

ÁGUA E TERRITÓRIO

UM TRIBUTO A
CATARINA RAMOS

A GEODIVERSIDADE NO CONTEXTO DOS SERVIÇOS DOS ECOSISTEMAS

Diamantino Insua Pereira¹

Paulo Pereira¹

José Brilha¹

Resumo

A natureza fornece todos os bens, condições e serviços para a manutenção da vida, das sociedades e do bem-estar humano. Muitas das abordagens públicas anunciam esses benefícios como serviços dos ecossistemas, embora maioritariamente ou exclusivamente prestados pela biodiversidade. Nesse contexto, os elementos da geodiversidade, não renováveis e renováveis, devem igualmente ser enquadrados na avaliação das diversas categorias de serviços dos ecossistemas: serviços de regulação, de suporte, de aprovisionamento e culturais. Para além do património geológico que reúne os casos notáveis da geodiversidade com elevado valor científico e que assim presta um serviço cultural, existem numerosos exemplos dos restantes benefícios fornecidos pela geodiversidade em todo o globo. Apresentam-se alguns desses exemplos, que poderão inspirar e justificar a introdução da geodiversidade em novos programas e ações de ensino e promoção das ciências naturais e ambientais, bem como em ações de sensibilização acerca do papel decisivo da geodiversidade no bem-estar humano e no desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: geodiversidade; serviços dos ecossistemas; património geológico; recursos naturais.

Abstract

Nature provides all goods, conditions and services for the maintenance of life, societies and human well-being. Many public approaches advertise these benefits as ecosystem services, though mostly or exclusively provided by biodiversity. In this context, non-renewable and renewable elements of geodiversity should also be included in the evaluation of the various categories of ecosystem services: regulation, support, provisioning and cultural services. In addition to the geological heritage that brings together notable cases of geodiversity with high scientific value and thus provides a cultural service, there are numerous examples of the remaining benefits provided by geodiversity across the globe. Some of these examples are presented, which may inspire and justify the introduction of geodiversity into new programmes and actions in teaching and promotion of the natural and environmental sciences, as well as in raising awareness about the decisive role of geodiversity in human well-being and in the sustainable development.

Keywords: geodiversity; ecosystem services; geoheritage; natural resources.

¹ Instituto de Ciências da Terra, Polo da Universidade do Minho. insuad@dct.uminho.pt; paolo@dct.uminho.pt; jbrilha@dct.uminho.pt

1. Introdução

A promoção e o ensino dos valores intrínsecos da natureza são fundamentais para a aquisição de comportamentos adequados que permitam a sua gestão e conservação. Apesar de uma parte da população ser sensível aos valores intrínsecos da natureza, o apelo ao bem-estar humano, numa perspetiva egocêntrica, constitui uma estratégia inteligente para a promoção do desenvolvimento sustentável. Nesta perspetiva emergiu o conceito de serviços dos ecossistemas, no âmbito do processo de avaliação do valor da natureza para a sociedade, desenvolvido a partir do ano 2001 sob a égide da Organização das Nações Unidas – ONU (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Este procedimento classifica e avalia os valores dos ecossistemas na perspetiva do tipo e do uso dos benefícios proporcionados pela natureza a cada um de nós. Contudo, é incompreensível que este e outros documentos relativos aos serviços dos ecossistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; TEEB, 2010; Haines-Young e Potschin, 2013) considerem exclusivamente os benefícios proporcionados ou relacionados com a biodiversidade.

As referências à geodiversidade, e em particular aos materiais geológicos, acontecem frequentemente associados aos impactos ambientais que advêm da sua exploração. Contudo, os materiais, estruturas, formas de relevo e processos geológicos, foram e são ainda a base para o desenvolvimento das sociedades humanas. A geodiversidade fornece as condições de bem-estar que estão para além das condições básicas de sobrevivência oferecidas pela biodiversidade. Para além de muitos outros valores, a geodiversidade é a base funcional para a instalação de estruturas de produção de energias renováveis e a base de abastecimento dos materiais para a sua elaboração, como barragens, geradores eólicos, painéis solares ou para o seu armazenamento como as baterias. É também evidente que a biodiversidade está intimamente relacionada com a geodiversidade, pois são as múltiplas condições proporcionadas por esta, por exemplo de habitat, que permitem o desenvolvimento de diferentes seres vivos.

2. Conceito de geodiversidade

O conceito de geodiversidade é de fácil compreensão atendendo a que complementa o bem consolidado conceito de biodiversidade nas questões relacionadas com a gestão e a conservação da natureza. Gray (2004; 2013) tem sido profusamente citado, definindo a geodiversidade como “a diversidade de aspetos geológicos (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (paisagem, topografia, processos físicos), pedológicos e hidrológicas, incluindo as suas associações, estruturas, sistemas e contribuições para a paisagem” (Gray 2013, p. 12). Outras propostas de definição da geodiversidade (e.g. Nieto, 2001; Hjort *et al.*, 2015; Brilha *et al.*, 2018) referem também materiais, estruturas, processos geológicos e formas de relevo. Os materiais referem-se a minerais, rochas, fósseis, solos e água. Para além das relevantes estruturas tectónicas, existem também estruturas sedimentares, geomorfológicas, hidrogeológicas e petrológicas, entre outras. Os processos geológicos

são muito variados quanto ao tipo e à dimensão, como a tectónica de escala global, ou os processos à escala do mineral, como é o caso da meteorização, ambos fundamentais na génese de paisagens diversificadas. O relevo constitui a base física sobre o qual assenta a atividade orgânica, incluindo a humana (Figura 1).

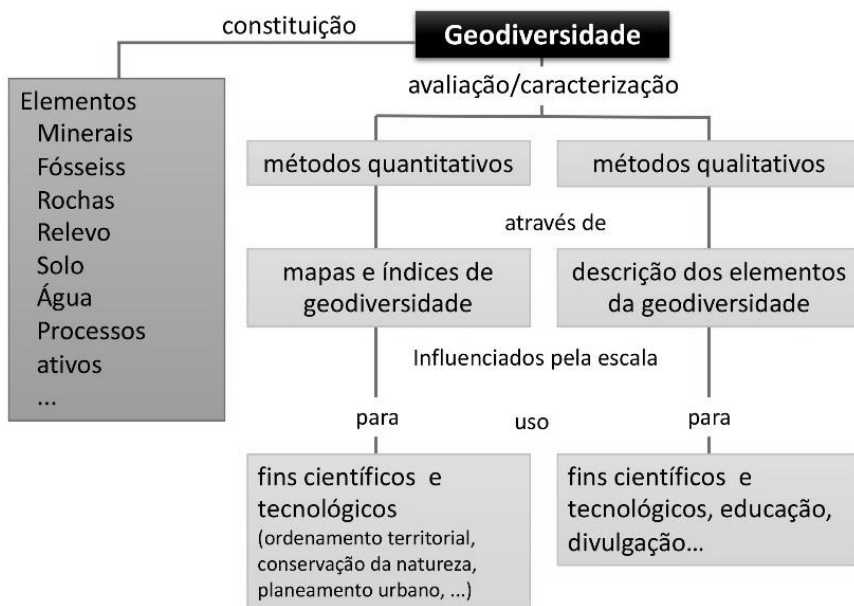


Figura 1. Os elementos, a avaliação e a caracterização da geodiversidade (modificado de Brilha *et al.*, 2018).

3. Caracterização e avaliação da geodiversidade

Para que a geodiversidade e os seus valores possam ser compreendidos por todos, estes devem ser apresentados de forma a que sejam facilmente percebidos, em especial por quem não tem uma formação geocientífica: o tipo de elementos que estão presentes numa dada área e a sua distribuição espacial, sendo fundamental a escolha da escala mais adequada; os objetivos pretendidos, nomeadamente educativos, promocionais, de planeamento territorial, entre outros (Brilha *et al.*, 2018).

A descrição e a avaliação da geodiversidade têm recorrido a metodologias próprias, em geral relacionadas com os elementos, escala e objetivos pretendidos, em abordagens de tipo qualitativo ou quantitativo (Zwoliński *et al.*, 2018) (Figura 1).

A abordagem qualitativa consiste numa descrição dos elementos da geodiversidade numa dada área e eventualmente, na explanação dos seus valores. Este tipo de abordagem

estabelece, por vezes, ligações entre a geodiversidade e o património geológico (Kozłowski, 2004; Panizza, 2009; Ferrero *et al.*, 2012; Bradbury, 2014). No Reino Unido, os *Local Geodiversity Action Plans* são usados como instrumentos de gestão de cidades, países ou áreas protegidas (Dunlop *et al.*, 2018). A proposta mais recente de enquadramento da geodiversidade nos serviços dos ecossistemas (Gordon, 2012, Gordon e Barron, 2012, 2013; Gray, 2011, 2012, 2013; Gray *et al.*, 2013; Hjort *et al.*, 2015) enquadra-se também nos procedimentos de descrição e de avaliação qualitativa da geodiversidade.

A abordagem quantitativa pretende expressar de forma mais objetiva a variação espacial dos elementos da geodiversidade (Forte *et al.*, 2018; Zwoliński *et al.*, 2018). A análise é, em geral, baseada num conjunto de parâmetros numéricos destinados a expressar a diversidade dos elementos da geodiversidade numa dada área. Os parâmetros resultam de dados de campo, de deteção remota ou, maioritariamente, de análise cartográfica. Neste tipo de procedimentos, o território em análise é dividido em células espaciais, que podem ser delimitadas com base em características geomorfológicas (Serrano e Ruiz-Flaño, 2007; Benito-Calvo *et al.*, 2009), ou na utilização de grelhas que definem células uniformes (Zwoliński, 2009; Hjort e Luoto, 2010; Pereira *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013; 2015; Araujo e Pereira, 2017). As células são sobrepostas à informação cartográfica dos elementos da geodiversidade e funcionam como unidades de quantificação e de comparação tendo em conta a variação da geodiversidade.

São vários os trabalhos recentes que apresentam e discutem valores numéricos ou índices de geodiversidade obtidos por técnicas SIG (Hjort e Luoto, 2012; Pereira *et al.*, 2013; Malinowska e Szumacher, 2013; Silva *et al.*, 2013, 2015; Melelli, 2014; Pellitero *et al.*, 2014; Kot, 2015; Martinez-Grana *et al.*, 2015; Manosso e Nóbrega, 2016; Argyriou *et al.*, 2016; Araujo e Pereira, 2017; Forte *et al.*, 2018). No geral, verifica-se uma sobrevalorização de índices litológicos e geomorfológicos na quantificação da geodiversidade, embora seja enfatizada a importância de considerar outros índices, nomeadamente paleontológicos, mineralógicos e edafológicos (Pereira *et al.*, 2013), padrões de distribuição da rede hidrográfica (Silva *et al.*, 2015) e recursos hídricos (Araujo e Pereira, 2017).

4. Geodiversidade e serviços dos ecossistemas

Os serviços dos ecossistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) afirmaram-se como uma estratégia que tem vindo a ser utilizada pelos decisores políticos na classificação e quantificação de valores naturais, ignorando a maioria dos valores da geodiversidade (Gray, 2018). Apesar desta limitação, os serviços dos ecossistemas estão classificados numa matriz clara e objetiva, a qual pode ser reproduzida na promoção dos serviços prestados pela geodiversidade. Neste âmbito, foram propostos os conceitos de serviços geossistémicos (Gray, 2011; van Ree e van Beukering, 2016) e de serviços dos

ecossistemas abióticos (Gordon e Barron, 2012; Gray *et al.*, 2013), conceito que designa os bens, condições e processos abióticos que são fundamentais para a manutenção da vida e para o bem-estar humano.

No que respeita aos serviços dos ecossistemas, o Millennium Ecosystem Assessment (2005), bem como o UK National Ecosystem Assessment (2011) classificam os serviços prestados pela natureza em quatro grupos, nomeadamente:

- **serviços de regulação**, que proporcionam as condições que permitem a existência da vida e da sociedade moderna (e.g. regulação do clima, água e doenças);
- **serviços de suporte**, que, pelo seu valor funcional, contribuem para a presença da vida e do desenvolvimento humano (e.g. produção primária, formação dos solos);
- **serviços de aprovisionamento**, que são prestados pelos bens renováveis e não renováveis fornecidos para a vida em sociedade (e.g. alimento, água, fibras e combustível);
- **serviços culturais**, que proporcionam condições de bem estar e saúde, lazer e de conhecimento. (e.g. espiritual, estético, recreativo, educativo).

Recentemente, Brilha *et al.* (2018) reviram o conceito de geodiversidade à luz desta perspetiva e estabeleceram as relações com conceitos e estratégias bem conhecidos, nomeadamente aqueles que estão relacionados com o capital natural e os serviços dos ecossistemas. Nesse âmbito, os autores defendem que os objetivos de desenvolvimento sustentável definidos pela ONU só podem ser alcançados se os elementos e processos da geodiversidade forem definitivamente considerados na agenda global, devidamente integrados nas estratégias como as que integram os serviços dos ecossistemas (Figura 2).

4.1. Serviços de regulação

O transporte fluvial de sedimentos e de nutrientes libertados durante os processos de meteorização e de erosão são exemplos de serviços de regulação prestados pela geodiversidade e que são vitais para o equilíbrio da condição de vida (Gray *et al.* 2013; Gray, 2013; Brilha *et al.*, 2018) (Tabela 1; Figura 3).

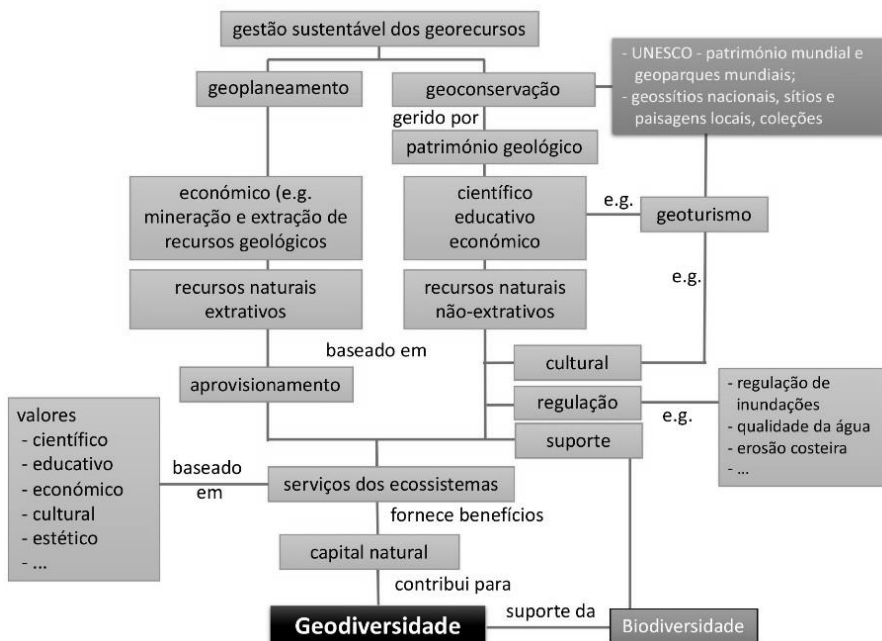


Figura 2. A geodiversidade no contexto dos serviços dos ecossistemas (modificado de Brilha *et al.*, 2018).

Tabela 1. Exemplos de serviços de regulação fornecidos pela geodiversidade (modificado de Gray, 2013 e de Brilha *et al.*, 2018). A coluna “Provimento” indica se os benefícios asseguram diretamente o bem-estar humano (Humano) ou indiretamente, assegurando a manutenção dos ecossistemas (Eco). A coluna “Tipo” indica se a génese do benefício é unicamente geológica (Geo) ou resultante de processos biológicos e geológicos (Bio/Geo).

Serviços dos ecossistemas	Divisão	Benefício	Provimento	Tipo
Regulação Condições que permitem a existência da vida e da sociedade moderna	Atmosfera	Circulação dinâmica	Eco/ Humano	Bio/Geo
		Química da atmosfera		
		Qualidade do ar e regulação do clima		
		Ciclo hidrológico		
	Geosfera/ Hidrosfera	Ciclo das rochas		
		Ciclo hidrológico		
		Ciclo do carbono		
		Sequestro de carbono		
		Armazenamento e regulação do clima		
		Regulação da erosão		
		Regulação dos riscos naturais		
Regulação da qualidade da água	Humano			



Figura 3. Exemplo de serviço de regulação: a meteorização e erosão são processos de produção de sedimentos que alimentam o ciclo sedimentar (Oaxaca, México).

A importância deste tipo de serviços pode também ser exemplificada com o papel das rochas como filtros naturais essenciais para a depuração da água no contexto do ciclo hidrológico e com a importância do ciclo das rochas como um serviço de regulação natural, atendendo à sua importância para o sequestro de carbono e a regulação do clima. Também o caudal dos rios é regulado, quer pelo fornecimento de água subterrânea que permite a sua permanência após longos períodos de seca, quer pela infiltração que controla ou atenua os períodos de inundação.

4.2. Serviços de suporte

Os serviços de suporte prestados pela geodiversidade (Tabela 2) referem-se aos materiais e formas de relevo como base essencial para a biodiversidade (serviços da geodiversidade aos ecossistemas) e atividades humanas (serviços de apoio direto ao bem-estar humano). A dinâmica da Terra é expressa por paisagens diversificadas, com planícies, montanhas, planaltos ou vales esculpidos numa grande variedade de rochas, de que resulta a variedade de habitat e a diversidade biológica. A compreensão dos processos lentos, à escala do tempo geológico, de formação e renovação do solo e em particular os processos físicos e químicos de meteorização, permite alcançar a importância da sua conservação (Brilha *et al.*, 2018).

Também o conceito de endemismo está intimamente associado ao isolamento provocado por especificidades da rocha e do solo, pela tectónica e por imposições geomorfológicas (Figura 4). Existem diversos exemplos em Portugal de serviços de suporte da geodiversidade aos ecossistemas: a vegetação endémica em solos desenvolvidos sobre

rochas ultramáficas dos maciços de Bragança e Morais; as aves rupícolas adaptadas às gargantas fluviais do Douro e do Tejo nos seus troços de fronteira; as espécies adaptadas às cavidades cársticas do Maciço Calcário Estremenho; ou os organismos associados às fontes hidrotermais nos Açores. Também a especificidade de algumas atividades agrícolas está relacionada com a geodiversidade. O *terroir*, conceito hoje muito associado ao vinho, mas que também se refere ao azeite, constitui um exemplo de especialização por via da combinação de diversos fatores, com destaque para os que se relacionam com relevo, solo, rocha e clima (Figura 5).

Tabela 2. Exemplos de serviços de suporte fornecidos pela geodiversidade (modificado de Gray, 2013; Brilha *et al.*, 2018). A coluna “Provimento” indica se os benefícios asseguram diretamente o bem-estar humano (Humano) ou indiretamente, assegurando a manutenção dos ecossistemas (Eco). A coluna “Tipo” indica se a génese do benefício é unicamente geológica (Geo) ou resultante de processos biológicos e geológicos (Bio/Geo).

Serviços dos ecossistemas	Divisão	Benefício	Provimento	Tipo
Suporte das condições de vida e desenvolvimento social	Solo	Meteorização da rocha e desenvolvimento do solo para a agricultura e floresta	Eco/ Humano	Bio/ Geo
		Fornecimento de habitat		
	Água	Suporte de vida	Eco	
		Diversidade de habitat		
		Plataforma de transporte		Humano
	Rochas e geoformas superficiais	Estabelecimento de habitat (fundos oceânicos, fontes termais, arribas, lagunas, litoral, etc.) e estabelecimento de corredores ecológicos	Eco	Geo
		Plataforma para infraestruturas (estradas, barragens, produção de energia renovável, etc.) e desenvolvimento urbano	Humano	
	Rochas e geoformas subterrâneas	Aterros e armazenamento (aterros sanitários, armazenamento de resíduos radioativos, cemitérios)		
		Estabelecimento de habitat (cavidades)		

O relevo, aspeto da superfície terrestre que é resultante da interação entre processos de dinâmica interna e externa, constitui o elemento estruturante da paisagem que suporta os ecossistemas, mas é também fundamental para o suporte das mais variedades sociedades e atividades humanas.



Figura 4. Exemplo de serviço de regulação: relevo cárstico como suporte de biodiversidade específica (Gruta do Lago Azul, Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil).



Figura 5. Exemplo de serviço de regulação: formação de solos com especificidades próprias em face da litologia e do clima (vinha na ilha do Pico, Açores).

Os serviços de suporte providenciados pela geodiversidade e fornecidos diretamente para o bem-estar humano são exemplificados pelas barragens, construídas sempre em função da rocha e do relevo que proporcionam maior segurança, menor custo e maior rentabilidade. A presença de estruturas de defesa (castelos e fortificações) e de geradores eólicos no topo das montanhas são também exemplos de serviços de suporte proporcionados pela geodiversidade. Aeroportos, pistas de esqui e muitas outras

construções e estruturas superficiais estão relacionados com a geomorfologia (Gray, 2013). Outras construções são executadas em função do relevo e da rocha, com destaque para aterros sanitários, cemitérios, armazenamento de resíduos radioativos e sequestro geológico de carbono.

4.3. Serviços de provisão

Os serviços de provisão disponibilizados pela geodiversidade podem agrupar-se em: i) recursos renováveis como a água e os nutrientes inorgânicos; ii) recursos não renováveis como rochas e minerais industriais, minerais metálicos e combustíveis de origem geológica (Tabela 3) (Brilha *et al.*, 2018).

Tabela 3. Exemplos de serviços de provisão fornecidos pela geodiversidade (modificado de Gray, 2013; Brilha *et al.*, 2018). A coluna “Provisão” indica se os benefícios asseguram diretamente o bem-estar humano (Humano) ou indiretamente, assegurando a manutenção dos ecossistemas (Eco). A coluna “Tipo” indica se a génese do benefício é unicamente geológica (Geo) ou resultante de processos biológicos e geológicos (Bio/Geo).

Serviços dos ecossistemas	Divisão	Benefício	Provisão	Tipo	
Aprovisão de recursos renováveis e não renováveis que são fundamentais à vida e à sociedade	Nutrientes	Nutrientes inorgânicos essenciais à vida	Eco/ Humano	Bio/ Geo	
	Alimentos e bebida	Água doce e água mineral		Humano	Geo
		Sal			
	Água	Uso agrícola, industrial e doméstico			
	Materiais de construção	Pedra de construção e ornamental			
		Cimento, areia, ...			
		Aço, ...			
	Minerais industriais e metálicos	Vidros, ...			
		Veículos, computadores, telemóveis, eletrodomésticos			
		Baterias, ...			
		Fertilizantes, fármacos, ...			
	Recursos energéticos	Cerâmica, plásticos, refratários, papel			
		Próteses, implantes, instrumentos cirúrgicos, ...			
		Petróleo e gás natural			
		Carvão			
Urânio					
Produtos ornamentais	Energia geotérmica				
	Energia hidroelétrica				
		Pedras preciosas, joalheria (ouro, prata, platina, ...)			

A água é uma parte integrante da geodiversidade que constitui um recurso renovável fundamental na origem, evolução e manutenção da vida. Na exploração espacial, o foco na procura de água nos planetas salienta a sua importância vital como fonte que precede a origem da vida. A água que circula nos solos e os nutrientes inorgânicos aí disponíveis fornecidos durante a meteorização das rochas são fundamentais para as plantas e estão na base da cadeia alimentar, facto raramente mencionado.

Como bem de provisão usado diretamente pela humanidade, a água é em geral classificada em função do uso doméstico, agrícola e industrial, e é também fundamental na produção de energia hidroelétrica (Vanhem, 2016). A água tem outros usos, pelo que é também enquadrada em serviços de regulação (importância ambiental), suporte (navegação) e cultural (recreação). É conhecida a importância das captações de água subterrânea e das nascentes, como os Olhos de Água do Alviela ou as captações para abastecimento da Figueira da Foz (Brandão e Callapez, 2012), barragens para abastecimento agrícola e doméstico (e.g. Alqueva, Azibo), ou os diversos aproveitamentos hidroelétricos.

O desenvolvimento social e o modo de vida que tem evoluído desde a Idade dos Metais está baseado no uso de recursos geológicos não renováveis. Estes recursos incluem um elevado número de matérias-primas, definidas como elementos sólidos, gases ou líquidos que apresentam uma concentração que permite a sua exploração no interior ou na superfície da crosta terrestre (Mata-Perelló *et al.*, 2011). A observação mais atenta daquilo que nos rodeia – edifícios e outras construções, estradas, veículos, máquinas e utensílios industriais e domésticos, permite compreender como estes se baseiam, em muitos casos na sua totalidade, em materiais que têm origem na exploração de recursos geológicos não renováveis (Figura 6). A título de exemplo, referem-se os computadores e telemóveis, integralmente constituídos por elementos provenientes de explorações de recursos geológicos, mas também os geradores eólicos, painéis solares ou baterias de veículos elétricos. A sua construção assenta no uso de minerais industriais, de plásticos resultantes da refinação do petróleo e de materiais extraídos de minerais metálicos e não metálicos, como é o caso das terras-raras, tântalo, lítio ou cobalto. Antimónio, molibdénio e zinco são exemplos de recursos minerais cujas reservas podem ser esgotadas se a sua extração continuar em crescimento (Henckens *et al.* 2016). É igualmente relevante o facto de a energia usada na exploração e na construção dos bens referidos ser proveniente de fontes não renováveis como o petróleo e o urânio. Apesar do número reduzido de minas a laborar em Portugal, existem algumas minas desativadas ou abandonadas e numerosas pedreiras que documentam a importância da exploração dos recursos minerais como serviços de provisão. Salienta-se ainda o facto das matérias-primas de origem geológica, alimentarem uma grande parte do setor industrial, pelo que suportam o emprego e a estrutura social em que vivemos.



Figura 6. Exemplo de serviço de aprovisionamento: exploração de calcário laminado (Araripe, Ceará, Brasil).

4.4. Serviços culturais

Na categoria de serviços culturais com base na geodiversidade (Tabela 4) está incluído o conhecimento científico acerca das características e evolução do planeta Terra e da vida. Neste âmbito, é particularmente relevante o património geológico, constituído pelo conjunto de geossítios de uma região, pelo que estes deverão ser inventariados com base no valor científico e protegidos (Brilha, 2016) (Figura 7). Para além da sua utilidade científica, o património geológico inclui locais importantes para o ensino das geociências e para o desenvolvimento de atividades turísticas (sítios de geodiversidade) e para a promoção dos valores da geodiversidade. Pela sua importância estes elementos deverão ser alvo de medidas de proteção legal com planos de gestão adequados e considerados em planos de ordenamento territorial. Em Portugal, o inventário de geossítios de relevância nacional (<http://geossitios.progeo.pt/>) constitui uma excelente base de dados para o conhecimento do património geológico de Portugal. Outros sítios de geodiversidade sem elevado valor científico, revelam especial valor educativo e turístico (Brilha, 2016), pelo que é também importante a sua inventariação, conservação e promoção.

Os serviços culturais providenciados pela geodiversidade incluem também aspetos como a recreação, as experiências espirituais, a inspiração artística, o turismo da natureza (Figura 8) ou o apoio geoforense (Gray, 2013; Brilha *et al.*, 2018).

Tabela 4. Exemplos de serviços culturais fornecidos pela geodiversidade (modificado de Gray, 2013; Brilha *et al.*, 2018). A coluna “Provimento” indica se os benefícios asseguram diretamente o bem-estar humano (Humano) ou indiretamente, assegurando a manutenção dos ecossistemas (Eco). A coluna “Tipo” indica se a gênese do benefício é unicamente geológica (Geo) ou resultante de processos biológicos e geológicos (Bio/Geo).

Serviços dos ecossistemas	Divisão	Benefício	Provimento	Tipo
Cultural Contribuição do ambiente físico para o desenvolvimento de atividades culturais	Bem-estar e saúde	Termalismo	Humano	Geo
		Inspiração artística		Bio/Geo
	Recreação	Diversidade da paisagem (turismo de praia, montanha...)		
		Desporto		
	História	Locais sagrados e históricos		
		Uso da pedra em monumentos e outras construções		
	Conhecimento	Origem e evolução da Terra		
		Origem e evolução da vida		
Paleoclimas e paleoambientes				

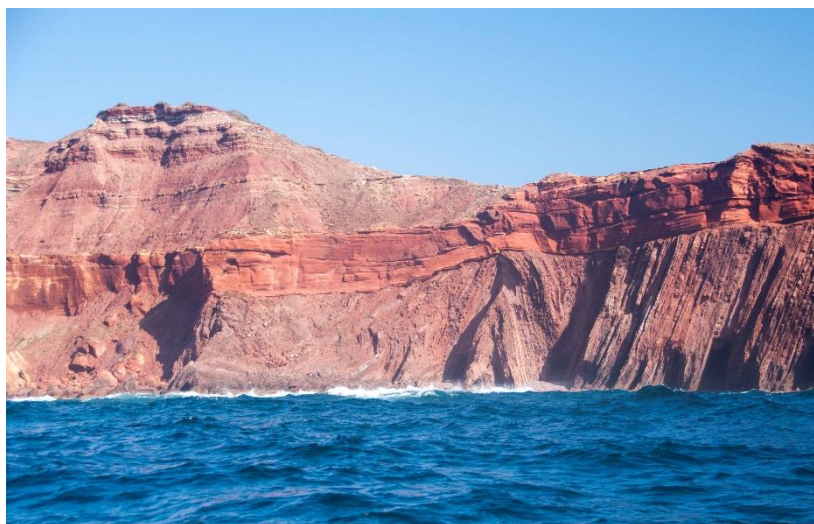


Figura 7. Exemplo de serviço cultural: valor científico da geodiversidade (geossítio da Praia do Telheiro, Algarve, Portugal).



Figura 8. Exemplo de serviço cultural: geodiversidade como recurso geoturístico (Alpes do Mediterrâneo, Itália).

5. Conclusões

A pressão crescente que a humanidade exerce sobre os recursos naturais do planeta está, finalmente, a despertar a atenção da comunidade internacional. A aprovação da Agenda 2030 por parte das Nações Unidas e o estabelecimento dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são disso exemplo. Para este despertar de consciências, muito contribuiu o conceito de serviços dos ecossistemas que tem vindo a ser usado na avaliação qualitativa e quantitativa dos benefícios que a natureza providencia aos seres humanos. Cumpridas as necessidades básicas de sobrevivência, em geral providenciadas pela biodiversidade, é a geodiversidade que mais assegura o bem-estar humano. A manutenção das condições físicas naturais que regulam o planeta, a existência de minerais, rochas, água, solos e formas de relevo que suportam as condições de vida e fornecem as mais variadas matérias-primas e o aproveitamento cultural desses bens, constituem a base do desenvolvimento social.

Por este facto, é incompreensível que a avaliação dos serviços dos ecossistemas tem vindo a ser efetuado, de modo generalizado, por organismos internacionais, sem considerar os benefícios prestados pelos elementos da geodiversidade. Esta visão distorcida e parcial do papel imprescindível que a natureza abiótica detém no desenvolvimento e sobrevivência humana é uma prova mais da falta de consciencialização da sociedade para a relevância da geodiversidade. O envolvimento recente da comunidade geocientífica nas estratégias de planeamento que integram uma visão holística dos serviços dos ecossistemas pode vir a contribuir para a sensibilização de responsáveis políticos e

gestores, mas pode também constituir uma via de maior sucesso para o ensino e divulgação pública das geociências e dos geocientistas.

Agradecimentos

Este trabalho foi cofinanciado pela União Europeia através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, baseado no COMPETE 2020, (Programa Operacional da Competitividade e Internacionalização), projeto ICT (UID/GEO/04683/2018) com a referência POCI-01-0145- FEDER-007690 e fundos nacionais atribuídos pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Bibliografia

Araujo, A. e Pereira, D.I. (2017). A new methodological contribution for the geodiversity assessment: applicability to Ceará State (Brazil). *Geoheritage*. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-017-0250-3>

Argyriou, A.V., Sarris, A. e Teeuw, R.M. (2016). Using geoinformatics and geomorphometrics to quantify the geodiversity of Crete, Greece. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 51, 47–59.

Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Magri, O. e Meza, P. (2009). Assessing regional geo-diversity: the Iberian Peninsula. *Earth Surf. Process Landforms*, 34 (10), 1433–1445. <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1840>

Bradbury, J. (2014). A keyed classification of natural geodiversity for land management and nature conservation purposes. *Proceedings of the Geologists' Association*, 125, 329–349.

Brandão, J.M. e Callapez, P.M. (2012). Um projeto oitocentista de captação de águas subterrâneas: o abastecimento à cidade da Figueira da Foz (Portugal). XIII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. Manresa- 2012, C.52 p. 459- 472.

Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8 (2), 119–134.

Brilha, J., Gray, M., Pereira, D.I. e Pereira, P. (2018). Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. *Environmental Science and Policy*, 86, 19-28.

Dunlop, L., Larwood, J.G. e Burek, C. (2018). Geodiversity action plans – a method to facilitate, structure, inform and record action for geodiversity. In: Reynard, E., Brilha, J. (Eds.), *Geoheritage: Assessment, Protection and Management*. Elsevier, pp. 53–65.

Ferrero, E., Giardino, M., Lozar, F., Giordano, E., Belluso, E. e Perotti, L. (2012). Geodiversity action plans for the enhancement of geoheritage in the Piemonte region (North-Western Italy). *Annals Geophys.* 55 (3), 487–495.

Forte, J., Brilha, J., Pereira, D.I. e Nolasco, M. (2018). Kernel density applied to the quantitative assessment of geodiversity. *Geoheritage*. 10(2), 205–217.

Gordon, J.E. (2012). Engaging with geodiversity: 'Stone Voices', creativity and ecosystem cultural services in Scotland. *Scott. Geographical J.* 128 (3–4), 240–265.

Gordon, J.E. e Barron, H.F. (2012). Valuing geodiversity and geoconservation: developing a more strategic ecosystem approach. *Scott. Geographical J.* 128, 278–297.

Gordon, J.E. e Barron, H.F. (2013). The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland. *Scott. J. Geol.* 49 (1), 41–58.

Gray, M. (2004). *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. John Wiley & Sons, Chichester.

Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation*, 38, 271–274.

Gray, M. (2012). Valuing geodiversity in an “ecosystem services” context. *Scott. Geog. J.*, 128, 177–194.

Gray, M. (2013) *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 2nd ed. Wiley Blackwell, Chichester, UK.

Gray, M. (2018) The confused position of the geosciences within the “natural capital” and “ecosystem services” approaches. *Ecosystem Services*, 34, 106–112.

Gray, M., Gordon, J.E. e Brown E.J. (2013). Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. *Proceedings of the Geologists' Association*, 124, 659-673.

Haines-Young, R. e Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): consultation on Version 4, August-December 2012, EEA Framework Contract No. EEA/IEA/09/003.

Henckens, M., Driessen, P., Ryngaert, C. e Worrel, E. (2016). The set-up of an international agreement on the conservation and sustainable use of geologically scarce mineral resources. *Resources Policy*, 49, 92-101.

Hjort, J., Gordon, J., Gray, M. e Hunter Jr., M. (2015). Why geodiversity matters in valuing nature's stage. *Conservation Biology*, Volume 29, No. 3, 630–639.

Hjort, J. e Luoto, M. (2010). Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. *Geomorphology*, 115 (1-2), 109–116.

Hjort, J. e Luoto, M. (2012). Can geodiversity be predicted from space? *Geomorphology*, 153–154, 74–80.

Kot, R. (2015). The point bonitation method for evaluating geodiversity: a guide with examples (Polish Lowland). *Geografiska Annaler: Ser. A, Phys. Geogr.*, 97 (2), 375–393.

Kozłowski, S. (2004). Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. *Przegląd Geologiczny*, 52 (8/2), 833–837.

Malinowska, E. e Szumacher, I. (2013). Application of landscape metrics in the evaluation of geodiversity. *Miscellanea Geog. Reg. Stud. Dev.*, 17 (4), 28–33.

- Manosso, F.C. e Nóbrega, M.T. (2016). Calculation of geodiversity from landscape units of the Cadeado range region in Paraná, Brazil. *Geoheritage*, 8 (3), 189–199.
- Martinez-Grana, A.M., Goy, J.L. e Cimarra, C. (2015). 2D to 3D geologic mapping transformation using virtual globes and flight simulators and their applications in the analysis of geodiversity in natural areas. *Environ. Earth Sci.*, 73 (12), 8023–8034.
- Mata-Perelló, J.M., Mata-Lleonart, R. e Vintró-Sánchez, C. (2011). A new classification of geological resources. *Dyna*, 78 (170), 243-249.
- Melelli, L. (2014). Geodiversity: a new quantitative index for natural protected areas enhancement. *GeoJournal Tourism Geosites*, 1 (13), 27–37.
- Nieto, L. (2001). Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Bol. Geol. Min.*, 112(2):3–12
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Island Press, Washington DC.
- Panizza, M. (2009). The geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): a key of geoheritage assessment. *Geoheritage*, 1, 33–42.
- Pellitero, R., Manosso, F.C. e Serrano, E. (2014). Mid- and large-scale geodiversity calculation in Fuentes Carrionas (NW Spain) and Serra do Cadeado (Paraná, Brazil): methodology and application for land management. *Geogr. Annaler Ser. A, Phys. Geogr.*, 97, 219–235.
- Pereira, D.I., Pereira, P., Brilha, J. e Santos, L. (2013). Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. *Environmental Management*, 52, 541–552.
- Serrano, E. e Ruiz-Flaño, P. (2007). Geodiversity. A theoretical and applied concept. *Geogr. Helvetica*, 62, 140–147.
- Silva, J., Rodrigues, C. e Pereira, D. (2015). Mapping and analysis of geodiversity indices in the Xingu River basin, Amazonia, Brazil. *Geoheritage*, 7, 337–350.
- Silva, J.P., Pereira, D.I., Aguiar, A.M. e Rodrigues, C. (2013). Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. *Journal of Maps*, 9 (2), 254–262.
- TEEB (2011). The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making. Edited by Patrick ten Brink, Earthscan, London & Washington.
- UK National Ecosystem Assessment (2011). National Ecosystem Assessment: Synthesis of Key Findings. Department of Environment Food and Rural Affairs, London.
- van Ree, C. e Beukering, P.J. (2016). Geosystem services: a concept in support of sustainable development of the subsurface. *Ecosystem Services*, 20, 30-36.
- Vanham, D. (2016). Does the water footprint concept provide relevant information to address the water–food–energy–ecosystem nexus? *Ecosystem Services*, 17, 298–307.
- Zwoliński, Z. (2009). The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts. *Landf. Anal.*, 11, 79–87.

Zwoliński, Z., Najwer, A. e Giardino, M. (2018) – Methods for assessing geodiversity. In: Reynard E. e Brilha J. (Edts.), *Geoheritage: assessment, protection and management*, Elsevier, 27-52.