



DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: ALGUMAS LINHAS DE AÇÃO PARA A AMAZÔNIA

Luísa Martins*
Jorge Bonito**
Celso Dal Ré Carneiro***
Luis Marques****

RESUMO

As sociedades enfrentam problemas cuja complexidade aumenta na razão direta do crescimento da população e dos impactos causados por uma demanda exponencial de recursos, energia, água e espaço físico na Terra. Embora seja desejável que cada cidadão contemporâneo participe ativamente na resolução dos problemas e na tomada de decisões coletivas, muitos se sentem incapazes de, ao menos, entender a magnitude das questões e correspondentes implicações em um mundo definitivamente imerso na ciência e na tecnologia. Assim, a concepção de tempo – especialmente a de tempo geológico – é crucial para fazer emergir a educação em ciência como instrumento capaz de permitir que todos, jovens e adultos, compreendam o mundo onde vivem. As taxas de derrubada de florestas tropicais na grande bacia hidrográfica amazônica aceleraram-se desde a metade do século XX, com alguns intervalos de redução. Os elementos revelam ser inadiável fortalecer e reintroduzir as Ciências da Terra na Educação, especialmente no Brasil. O conhecimento pode con-

ABSTRACT

Our society is facing problems whose complexity increases in direct proportion to the population growth and also to the impact caused by an exponential demand of natural resources, energy, water and physical space on Earth. While it is desirable that every contemporary citizen does actively participate in solving problems in a collective decisions context, many feel unable to, at least, understand the magnitude of the issues and their corresponding implications in a world definitely immersed in science and technology. Thus the conception of time – especially geologic time – is crucial to bring out science education as an instrument to enable everyone, young and old, to understand the way the world they live in, works. The Amazon river basin drains six countries: Venezuela, Colombia, Ecuador, Peru, Bolivia and Brazil, corresponding to a quarter of the South American continent total area. The fall rates of tropical forests in the area has increased since the mid-twentieth century, despite some reduction intervals. Some experts even do estimate that remaining tropical forests on Earth can be consumed in less than 40 years. To strengthen and re-enter Earth Sciences in Education in the science curriculum, mainly in Brazil, is urgent.

*Doutora em Didática e Formação (Universidade de Aveiro). Professora. Escola Secundária Alves Martins, Viseu, Portugal. CI&DETS do Instituto Politécnico de Viseu, Portugal | luisalopesmartins@gmail.com | (+351)933-284-607

**Doutor em Ciências da Educação e Mestre em Geociências (Universidade de Coimbra). Professor Auxiliar com Agregação. Universidade de Évora, Portugal. CIDTFF da Universidade de Aveiro, Portugal | jbonito@uevora.pt | (+351)962-963-685

***Doutor em Geologia e Livre Docente em Ensino e História de Ciências da Terra (Unicamp). Professor Associado II. Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências, Unicamp, Brasil | cedrec@ige.unicamp.br | (+55)19-988001202

****Doutor em Educação (Keele University). Professor Associado com Agregação Jubilado. CIDTFF da Universidade de Aveiro, Portugal | luis@ua.pt | (+351)938-106-199

tribuir efetivamente para formar cidadãos conscientes e críticos, capazes de tomar decisões equilibradas e ponderadas sobre atividades humanas que envolvam ocupação e uso do ambiente, materiais naturais e fontes de energia. Neste artigo procuramos refletir sobre a importância do conhecimento geocientífico para formar cidadãos capazes de contribuir nos dias de hoje para plena adoção do conceito de desenvolvimento sustentável. Os dois elementos são fundamentais para que seja possível formular novas interseções e introduzir inovações no contexto da região Amazônica

Palavras-chave: Amazônia. Desenvolvimento Sustentável. Educação em Geociências.

Scientific knowledge can effectively contribute to form aware and critical citizens, able to make balanced and informed decisions about human activities involving occupation and use of the environment, natural materials and energy sources. In this article we seek to reflect on the importance of geoscientific knowledge to form citizens capable of contributing for full the adoption of the concept of sustainable development. All these elements are essential to formulate new intersections and introduce innovations in the context of the Amazon region. Paradoxically nowadays a hectare of standing forest is worthless. This issue is perhaps due to a real communication problem between scientists and people in general.

Keywords: Amazon. Sustainable Development. Geoscience Education.

1 Introdução

É importante desafio atual encontrar soluções para que o desenvolvimento se apoie em cidadãos capazes de preparar e assumir as decisões necessárias para responder aos complexos problemas com que a sociedade é confrontada. Como foi escrito por Sophia de Mello Breyner Andersen (apud Nobre, 2009, p. 9), “nada é mais triste do que um homem acomodado”. Até mesmo a educação nos países mais desenvolvidos, enfrenta diagnósticos como o de Camins (2015), de que “far too many Americans lack sufficient understanding of the foundational principles of the scientific investigations and engineering designs that have improved our lives”.¹ Isso os impede de engajar-se plenamente e de participar de debates sobre diversos temas críticos.

A promoção do desenvolvimento carece de pensamento estratégico; deve passar pela participação de todos os cidadãos na resolução dos problemas, assente no acesso ao conhecimento como um direito universal e em uma cidadania global solidária (Nobre, 2009), sendo fundamental tornar rotina a atitude de perspectivar, no presente, as necessidades futuras e criar antecipadamente as condições para implementar as possíveis soluções para os problemas.

Abordar o conhecimento científico por intermédio da problematização contextualizada é um mecanismo que pode “apetrechar os cidadãos com o conhecimento, as capacidades e os valores da ciência e tecnologia para tomarem decisões

¹“É excessivo o número de cidadãos norte-americanos que carecem de suficiente entendimento dos princípios fundamentais das investigações científicas e dos projetos de engenharia que melhoraram nossas vidas” (tradução livre dos autores).

mais informadas, nos contextos sociais e humanos” (Cachapuz et al., 2008, p. 41). Os autores advogam, ainda, que a educação em ciência deve ajudar os cidadãos não apenas a compreender o mundo em que vivem e que está imerso na ciência, mas também a perceber a existência de muitos fatores não científicos, nomeadamente no contexto das aplicações científicas, que contribuem para os cidadãos definirem posições e tomar decisões nas matérias científicas e tecnológicas.

Os problemas atuais da Terra, como referido acima, incluem as alterações climáticas de origem antrópica, o crescimento acelerado da população mundial, a demanda exagerada, a superexploração de recursos (Fyfe, 1997) e a contaminação de vários subsistemas, pondo em causa a vida na Terra e a própria

sobrevivência da espécie humana. O enquadramento dessas e outras questões requer situá-las na perspectiva do tempo geológico (Cervato; Frodeman, 2013). O registro geológico revela, no passado terrestre, a existência de pelo menos cinco grandes extinções naturais em massa de espécies (Loon, 1999). Vivenciamos a mais recente delas – a Sexta Extinção –, que decorre efetivamente de modificações humanas da geosfera e da biosfera (Williams, 2000a). Em contrapartida, os seres humanos “also have the decision-making and technological capability to stop and reverse the individual and collective impact of humans on the Earth” (Williams, 2000b, p. 313).⁶

A International Union for Conservation of Nature (IUCN) regista em vídeo ameaças de extinção de muitas espécies (Quadro 1).

Quadro 1 – Ameaças de extinção de espécies segundo a IUCN.

Sob ameaça de extinção estão:	Outros efeitos conhecidos
<ul style="list-style-type: none"> - 1 de cada 8 espécies de aves - 1 em cada 4 espécies de mamíferos - 1 de cada 4 espécies de coníferas - 1 de cada 3 espécies de anfíbios - 6 de cada 7 espécies de tartarugas marinhas - Estão ameaçados de extinção 1/3 de corais construtores de recifes ao redor do mundo - Existe risco de até 70% de extinção de espécies conhecidas do mundo se as temperaturas globais subirem mais de 3,5°C 	<ul style="list-style-type: none"> - 75% da diversidade genética das culturas agrícolas foram perdidos - 75% de recursos mundiais de pesca estão totalmente explorados ou superexplorados - Mais de 350 milhões de pessoas sofrem escassez severa de água

Fonte: Shah (2014).

Assim, para formar “cidadãos e cidadãs responsáveis, é preciso que lhes proporcionemos ocasiões para analisarem os problemas globais que

caraterizam a situação de emergência planetária e considerar possíveis soluções para eles” (Praia; Gil-Pérez; Vilches, 2007, p. 145). A integração

⁶“Dispõem do poder de decisão e a capacidade tecnológica para parar e reverter os impactos individuais e coletivos do homem sobre a Terra” (Tradução livre dos autores).

dos vários contributos da ciência, quer os provenientes das datações relativas, quer os das datações isotópicas, possibilitou construir uma escala de tempo geológico que nos ajuda a visualizar, de forma geral, a sequência dos principais acontecimentos que ocorreram na Terra, desde a sua formação.

Ródenas (2008, p. 119-120) sublinha a importância do tempo geológico como tema transversal: “sin embargo, la comprensión significativa del tiempo geológico puede resultar mucho más importante que los temas geológicos en si mismos y resultar, sin duda, un tema transversal en el ámbito de las Ciencias de la Tierra.”³ Destaca, ainda, a importância da variável tempo histórico uma vez que “nos ayuda a comprender aspectos sociales y económicos de gran importancia, como la renovabilidad de recursos geológicos, riesgos e impactos naturales, evolución de las especies y los cambios climáticos” (Ródenas, 2008, p. 120).

2 Conceito de Desenvolvimento Sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável começa a ser debatido internacionalmente a partir da Conferência de Estocolmo em 1972. Em 1987, o Relatório Brundtland da World Commission on Environment and Development (United Nations, 1987), intitulado *Our Common Future*,

re, coloca o conceito na agenda política, passando este a ser amplamente difundido na última década do século XX e na primeira do século XXI. Como dizem Alho e Lopes (2010, p. 17), neste relatório:

identificam-se os principais problemas ambientais, assume-se que a proteção do ambiente deve ser uma prioridade internacional, aponta-se a necessidade de uma redistribuição dos recursos financeiros, científicos e tecnológicos à escala do planeta e alerta-se que o futuro depende da adoção de medidas políticas decisivas.

Ao longo deste tempo, desenvolve-se uma iniciativa global, com génese na conferência das Nações Unidas sobre educação para o ambiente e desenvolvimento, conhecida como Cimeira da Terra, que se realizou no Rio de Janeiro em 1992, com vista à elaboração e implementação de estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável a partir das dinâmicas da Educação Ambiental (Freitas, 2006). A iniciativa toma a forma mais precisa na Agenda 21, sendo aí estabelecidas as linhas de uma política de desenvolvimento sustentável, em níveis global, nacional e local.

O trabalho iniciado com essa Cimeira teve continuação em muitas iniciativas que, ao longo dos anos, envolveram as nações na busca de entendimentos para tentar resolver

³No entanto, a compreensão significativa do tempo geológico pode ser muito mais importante que os temas geológicos em si mesmos e resultar, sem dúvida, um tema transversal no âmbito das Ciências da Terra” (tradução livre dos autores).

os problemas com que se confrontam. Merecem particular destaque, neste trabalho, a Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014) e a proclamação do ano de 2008, pela Assembleia Geral das Nações Unidas, com apoio irrestrito de 191 países, como o Ano Internacional do Planeta Terra (AIPT) (Carneiro, 2008; Henriques, 2008; Mulder; Nield; Derbyshire, 2006), comemorado no período 2007-2009.

Portugal, inserido nessa dinâmica, aprovou, em 2006, a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável, que integra, como refere Vasconcelos (2009, p. 25-26):

estratégias de Educação Ambiental, a serem concretizadas nas escolas dos ensinos básicos e secundário, pelo que os conteúdos, metodologias e estratégias devem ser adaptados, promovendo-se as ligações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente e a proteção e conservação da natureza, referindo-se os riscos das inovações tecnológicas para o indivíduo, a sociedade e o ambiente, sem esquecer a promoção da cidadania.

O desenvolvimento sustentável surge, inicialmente, como resposta a duas dimensões fundamentais: o desenvolvimento económico e a proteção do ambiente (Fonseca, 2010). Contudo, após a Cimeira Social de Copenhague, em 1995, integra-se o terceiro pilar - a vertente social. A essas três vertentes, acrescenta-se, ainda, a vertente político-institucio-

nal que abrange as questões relacionadas com a governação, com os grupos de interesse e com a sociedade civil. Como diz Schmidt (2007, p. 101), esta última vertente, a político-institucional, “corresponde justamente a nível do vigor e dinamismo inovador que numa sociedade tem a interação entre órgãos de soberania, associações cívicas, agentes sociais e económicos [...] e a cidadania em geral”. Tal concepção do desenvolvimento conduz-nos a um conjunto de desafios relacionados com a promoção de padrões de produção e de consumo sustentáveis, assente no reforço da boa governação a todos os níveis, incluindo a capacitação, a inovação e a cooperação tecnológica.

Uma questão de desenvolvimento sustentável que marcou Portugal, no fim do século XX, foi a da polémica da coíncineração. Tornou-se tema central da discussão política e do debate público, durante vários meses, envolvendo cientistas, políticos e o cidadão em geral, dividindo-os (uns pró, outros contra) e mostrando que a ciência não é neutra, politicamente, nem tem certezas absolutas. O conflito foi gerado pela tentativa de instalar em Portugal, em 1996, a coíncineração como processo de tratamento de resíduos industriais perigosos, assumindo maior visibilidade a construção ou instalação de unidades de incineração ou coíncineração nas localidades de Estarreja (1995-1997), Maceira (1997-2000), Souselas (1998-2002) e Outão (2000-2002). A questão tornou-se uma “manifestação especialmente interessante dos modos de articulação da controvérsia científica e do conflito político no domínio do ambiente”

(Nunes; Matias, 2003, p. 131).

Num registo irónico, Levy (2002, p. 65-66) diz que “a história teve tudo, exaltação, desânimo, histerismo, alegria, motivou o governo, a oposição, a educação, os autarcas – um verdadeiro folhetim, ao qual nem faltou o príncipe encantado na pessoa da Assembléia da República beijando a princesa representada pelas populações”. Segundo Nunes e Matias (2003, p. 138):

a controvérsia em torno da tomada da decisão de transformar a co-incineração no modo principal de tratamento de resíduos industriais perigosos teve como consequência trazer para o espaço público o debate sobre políticas ambientais, a participação dos cidadãos, o aconselhamento científico, as relações entre ciência e democracia e entre estado e sociedade.

A forma como os casos controversos em ambiente são submetidos a elevada exposição mediática conduz a mal-entendidos e a situações perversas. No caso anteriormente apresentado, inclui-se, segundo Vasconcelos (2010, p. 14):

a importância predominante assumida pelas dioxinas nos debates sobre co-incineração e a descredibilização das arenas científicas quando dos estudos sobre co-incineração apresentados pelas duas comissões científicas nomeadas em fases diferentes do processo e que apresentam conclusões diferenciadas, partindo de pressupostos diferentes mas que

ficam omissos da esfera pública.

Problemas como o da co-incineração, em Portugal, põem questões sobre os mecanismos de decisão usados pelos cidadãos no momento da apreciação de problemáticas complexas, mas também mostram as limitações de um modelo que entregue as decisões exclusivamente a peritos. Segundo Cachapuz, Praia e Jorge (2004, p. 367), “hoje em dia, muitas das problemáticas científico/tecnológicas (porventura as mais importantes) são de uma grande complexidade e envolvem no processo de debate e decisão nomeadamente vertentes políticas, económicas e sociais”.

É também essa a perspectiva apresentada por Levy (2002, p. 67):

confesso que não tenho os conhecimentos técnicos necessários para tomar uma posição abalizada. Estou, no entanto à vontade, nem eu tenho, nem 99% dos intervenientes neste folhetim. Não tenho conhecimentos técnicos, limito-me à discussão política deste problema e principalmente, sobre a forma como o processo se desenrolou, no sentido de se tirarem os ensinamentos devidos que nos permitam reiniciar o processo do tratamento dos resíduos industriais.

Passados os anos, continuamos a verificar que os problemas atuais do desenvolvimento e do ambiente são, muitos deles, globais: urbanização; escassez de água potável; perda de biodiversidade; desflorestação; erosão acelerada, desertificação e perda intensiva de solos

aráveis; poluição e degradação dos mares e oceanos; presença crescente de substâncias perigosas no ambiente (Diamond, 2008; Vilches; Gil-Perez, 2008). Igualmente global, é “o agravamento das velhas e novas assimetrias sociais, económicas, regionais, territoriais – que não garantem os direitos mínimos de acesso à educação, saúde, justiça [...]” (Schmidt, 2007, p. 101).

Em dezembro de 2002, a Assembleia Geral das Nações Unidas adotou a Resolução n.º 57/254, na qual se proclama a já referida Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014), que teve como objetivo integrar os valores do desenvolvimento sustentável nas diferentes formas de aprendizagem, com vista a fomentar as transformações necessárias para atingir uma sociedade mais sustentável e justa para todos. A iniciativa tem subjacente uma perspectiva otimista que reconhece ao ser humano a capacidade de encontrar respostas para os problemas com que se confronta, na linha do pensamento de Amim Maalouf (apud Morin; Motta; Ciurana, 2004, p. 68):

tenho a profunda convicção de que o futuro não está escrito em nenhuma parte; será aquilo que fizermos com ele. E o destino? O destino é para o ser humano aquilo que o vento é para o veleiro. Embora o timoneiro não possa decidir de onde sopra o vento, nem com que força, pode, em contrapartida, orientar a vela. E isso implica, por vezes, uma enorme diferença. O mesmo vento que provocará o nau-

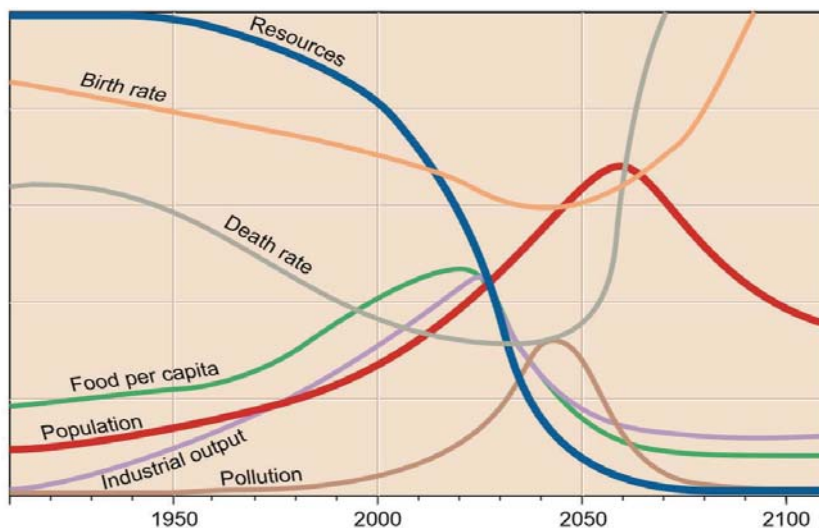
frágio deste marinheiro inexperiente, ou imprudente, ou mal inspirado, conduzirá aquele outro ao seu destino. Poderíamos quase dizer o mesmo a respeito do “vento” da mundialização que sopra sobre o planeta. Seria absurdo querer contrariá-lo; porém, se navegarmos habilmente, mantendo o nosso rumo e evitando os perigos, poderemos chegar ao nosso destino.

O desenvolvimento sustentável baseia-se na visão de um mundo com igualdade de oportunidades na educação e com práticas sociais, económicas e políticas que contribuam para uma transformação positiva da sociedade.

3 Desenvolvimento Sustentável e Tempo Geológico

A importância da relação entre o tempo geológico e o desenvolvimento sustentável deve-se principalmente ao facto de a época atual ser fortemente marcada pela ação humana e de se constituir uma peça fundamental na história e no futuro da Terra. A Figura 1 mostra uma simulação dos limites do desenvolvimento e da evolução do consumo entre 1910 e 2110, feita por meio de um modelo computacional (Hamblin; Christiansen, 2004). Esse modelo utiliza os valores históricos dos primeiros setenta anos (de 1900 a 1970) para todas as variáveis – recursos, taxa de natalidade, taxa de mortalidade, alimentos *per capita*, população, produção industrial e poluição – fazendo, depois, uma projeção para

Figura 1 – Simulação dos limites do desenvolvimento 1910-2110



Fonte: Hamblin; Christiansen (2004).

os restantes cento e trinta anos.

Como se pode observar na Figura 1, nos meados do século XX (pós-2.^a Guerra Mundial), verifica-se grande aceleração do aumento da população, o que se deve, entre outros fatores, à vacinação e melhor alimentação. Note-se que a população mundial, que só atingiu 1 bilhão por volta de 1830, duplicou no século seguinte e triplicou entre 1950 e 2014. Vivemos em uma sociedade em situação de mudança permanente, na qual somos confrontados com problemas que envolvem interações complexas. O futuro das gerações vindouras depende, como afirma um conjunto de professores portugueses que se propuseram a aderir à campanha “Compromisso para uma educação para a sustentabilidade”, lançada no âmbito da Década da Educação para um Futuro Sustentável, “da forma e do grau de sensatez com que soubermos administrar

os conhecimentos e as aplicações da Ciência e da Tecnologia em prol da melhoria das condições da humanidade e da sustentabilidade do planeta Terra” (CIFOP, 2009).

Se o modelo de desenvolvimento não for contrariado, a produção industrial cresce até o esgotamento dos recursos forçar a sua queda abrupta. Tanto a população como a poluição, continuam a aumentar após o pico da industrialização e só param com o aumento da taxa de mortalidade causada pela diminuição dos alimentos *per capita* e pela falta de medicamentos (Soro-menho-Marques, 2009).

Apesar de haver estudos que calculam em 85% a probabilidade de que a população mundial deixe de crescer antes de 2100 e em 60% a probabilidade de que não ultrapasse os dez bilhões (Reeves; Lenoir, 2006), é impossível sustentar o aumento exponencial que se tem verificado, por

causa da melhoria do nível de vida, no consumo dos recursos que são escassos e que não se renovam à escala humana. Há grandes limites para o desenvolvimento imposto pela natureza finita de muitos dos recursos naturais.

O ensino das Geociências, nomeadamente o trabalho sobre o tempo geológico, segundo Martins, Marques e Bonito (2012, p. 296):

deve centrar-se na utilização de estratégias facilitadoras da construção do conhecimento, no desenvolvimento e implementação de atividades práticas diversificadas que ajudem os alunos a compreender de modo integrado a complexidade e a sequência temporal dos fenómenos geológicos, bem como as suas potencialidades na educação para o desenvolvimento sustentável.

Esse programa, tornado acessível a todos os alunos, independentemente das suas aspirações em termos de profissão a desempenhar no futuro, das condições socioeconómicas ou do ambiente sociocultural da família, no presente, pode ajudar a formar cidadãos capazes de encontrar e assumir, urgentemente, as respostas de que necessitamos. O desafio está na mudança para um paradigma de sustentabilidade, o que exige ajustes culturais que passam por uma revisão do pensamento económico, político, ambiental e social.

4 A divulgação do conhecimento geocientífico

Cada vez mais, as ações e inte-

rações humanas com o mundo natural assumem escala global (Lawton, 2001), mas, por outro lado, a sobrevivência das sociedades humanas é diretamente influenciada, como vimos acima, pela grave limitação de recursos e espaços disponíveis do sistema terrestre. Padrões periculários de consumo de bens naturais não podem continuar a dirigir a sociedade industrial, uma vez que ameaçam gravemente os recursos naturais. Nesse contexto, a divulgação do pensamento geocientífico assume importância crescente, pois o quadro é crítico e precisa ser corretamente enfrentado (Babcock, 1994; Haney, 1993).

O AIPT procurou banir uma visão utilitária da Natureza ao expandir o conceito de vulnerabilidade. Baseando-se na vulnerabilidade da espécie humana em face dos processos naturais catastróficos, o AIPT tentou assinalar serem igualmente vulneráveis a Natureza, as paisagens e os solos. As Ciências da Terra contribuem decisivamente para redução de riscos naturais e aumento da capacidade global de implementar uma gestão sustentável do planeta Terra, seu ambiente e seus recursos (Eder; Mulder, 2008). A proposta do AIPT desempenharia papel crucial na criação de respeito pelo planeta Terra por meio do incremento da consciência pública para:

- a) a vulnerabilidade dos solos, rochas, vegetação e paisagens;
- b) a importância das Ciências da Terra para uso sustentável dos recursos do planeta;
- c) o incentivo a instrumentos

públicos de conservação e desenvolvimento como os “Geoparques”, Reservas da Biosfera e Locais de Patrimônio da Humanidade, onde se pode conhecer mais amplamente a estrutura, evolução, beleza e diversidade do Sistema Terra e das suas culturas inscritas nas paisagens.

5 Transição para a sustentabilidade: linhas de atuação

Terminada a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável, persistem os problemas que levaram à sua proclamação, continuando a ameaçar os equilíbrios do planeta (que são complexos – os subsistemas em interação).

Como afirmam Cervato e Frode-
man (2013, p. 75-76):

um dos debates mais antigos dentro da cultura ocidental recai sobre a identificação dos aspectos fundamentais da natureza humana. Desde Adam Smith no século XVIII, a cultura ocidental foi favorecida pela definição de *Homo economicus* – que assinala nossa natureza fundamental associada à produção e aquisição de bens. Nos séculos XX e agora XXI, isso conduziu à criação da sociedade de consumo de massa, primeiro na Europa e América do Norte e, agora, ao redor do mundo, e um foco irresistível em bens materiais. Como economistas e geólogos têm apontado, é improvável a ocorrência de uma sociedade global de consumo – segundo algumas estimativas, isso exigiria recursos naturais de quatro ou cinco Terras somente para suprir a China e a

Índia com os mesmos padrões de vida dos EUA.

Temos de desvendar formas de contrariar a tendência à incapacidade de mudar, precisamos estar “bem preparados para agir” e oferecer “boas respostas”. Todos têm de estar bem preparados para enfrentar os desafios que são complexos e a preparação poderá passar por todos serem capazes de compreender bem o tempo geológico e o modo como o planeta funciona.

Isso sugere que o *Homo economicus* pode estar atingindo seu fim de vida útil, causando uma reavaliação de nosso sentido de como devemos ordenar nossas vidas. É bem possível que sejamos forçados a pensar formas mais tradicionais de avaliar o que é uma vida rica e frutífera, como a afirmação de Aristóteles de que a nossa fonte mais básica de prazer é a simples experiência de admirar a natureza das coisas. Dentro de tal visão do mundo, as geociências, e particularmente o tempo geológico, terão muito a oferecer. (Cervato; Frode-
man, 2013, p. 76).

Segundo Alho e Lopes (2010, p. 35), “devemos continuar a apostar nas pessoas, a confiar na autenticidade das causas, mesmo que seja preciso lançar pedidos de socorro, como o poeta Sebastião da Gama fez em 1948! Uma Ética da Sustentabilidade continua a ser exigida!”

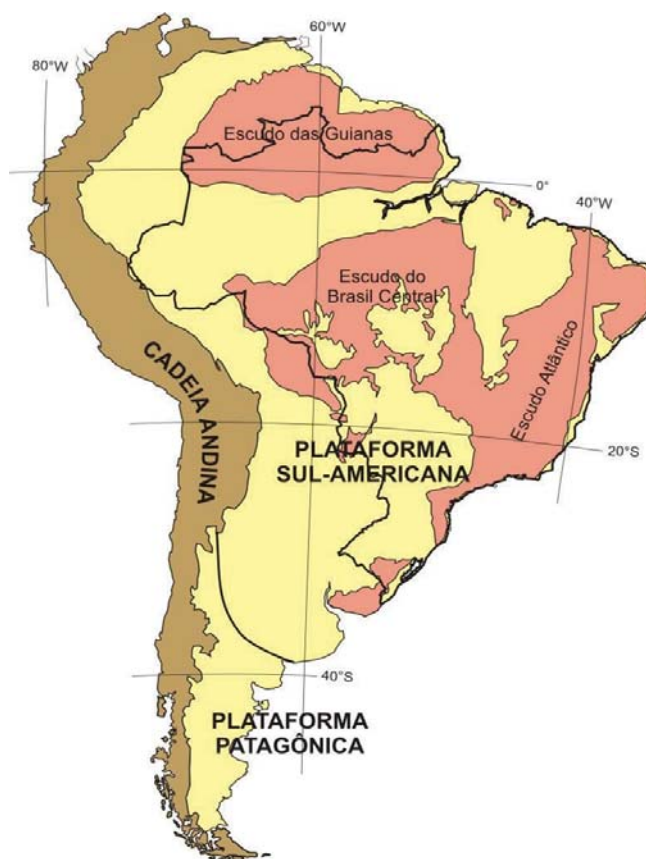
É, assim, necessário mobilizar cidadãos para acompanharem a evo-

lução do sistema de governação mundial e assegurar uma mudança civilizacional nos valores éticos e políticos que conduzam a ajustes no modelo de desenvolvimento. Perante os desafios da era planetária, importa encontrar soluções e respostas a uma escala global, a começar pelo local, envolvendo todos e cada um de nós, de modo a assegurar uma transição cultural (longa e difícil) para uma era da sustentabilidade, em que haja coerência entre o pensar e o agir (MARTINS, 2015).

6 A região amazônica no contexto brasileiro

A Amazônia ocupa o coração da Plataforma Sul-Americana (FIGURA 2), entidade geotectônica que se formou no fim do Ciclo Brasileiro (entre o término do Neoproterozoico e o Cambro-Ordoviciano), quando algumas placas tectônicas colidiram e se fundiram, em longo processo que levou à formação do supercontinente Gondwana.

Figura 2 – Distribuição de unidades rochosas pré-silurianas (na cor rosa) e coberturas sedimentares mais jovens (amarelo) da plataforma sul-americana, adjacente à cadeia andina

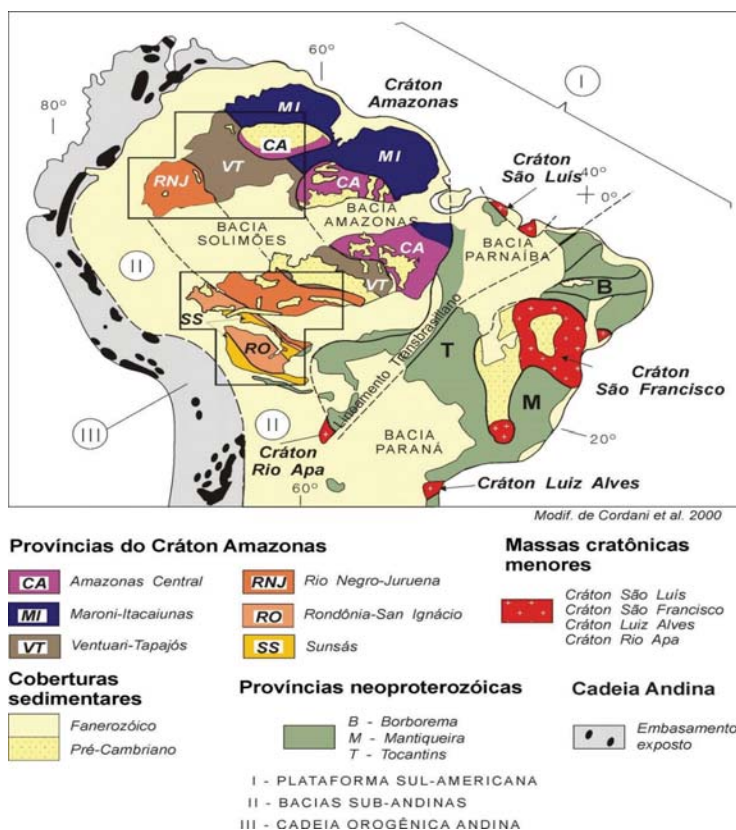


Fonte: Hasui (2012).

Cerca de metade do território brasileiro pertence à Amazônia, situada nos domínios do Cráton Amazônico (Figura 3), entidade geotectônica antiga, de idade pré-brasiliana, que ocupa área de aproximadamente 4,4 milhões de km². Esta é a parte menos conhecida do Brasil em razão de dificuldades de diferentes ordens (Hasui, 2012). A primeira é, na verdade, uma qualidade incontestável, reconhecida em todo o mundo: a existência de densas florestas que abrigam biodiversidade ainda

muito pouco conhecida e investigada. O acesso a lugares remotos do interior da Amazônia é feito mormente por via fluvial, caminho que até a metade do século XX constituiu a única alternativa viável para os primeiros pesquisadores que percorreram a região. O acesso por meio de helicóptero e pequeno avião, aliados a levantamentos sistemáticos por aerofotogrametria e imageamento com radar, foram solução eficaz para avançar no reconhecimento e cartografia do imenso território amazônico.

Figura 3 – Rochas do embasamento antigo que compõem o cráton amazônico, uma região que se estabilizou há cerca de 2,0 Ga, e que foi incorporada à plataforma sul-americana durante o ciclo brasileiro.



Fonte: Hasui (2012).

A bacia hidrográfica amazônica drena um quarto do continente sul-americano e se estende por seis países: Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia e Brasil (Soares Júnior; Hasui; Bemerguy, 2012). O caudaloso rio Amazonas, principal eixo de extensa e vasta rede de drenagem, atinge mais de 80 km de largura em alguns trechos. A influência tectônica, não menos importante, condicionou, há pouco mais de 10 milhões de anos (Ma), a inversão de curso do rio Amazonas, que, até aproximadamente 20 Ma (Mioceno), tinha um sistema de drenagem voltado para o Pacífico e outro para o Atlântico. Na metade do Mioceno, havia um mar interior que em seguida se abriu para norte (Soares Júnior; Hasui; Bemerguy, 2012). Bartorelli (2012) assinala que, durante o estágio Moderno (Neogênico) da evolução da Plataforma Sul-Americana, mais precisamente há 10,7 Ma, o clima da Fase Quechua da Orogenia Andina provocou a inversão do rio Amazonas:

a fase mais rápida do soerguimento da Cordilheira dos Andes ocorreu durante o Mioceno, há cerca de 20 a 11 Ma, com grande impulso entre 10 e 6 Ma atrás. A criação dessa verdadeira muralha natural mudou radicalmente o clima e os padrões das bacias hidrográficas da América do Sul, provocando o estabelecimento dos atuais sistemas de drenagem das bacias do Amazonas, do Orinoco e do Prata, enquanto a precipitação pluviométrica cresceu significativamente nas encostas andinas orientais. (Bartorelli, 2012, p. 577).

A magnitude e a imponência das condições sob as quais esse sistema fluvial se implantou somente pode ser bem avaliada por aqueles que tiveram a oportunidade de visitar a região. Trata-se do resultado da combinação de um arcabouço geológico singular, sob condições de estabilidade tectônica regional e da alta pluviosidade controlada pelo clima tropical durante o Quaternário.

7 A Amazônia em busca da sustentabilidade

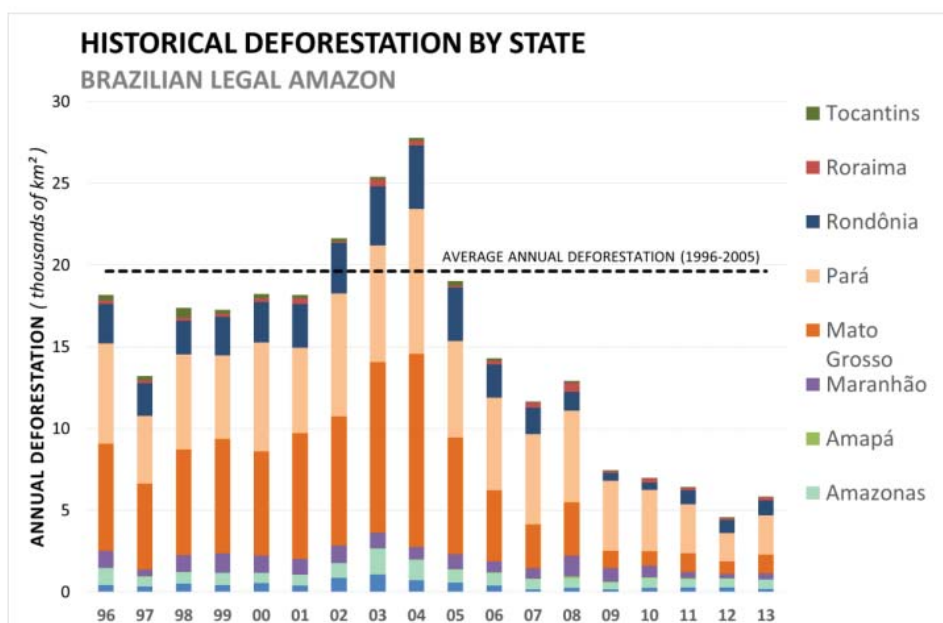
Muitos consideram a Amazônia como o “pulmão do planeta”. Cerca de metade das florestas tropicais do globo situam-se nessa região. A bacia hidrográfica amazônica drena a região ocupada pela floresta amazônica. Especialistas estimam que as florestas tropicais remanescentes podem ser consumidas em menos de quarenta anos. São números espantosos, sobretudo se considerarmos que 15% da superfície terrestre eram ocupados, em 1950, por florestas tropicais. Atualmente cobrem apenas 6% da superfície total. Desde 1978, a perda de florestas na Amazônia atingiu mais de 750.000 km² (Butler, 2006). O Brasil detém 60% da área total da floresta amazônica, seguido pelo Peru (13%), Colômbia (10%), e menores percentagens na Venezuela, Equador, Bolívia, Suriname e Guiana Francesa (INPE, 2015a).

A Amazônia é palco de um processo de desflorestamento que se tornou questão absolutamente fundamental quando se analisa o desenvolvimento sustentável brasileiro e demais países que integram

essa parte do continente. O desmatamento por corte raso da Amazônia Legal registrou uma taxa crescente até 2004 (Figura 4), que parecia só ter fim na extinção da floresta. Em 2004, inicia-se um processo gradual da redução do desmatamento. Entre 2004 e 2014, a variação da taxa de desmatamento da Amazônia Legal é da ordem de -554%. Entre 2014 e 2013, essa taxa é da ordem de -15%, registrando-se apenas em três Estados um incremento do desmatamen-

to: Acre (40%), Amapá (35%), Roraima (29%). Nesse último período, os estados do Maranhão e de Tocantins são os que registram taxas mais elevadas de redução do desmatamento por corte raso (INPE, 2015b). O declínio (com exceção do ano de 2013) deve-se essencialmente a dois fatores: o papel das políticas de monitorização e de concessão de crédito e o papel da Moratória da Soja (Abiove, 2015), que será estendido até 31 de maio de 2016.

Figura 4 – Deflorestamento anual da Amazônia Legal brasileira, entre 1996 e 2013, por estado da federação segundo dados do INPE 2013



Fonte: Nepstad et al. (2014).

No Brasil, diferentes políticas de ocupação e de exploração econômica vieram sendo implantadas ao longo do século XX, sob diferentes perspectivas; todas elas coincidem – ou convergem – no componente altamente polêmico das taxas de derrubada de florestas. Empresas

madeireiras e representantes de grandes interesses do segmento de agricultura extensiva de soja e do agronegócio ligado à atividade pastoril prosseguem, ano após ano, mês após mês, na destruição implacável da mata. A floresta em pé não tem substituto. O país perde recursos

de biodiversidade que, como bem demonstraram cidadãos notáveis como Chico Mendes e outros, são mais valiosos do que as receitas transitórias geradas pelo desmatamento impulsionado por atividades industriais e pela agricultura de grande escala. Em 2000, houve mais de três quartos da derrubada de floresta na Amazônia para criação de gado (Butler, 2006). O tema assumiu vertente central tanto na discussão política como no debate público e, mais de uma vez, no século XX, governos nacionais e regionais tentaram privar a opinião pública de informações objetivas a respeito do que de fato ocorria em localidades pouco povoadas e distantes.

A internet abriga uma rede de veículos que difunde praticamente em tempo real dados de imageamento aéreo e de modernos recursos de monitoramento por satélite e outros instrumentos. À medida que se expandiu a difusão de dados e o acesso à internet, tornou-se impossível escamotear a real devastação florestal. A pressão de líderes mundiais, governos e organizações tem dirigido o debate, fazendo com que a inércia e ineficiência de governos em controlar a situação sejam motivo de preocupação de cientistas, políticos e dos cidadãos. Outra vez, revela-se com clareza que a ciência não é politicamente neutra, e o empoderamento da população é um canal eficaz de mudança de situações aparentemente “inevitáveis”. É preciso erigir uma relação inteiramente baseada na ética entre o homem civilizado e a Amazônia, conforme assinala Branco (1992, p. 30):

O homem nascido nesse sistema – o índio – faz parte do todo e compreende, instintivamente, que sua atividade não pode colidir com o conjunto e que daquela riqueza aparentemente infindável ele não pode extrair mais do que o absolutamente necessário e suficiente [...]. O homem civilizado, ao contrário, não dependendo tanto ou tão diretamente daquele equilíbrio dos sistemas naturais, mas entendendo seu funcionamento, deveria assumir uma postura ética em relação à sua manutenção.

8 Considerações finais

As ameaças que as sociedades humanas exercem nos complexos equilíbrios do planeta e uma miríade de subsistemas que interagem entre si levaram a comunidade internacional a definir uma série de ações, dentre as quais citamos o AIPT e a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável. Os problemas que levaram à proclamação das iniciativas ainda persistem e as ameaças prosseguem. Diversos temas polêmicos que perpassaram o noticiário e a agenda política de vários países nas últimas décadas continuam a ser barreiras intransponíveis e, quiçá, insolúveis. O exemplo da Amazônia é crítico, tanto pela importância da enorme geodiversidade e biodiversidade dos biomas ali contidos para o conhecimento científico quanto pela necessidade de se preservar ecossistemas de enorme valor. O quadro amplia o significado e a aplicabilidade dos conhecimentos

em Geociências; abre oportunidades de expansão de todos os ramos dessas ciências na procura de soluções sustentáveis para os problemas.

A Educação em Ciência apoiada em uma problematização contextualizada pode contribuir para a formação de cidadãos dotados de uma postura ética em relação ao planeta onde vivem, além de deter conhecimento, capacitação e serem imbuídos de valores de ciência e tecnologia que os ajudem a tomar decisões bem fundamentadas. O caminho requer um conjunto de iniciativas que venham a alterar posturas individuais e coletivas em relação ao planeta Terra e o desenvolvimento de uma compreensão mais adequada do funcionamento dos sistemas que o integram.

A Amazônia, diante dos desafios imensos de se construir e resgatar uma consciência efetiva da diversidade dos recursos ali contidos, ambientais, minerais e de patrimônio genético, é, em verdade, um imenso laboratório “a céu aberto” para novos experimentos e ações práticas. A esse propósito, Nepstad et al. (2014, p. 1123), recorda-nos que:

Brazil's remarkable decline in deforestation provides valuable lessons on the importance of public policies, monitoring

systems, and supply chain interventions in slowing the advance of a vast, complex agricultural frontier. The challenge now is to build upon this progress to construct a strategy for promoting a new model of rural development in which punitive measures are complemented by positive incentives and finance at scale for landholders, indigenous communities, counties, and states to make the transition to low deforestation, productive, sustainable rural development. Deforestation is only one dimension of the health of the Amazon Basin.⁴

Nesse contexto, parece inadiável reintroduzir as Ciências da Terra na educação básica da realidade brasileira (Carneiro et al., 2004), seguindo o bom exemplo de outros países, em busca da formação de cidadãos conscientes, capazes de **avaliar, julgar e agir de modo consistente e equilibrado** - em relação a todas aquelas atividades humanas que envolvam ocupação e uso do ambiente, de materiais naturais e de fontes de energia.

⁴O notável declínio do desmatamento do Brasil fornece lições valiosas sobre a importância das políticas públicas, os sistemas de monitoramento e as intervenções da cadeia de suprimentos em retardar o avanço de uma vasta e complexa fronteira agrícola. O desafio agora é construir sobre este progresso para a edificação de uma estratégia para promover um novo modelo de desenvolvimento rural em que as medidas punitivas sejam complementadas por incentivos positivos e financeiros à escala dos proprietários de terras, das comunidades indígenas, dos municípios e dos estados para fazer a transição para um desenvolvimento rural sustentável, produtivo, de baixo desmatamento. O desmatamento é apenas uma dimensão da saúde da bacia Amazônica (Tradução livre dos autores).

REFERÊNCIAS

- ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Moratória da soja**. [2015]. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=moratoria-da-soja&area=NS0zLTE=>>>. Acesso em: 9 nov. 2015.
- ALHO, J.; LOPES, M. O percurso legal e institucional do ambiente: uma retrospectiva. In: FONSECA, R.; VASCONCELOS, L.; ALHO, J.; LOPES, M. (Org.). **Ambiente, ciência e cidadãos**. Lisboa: Esfera do Caos, 2010. p. 17- 35.
- BARTORELLI, A. Contexto geológico e evolução da rede hidrográfica do Brasil. In: HASUI, Y. et al. (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca Edições, 2012. p. 574-610.
- BABCOCK, E. A. Geoscience in a changing society. **Episodes**, v. 17, n. 4, p. 101-105, 1994.
- BRANCO, S. M. **O desafio amazônico**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 1992.
- BUTLER, R. A. Amazon destruction. **Mongabay.com**, 2006. Disponível em <http://rainforests.mongabay.com/amazon/amazon_destruction.html>. Acesso em: 25 out. 2015.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.
- CACHAPUZ, A. et al. Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso "Ciência-Tecnologia-Sociedade". **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 25-49, 2008.
- CAMINS, A. V. What the future of science education should look like. **The Washington Post**. April 20, 2015. (Answer sheet, by Valerie Strauss). Disponível em: <<https://www.washingtonpost.com/news/answer-sheet/wp/2015/04/20/what-the-future-of-science-education-should-look-like/>>. Acesso em: 25 out. 2015.
- CARNEIRO, C. D. R. O Ano Internacional do Planeta Terra: temas e desafios para a educação. **Educação Temas e Problemas**, v. 3, n. 6, p. 9-24, 2008.
- CARNEIRO, C. D. R. et al. Dez motivos para a inclusão de temas de geologia na educação básica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 553-560, 2004.
- CIFOP - Centro Integrado de Formação de Professores. **Compromisso por uma educação para a sustentabilidade**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 17 jun. 2009. Disponível em: <http://www.oei.es/cienciayuniversidad/spip.php?article350&debut_convocatorias=30>. Acesso em: 23 out. 2015.
- CERVATO, C.; FRODEMAN, R. A importância do tempo geológico:

desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. **Terra Didática**, v. 10, n. 1, p. 67-79, 2013. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v10_1/PDF10_1/TD10-t005-Cervato.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2015.

DIAMOND, J. **Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. 4. ed. Rio de Janeiro: Record, 2006.

EDER, W.; MULDER, E. **Declaração apresentada no Evento de Lançamento Global do Ano Internacional do Planeta Terra (AIPT)**. Paris, Unesco, 12 e 13 fev. 2008. Trad. M. H. Henriques, Comité Português para o Ano Internacional do Planeta Terra. Disponível em: <<http://www.progeo.pt/aipt/>>. Acesso em: 22 maio 2008.

FONSECA, R. O ambiente como ciência nas páginas dos jornais portugueses entre 1976 e 2005: da imprensa “popular” à imprensa de “qualidade”. In: FONSECA, R.; VASCONCELOS, L.; ALHO, J.; LOPES, M. (Org.). **Ambiente, ciência e cidadãos**. Lisboa: Esfera do Caos, 2010. p. 37- 81.

FREITAS, M. Educação ambiental e/ou educação para o desenvolvimento sustentável?: uma análise centrada na realidade portuguesa. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 41, p. 133-147, 2006.

FYFE, W. S. As ciências da Terra e a sociedade: as necessidades para o século XXI. **Estudos Avançados**, v. 11, n. 30, p. 175-190, 1997.

HAMBLIN, W.; CHRISTIANSEN, E. **Earth's dynamic systems**. London: Prentice Hall, Pearson Education, 2004.

HANEY, D. C. Wake up geologists! **Geotimes**, v. 38, n. 2, p. 6, Feb. 1993.

HASUI, Y. O cráton amazônico: províncias Rio Branco e Tapajós. In: HASUI, Y. et al. (Ed.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca Edições, 2012. p. 138-177.

HENRIQUES, M. Ano Internacional do Planeta Terra e educação para a sustentabilidade. In: VIEIRA, R. M. (Ed.). **Ciência-tecnologia-sociedade no ensino das ciências: educação científica e desenvolvimento sustentável**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2008. p. 110-114.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da cobertura vegetal da amazônia sul-americana: Projeto Panamazônia II**. 2015a. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/panamazonia/>>. Acesso em: 8 nov. 2015.

_____. **Projeto PRODES: monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. 2015b. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 8 nov. 2015.

LAWTON, J. 2001. A nova ciência do sistema Terra. **Jornal da Ciência**, v. 15, n. 462, p. 12, jul. 2001.

LEVY, J. **10 anos de política ambiental: o movimento do pão**. Lisboa: Oficina do Livro, 2002.

- LOON, A. J. van. The meaning of “abruptness” in the geological past. **Earth Science Review**, v. 45, p. 209-214, 1999.
- MARTINS, L. M. L. **Contributos da educação em Geociências para o desenvolvimento sustentável: uma abordagem ao tempo geológico**. 2015. 330 f. Tese (Doutoramento em Didática e Formação – Ramo de Didática e Desenvolvimento Curricular) – Departamento de Educação, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2015.
- MARTINS, L.; MARQUES, L.; BONITO, J. O desafio da excelência na escola: contributos de uma abordagem ao tempo geológico. In: PATRÍCIO, M.; SEBASTIÃO, L.; JUSTO, J.; BONITO, J. (Org.). **Caminhos organizacionais para a qualidade da educação**. Montargil: AEPEC, 2012. p. 289-297.
- MORIN, E.; MOTTA, R.; CIURANA, E. **Educar para a Era Planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem no erro e na incerteza humanos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2004.
- MULDER, E.; NIELD, T.; DERBYSHIRE, E. The International Year of Planet Earth (2007-2009): earth sciences for society. **Episodes**, v. 29, n. 2, p. 82-86, 2006.
- NEPSTAD, D. et al. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 118-1123, 2014.
- NOBRE, F. **Humanidade: despertar para a cidadania global solidária**. Rio de Mouro, Círculo de Leitores, 2009.
- NUNES, J.; MATIAS, M. Controvérsia científica e conflitos ambientais em Portugal: o caso da coincineração de resíduos industriais perigosos. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 65, p. 129-150, maio 2003.
- PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.
- REEVES, H.; LENOIR, F. **A agonia da Terra**. Lisboa: Gradiva, 2006.
- RÓDENAS, M. La medida del tiempo geológico: un reto en secundaria. In: CALONGE, A. et al. (Ed.). **SIMPOSIO SOBRE ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA**, 15., 2008, Madrid. Actas... Madrid: Cuadernos del Museo Geominero, 2008. p. 119-127.
- SCHMIDT, L. **País (in)sustentável: ambiente e qualidade de vida em Portugal**. Lisboa: Esfera do Caos, 2007.
- SHAH, A. LOSS of biodiversity and extinctions. **Global Issues**, 2014. Page Last Updated January 19, 2014. Disponível em: <<http://www.globalissues.org/article/171/loss-of-biodiversity-and-extinctions#MassiveExtinctionsFromHumanActivity>>. Acesso em: 25 out. 2015.
- SOARES JÚNIOR, A. V.; HASUI, Y.; BEMERGUY R. L. O rio Amazonas. In: HASUI, Y. et al. (Ed.). **Geologia**

do Brasil. São Paulo: Beca Edições, 2012. p. 611-622.

SOROMENHO-MARQUES, V. A energia da razão: como transitar do risco de colapso para uma era de sustentabilidade global? In: RIBEIRO, F. (Coord.). **A energia da razão:** por uma sociedade com menos CO₂. Lisboa: Gradiva, 2009. p. 45-57.

UNITED NATIONS. **Report of the World Commission on Environment and Development:** Our common future. Oslo, Norway, 1987. A/42/427. <<https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>>.

VASCONCELOS, C. A geologia na educação ambiental: dos saberes científicos à intervenção pedagógica. In: ALMEIDA, A; STRECHT-RIBEIRO, O. (Org.). **Livro de atas:** XXIX Curso de Atualização de Professores em Geociências. Lisboa: Centro Interdisciplinar de Estudos Educacionais/ Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Lisboa, 2009. p. 23-28.

VASCONCELOS, L. Comunicar ambiente em ciência e tecnologia. In: FONSECA, R; VASCONCELOS, L; ALHO, J.; LOPES, M. (Org.). **Ambiente, ciência e cidadãos.** Lisboa: Esfera do Caos, 2010. p. 9-16.

VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D. La construcción de un futuro sostenible en un planeta en riesgo. **Alambique**, v. 55, 9-19, Ene. 2008.

WILLIAMS, R. S. The modern Earth narrative: natural and human history of the Earth. In: FRODEMAN, R. (Ed.) **Earth matters:** the Earth Sciences, phylosophy and the claims of community. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000a. chap. 4, p. 35-49.

_____. The modern Earth narrative: what will be fate of the biosphere. **Technology in Society**, v. 22, n. 3, p. 303-339, 2000b.

*Artigo recebido em novembro/2015.
Versão aprovada para publicação
em fevereiro/2016.*

