madrid: Editorial Ariel, S.A., pp. 1349.
- Hahn, R. (1987), “Nuevas tendencias en historia social da le ciencia” em *Historia de las Ciências*, pp. 13-23. Madrid: CSIC.
- Hallan, A. (1985). *Grandes Controversias Geológicas*. Madrid: Labor.
- Hanson, N.R. (1985). *Patrones de descubrimiento: investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Madrid: Alianza
- Henriques, I.C. e Margarido, A. (1989). *Plantas e Conhecimentos do Mundo nos Séculos XV e XVI*. Lisboa: Pub. Alfa.
- Holton. G. (1991), “Os temas no pensamento científico” em Carilho, M.M., *Epistemologia: Posições e Críticas*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, pp. 159-201.
- Ivins Jr, W.M. (1975). *Imagen impresa y conocimiento. Análisis de la imagen prefotográfica*. Barcelona: Ed. G. Gili.
- Janeiro, A.L. (2006). Primórdios do coleccionismo moderno em espaços de produção do saber e gosto in *Memorandum*, 10, 65-70.
- Janeiro, A.L. (2005). A configuração Epistemológica do Coleccionismo Moderno (Séculos XV-XVIII) in *Episteme*, nº 20, pp. 25-36.
- Lakatos, I. (1998). *História da ciência e suas reconstruções racionais*. Lisboa: Edições 70, p. 35.
- Leibniz, G. (1993). *Protogaea*. Toulouse: Presses Universitaires du Mirail.
- Licoppe, C. (1996). *La formation de la pratique scientifique. Le discours de l’expérience en France et en Angleterre (1630-1820)*. Paris: Ed. La Découverte.
- Lyell, C. (1997). *Principles of Geology*. London: Penguin Book.
- Lopes, M.S. (1998). *Coisas maravilhosas e até agora nunca vistas. Para uma*

- iconografia dos Descobrimentos*. Lisboa: Quetzal.
- Losee, J. (1991). *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Kant, I. (1955). *Ensaio de Kant a propósito do terremoto de 1755* (tradução de Luís Silveira). Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa.
- Krafft, M. (1991). *Les feux de la Terre. Histoire de volcans*. Paris, Gallimard.
- Kragh, H., 2001. *Introdução à Historiografia da Ciência*. Porto: Porto Editora.
- Kuhn, T.S. (1987). *La tension esencial*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. (1990). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. (2002). *A revolução copernicana*. Lisboa: Edições 70.
- Margarido, A. (1994). *As surpresas da flora no tempo dos Descobrimentos*. Lisboa: Edição ELO.
- Martínez Solares, J.M. (2001). *Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755)*. Monografía 19. Madrid: Instituto Geográfico Nacional.
- Martins, R.A., 2001, “História e História da Ciência: Encontros e Desencontros” em *Actas do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica*. Évora: Universidade de Évora, pp. 11-46.
- Matagne, P. (2002). *Comprendre l'Écologie et son histoire*. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Massironi, M. (1989). *Ver pelo desenho. Aspectos técnicos, cognitivos, comunicativos*. Lisboa: Edições 70.
- Merril, G.P. (1906), “Contributions to the History of American Geology”, *Ann. Rep. U.S. Nat. Mus. For 1904*, pp. 189-733.
- Merril, G.P. (1920), “Contributions to a History of American State Geological and Natural History Surveys”, *Bull. U.S. Nat. Mus. N.º. 109*, 549 pp.
- Mikulinsky, S.R. (1989), “La controversia internalismo-externalismo como falso problema” em *Introducción a la Teoría de la Historia de las Ciencias*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 231-257.
- Miller, A.I. (2000). *Intuitions de Génie. Images et Créativité dans les Sciences et les Arts*. Paris: Flammarion, p. 9.
- Neiman, S. (2005). *O mal no Pensamento Moderno. Uma História Alternativa da Filosofia*. Lisboa: Gradiva, p. 269.
- Nunes, F., 2000, “O Congresso Internacional de História da Ciência – 1934: Porto – Coimbra – Lisboa. Um desencontro historiográfico?” em *Livro de resumos do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da ciência e da Técnica*, Universidade de Évora, Évora.
- Oldroyd, D., Amador, F., Kozák, J, Carneiro, A. e Pinto, M. (2007), “The Study of Earthquakes in the Hundred Years Following the Lisbon Earthquake”, *Earth Sciences History*, Vol. 26, N.º 2, pp. 321-371.
- Oldroyd, D. (1996). *Thinking about the Earth: A History of Ideas in Geology*. London: Athlone.
- Pinto, M.S. (1998). “Gaspar Frutuoso, os Açores e a Atlântida de Platão” em *Boletim HFCT – História e Filosofia da Ciência e da Técnica*, n.º 1, Ano 2, pp. 3-8.
- Pinto, M.S. (2003). “Gaspar Frutuoso, a Portuguese Volcanologist of the 16TH Century” em *Açoreana*, 10 (1), pp. 207-226.
- Pinto, M.S. (2003). “Vulcanismo dos Açores – nota sobre as primeiras erupções históricas de São Miguel” em *Açoreana*, 10 (1), pp. 227-236.
- Pinto, M.S. (2003). “Effects of Eruptions on Society – the Case of the Azores

- Archipelago. A Brief Historical Account” em *Açoreana*, 10 (1), pp. 237-254.
- Reinhardt, O. e Oldroyd, D. (1983). “Kant’s Theory of the Earthquakes and Volcanic Action” em *Annals of Science*, 1983, 40, pp. 247-272.
- Rocha, R.B., Pais, J., Kullberg, J.C. e Ribeiro, M.L. (Eds.) (2008), *Paul Choffat na Geologia Portuguesa*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa e Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.
- Rocha, R.B. e Kulberg, J.C. (2004). “A Geologia na toponímia e na história da cidade de Lisboa”. *4ª Jornadas Toponímia Lisboa 2001*, pp. 29-50.
- Rossi, P. (1990). *Las arañas y las hormigas. Una apología de la Historia de la Ciencia*. Barcelona: Ed. Crítica, p. 181.
- Rudwick, M.J.S. (1985). *The Meaning of Fossils*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rudwick, M.J.S. (1985). *The Great Devonian Controversy*. Chicago and London: The University Press of Chicago.
- Rudwick, M.J.S. (1992). *Scenes from Deep Time*. Chicago e London: University of Chicago Press.
- Rüegg, W. (1996) (coord.). *Uma História da Universidade na Europa*. Lisboa: Conselho de Reitores das Universidades Portuguesas, Fundação Eng. António de Almeida e Imprensa Nacional-Casa da Moeda.
- Saldaña, J.J. (1989), “Estudio sobre las fases principales de la evolución de la historia de las ciencias” em Saldaña, J.J. (coord.), *Introducción a la Teoría de la Historia de las Ciencias*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 21-79.
- Shapin, S. e Shaffer, S. (1985). *Leviathan and the Air-Pump*. Princeton: Princeton University Press; Dear, P. (1995). *Discipline & Experience. The Mathematical Way in the Scientific Revolution*. Chicago and London: University Chicago Press.
- Sicard, M. (1998). *La Fabrique du Regard. Images de science et appareils de vision (XV^e-XX^e siècle)*. Paris : Editions Odile Jacob, p. 83.
- Sigurdsson, H. (2000). The History of Volcanology em Sigurdsson, H. (Ed.), *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press. San Diego, pp. 15-37.
- Silva, P. (1998). *A Filosofia da Ciência de Paul Feyerabend*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Simmons, I.G. (2007). *História do Ambiente*. Lisboa: Teorema.
- Simões, A., Carneiro, A. e Diogo, M.P. (2007). “Perspectives on Contemporary History of Science in Portugal”, *Preprint CHCUL*, n.1 (submetido *Nunciatus*).
- Steno, N. (2003). “De Solido intra Solidum naturaliter contento Dissertationis Prodomus” (Traducción de Leandro Sequeiros). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10.3.; Veja-se: Sequeiros, L. (2002), “Las raíces de la Geología: Nicolás Steno, los estratos y el Diluvio universal” em *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10 (3), pp. 245-283.
- Taliaferro, C. (2005). “Primórdios da filosofia moderna” em Jamieson, D. (coord.), *Manual de Filosofia do Ambiente*, Lisboa, Instituto Piaget (pp. 139-153)
- Telles Antunes, M. (1989). “Sobre a História do Ensino da Geologia em Portugal” em *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, t.75, pp. 127-160.
- Vinck, D., 1995, *Sociologie des sciences*. Paris: Armand Colin Éditeur.
- VVAA (1997). *História da Universidade em Portugal*, Vol.1, Tomos 1 e 2. Coimbra: Universidade de Coimbra e Fundação Calouste Gulbenkian.
- Zittel, K.A. (1901). *History of geology and paleontology to the end of the nineteenth century*. London: Scott.