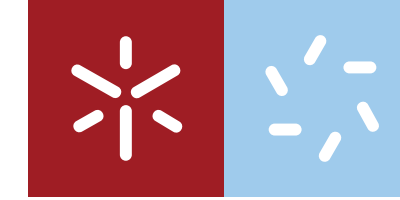




**VIVER E MORRER NO PLANETA TERRA:  
UMA ABORDAGEM AOS VALORES DA GEODIVERSIDADE**

Nathália Lima

UMinho | 2021



**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

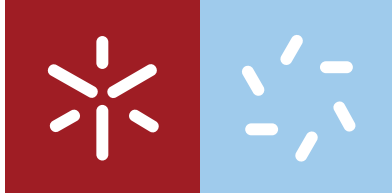
Nathália Pimentel Lima

**VIVER E MORRER NO PLANETA TERRA:  
UMA ABORDAGEM AOS VALORES DA  
GEODIVERSIDADE**

janeiro de 2021







**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Nathália Pimentel Lima

**VIVER E MORRER NO PLANETA TERRA:  
UMA ABORDAGEM AOS VALORES DA  
GEODIVERSIDADE**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Geociência  
Património Geológico e Geoconservação

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Diamantino Manuel Insua Pereira**

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### *Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações  
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

*Nathália Pimentel Lima*

---

Nathália Pimentel Lima

Dedico este trabalho a minha família por seu permanente apoio, carinho, colaboração e incentivo. À minha mãe, que sempre se preocupou em cumprir com seu papel demonstrando amor incondicional, e agora, ao meu marido por sua paciência, gentileza, carinho, companhia e pelo melhor presente de casamento que eu poderia sonhar.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar, minha mãe pelo incentivo, meu marido pelo apoio e companhia, minha avó pelas orações, minha sogra pelos conselhos e meus amigos de Portugal pela força durante essa jornada. Ao meu orientador, agradeço a confiança e o acompanhamento.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.



---

Nathália Pimentel Lima

## RESUMO

Perante as alterações ambientais e a exploração predatória dos recursos naturais, torna-se necessário conscientizar a sociedade sobre a importância de um bom gerenciamento do conjunto de serviços ecossistêmicos que beneficiam a humanidade, bem como a conservação dos recursos e processos naturais que os produzem.

O interesse nos serviços ecossistêmicos tornou-se relevante no contexto mundial após a sua integração na Avaliação Ecossistêmica do Milênio em 2005, porém, o foco biocêntrico causou uma negligência do potencial valor dos serviços prestados pela geodiversidade (elementos abióticos) de quaisquer avaliações econômicas e de estratégias de gerenciamento.

Daí surgiu a necessidade de definir, conceituar e atribuir valores a geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos (regulação, suporte, provisão, cultural). Neste contexto revelou-se o papel imprescindível da geodiversidade na manutenção das condições favoráveis a vida e na garantia e desenvolvimento do bem-estar humano.

Na busca pela garantia de nosso bem-estar, a humanidade atua como um agente geológico que influencia os sistemas naturais da Terra pois à medida que as populações e o consumo per capita de recursos naturais aumentam, também aumentam seus impactos.

Compreender a dinâmica dos sistemas naturais, como eles interagem e, principalmente, entender como nós os afetamos e as possíveis consequências dessas ações é vital para nossa sobrevivência. Desse modo, a literacia em Geociências capacitará a sociedade em tomar decisões conscientes e responsáveis a respeito do uso dos recursos da Terra.

O presente trabalho surge com propósito de descobrir se as contribuições e relevância da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos são apropriadamente apresentadas e discutidas no Ensino Básico comparando Brasil e Portugal. Se não, como fazê-lo?

Diante de um cenário onde o ensino das Geociências é pouco ou mal explorado nos currículos do Ensino Básico tanto do Brasil com de Portugal e pela carência de recursos didáticos de caráter interdisciplinar na área das Ciências Naturais,

especialmente no que se refere aos temas relacionados ao papel da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos, surge a ideia de produzir de um material pedagógico de publicação online de modalidade literária paradidático/ludodidático informativo dirigida ao público juvenil de idade entre 8 e 12 anos.

O objetivo é divulgar a geodiversidade a não especialistas e despertar o interesse dos leitores através de temas relacionados à presença da geodiversidade em diversos segmentos da sociedade comuns ao cotidiano, contribuindo assim para a divulgação e popularização dos serviços geossistêmicos, o enriquecimento cultural e melhorias na qualidade do ensino pré-universitário.

**Palavras - chave:** Geodiversidade, Educação, Literacia geocientífica.

## ABSTRACT

Facing the environmental changes and the predatory exploitation of natural resources, it is becoming necessary to make society aware of the importance of good management of the set of ecosystem services that benefit humanity, as well as the conservation of natural resources and processes that produce them.

The interest in ecosystem services became relevant in the world context after its integration in the Millennium Ecosystem Assessment in 2005, however, the biocentric focus caused a neglect of the potential value of the services provided by geodiversity (abiotic elements) of any economic and environmental assessments. management strategies.

Hence the need to define, conceptualize and assign values to geodiversity in the context of ecosystem services (regulation, support, provision, cultural) arose. In this context, the essential role of geodiversity was revealed in maintaining favorable conditions for life and in guaranteeing and developing human well-being.

In the search for the guarantee of our well-being, humanity acts as a geological agent that influences the Earth's natural systems because as populations and per capita consumption of natural resources increase, so do their impacts.

Understanding the dynamics of natural systems, how it interacts and, mainly, understanding how we affects it, and the possible consequences of these actions is vital for our survival. In this way, Geoscience literacy will enable society to make conscious and responsible decisions regarding the use of Earth's resources.

The present work appears with the purpose of discovering if the contributions and relevance of geodiversity in the context of ecosystem services are properly presented and discussed in Basic Education comparing Brazil and Portugal. If not, how to do it?

Faced with a scenario where the Geosciences teaching is little or poorly explored in the curricula of Basic Education in both Brazil and Portugal and the lack of didactic resources of an interdisciplinary nature in the area of Natural Sciences, especially about themes related to the role of geodiversity in the context of ecosystem services, arose the idea of producing educational material for online publication of informative /



ludodidactic literary modality aimed at young people aged between 8 and 12 years.

The goal is to disseminate geodiversity to non-specialists and to arouse the interest of readers through themes related to the presence of geodiversity in different segments of society everyday common life, thus contributing to the dissemination and popularization of geosystemic services, cultural enrichment, and improvements in the quality of pre-university education.

**Keywords:** Geodiversity, Education, Geoscientific literacy.

## ÍNDICE

|   | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUÇÃO   | 1    |
| 1.1 OBJETIVOS   | 3    |
| 1.2 METODOLOGIA   | 3    |
| 2 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS   | 5    |
| 3 SERVIÇOS GEOSISTÊMICOS  | 10   |
| 4 GEOCONSERVAÇÃO E GEOPLANEJAMENTO  | 17   |
| 5 REGIME NATURAL DE VIDA E MORTE NO PLANETA E AS<br>IMPLICAÇÕES DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS   | 22   |
| 6 A IMPORTÂNCIA DA LITERACIA EM CIÊNCIAS DA TERRA   | 32   |
| 7 CIÊNCIAS DA TERRA NO CURRÍCULO NACIONAL PRÉ-<br>UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO VS. CURRÍCULO NACIONAL PRÉ-<br>UNIVERSITÁRIO PORTUGUÊS | 38   |
| 7.1 Brasil  | 38   |
| 7.2 Portugal  | 41   |
| 8 DIVULGAÇÃO E POPULARIZAÇÃO DAS GEOCIÊNCIAS COM ÊNFASE<br>NA GEODIVERSIDADE  | 46   |
| 9 CONCLUSÃO   | 50   |
| 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS   | 52   |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS  | 54   |
| ANEXO: LIVRO – GEODIVERSIDADE NOSSA DE CADA DIA   | 63   |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  | Pág. |
|--|------|
| Figura 1 – Categorias dos serviços ecossistêmicos e exemplos.<br>Fonte: Elaborado a partir de (MEA, 2005).   | 7    |
| Figura 2 – Geodiversidade no contexto de Gestão de Georecursos.<br>Fonte: (modificado de Brilha <i>et al.</i> , 2018).   | 21   |
| Figura 3 – Diagrama da relação entre os serviços abióticos dos ecossistemas e as Grandes ideias da ESLI, baseado em Murray Gray.<br>Fonte: Elaborado a partir de (Wysession <i>et al.</i> , 2009), (Gray, 2013) e (Silva, 2016). | 36   |

## LISTA DE TABELAS

|  | Pág. |
|--|------|
| Tabela 1 – Exemplos de serviços fornecidos pela geodiversidade (Pereira et al., 2019).   | 12   |
| Tabela 2 – Tabela 2 - Grupos dos principais minerais produzidos no mundo de acordo com a World Mining Data em 2019.  | 18   |
| Tabela 3 – Distribuição dos Domínios em Ciências da Terra e dos Subdomínios por ano de escolaridade. Fonte: Adaptado de MEC-Pt.  | 42   |
| Tabela 4 – Visão geral dos temas propostos para o programa do de Geologia dos três anos do ensino secundário, apenas ao nível dos conteúdos conceptuais. Adaptado de MEC-Pt. | 43   |
| Tabela 5 – Principais problemas que afetam o ensino/aprendizagem dos conteúdos de Geociências no Brasil e Portugal.  | 45   |

## LISTA DE SIGLAS

MEA - Millennium Ecosystem Assessment (Avaliação Ecosistêmica do Milênio)

TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity

ONU - Organização das Nações Unidas

WMD - World Mining Data

TNT - Trinitrotolueno

MMA - Ministério do Meio Ambiente

IATA - Associação Internacional de Transportes Aéreos

ANP|WWF - Associação Natureza Portugal / World Wide Fund For Nature

NSF - National Science Foundation

ESLI - Earth Science Literacy Initiative

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

SBP - Sociedade Brasileira de Paleontologia

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PCNs - Parâmetros Curriculares Nacionais

MEC-Br - Ministério da Educação do Brasil

MEC-Pt - Ministério da Educação de Portugal

AEC - Atividades de Enriquecimento Curricular

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho de dissertação do Mestrado em Geociências na área de especialização em Património Geológico e Geoconservação da Universidade do Minho (Portugal) pretende expor o pensamento de uma Bióloga especialista em Comunicação Científica que procura entender questões relacionadas com o ensino e comunicação dos valores das Geociências e da geodiversidade.

Perante as alterações ambientais e a exploração predatória dos recursos naturais, torna-se necessário conscientizar a sociedade sobre a importância de entender e saber como gerenciar o conjunto de serviços ecossistêmicos que beneficiam a humanidade, bem como conservar os recursos e processos naturais que os produzem.

Os ecossistemas são definidos como interações entre a natureza biótica (comunidades biológicas) e abiótica (elementos físicos do ambiente) que contribuem com a entrega e manutenção dos serviços ecossistêmicos (Gray, 2012, Gordon e Barron, 2013), pelo que a geodiversidade é uma contribuinte ativa desses serviços, direta ou indiretamente.

A geodiversidade é definida como a diversidade ou variedade de estruturas e processos geológicos, incluindo: rochas e minerais; fósseis; geomorfologia (formas de relevo, topografia e processos físicos); sedimentos e solos (processos de formação); hidrologia (águas marinhas, superficiais e subterrâneas) (Gray, 2013).

O interesse nos serviços ecossistêmicos tornou-se relevante no contexto mundial após a sua integração na Avaliação Ecosistêmica do Milênio MEA (2005), uma vez que, anteriormente, poucos autores abordavam esse tema, e a partir desse momento passam a considerar o seu valor e sua importância social, econômica e ambiental. Os serviços ecossistêmicos são bens tangíveis e intangíveis produzidos pelos ecossistemas, utilizados pela sociedade em busca do bem-estar humano. Foram considerados quatro grandes grupos de serviços: os serviços de suporte, de regulação, de provisão e culturais (MEA, 2005). Como exemplos de serviços ecossistêmicos temos: a regulação climática, a provisão de alimentos, o fornecimento de água potável, as atividades de lazer ou a proteção contra desastres naturais (Constanza *et al.*, 1997).

Atualmente, a literatura dedicada às avaliações econômicas e estratégias de gerenciamento apresenta um foco biocêntrico negligenciando o potencial valor dos serviços impulsionados pela geodiversidade. Isto porque atribuiu-se o termo Serviços Ecossistêmicos

a estruturas única e exclusivamente relacionadas com a natureza biótica, ignorando-se as interações entre componentes abióticos e bióticos na sustentação desses serviços.

Um bom exemplo de interdependência entre natureza biótica e abiótica é a diversidade de recursos e nichos criados pela geodiversidade que sustenta passivamente muitos aspectos da biodiversidade, incluindo a riqueza de espécies, diversidade de características funcionais e diversidade filogenética (Fox, 2020). Logo o termo “ecossistema” no contexto de serviços ecossistêmicos” não reflete as interações bióticas e abióticas. Por esse motivo, autores como Gray (2011) e Van Ree e Van Beukering (2016) definiram os termos “serviços geossistêmicos” ou “serviços ecossistêmicos abióticos” referindo-se aos serviços associados à geodiversidade, independentemente das interações com a natureza biótica. Após a definição dos serviços abióticos do ecossistema, houve um despertar para a importância de ações de planejamento e gestão dos recursos abióticos. Este despertar foi acompanhando a crescente importância da geoconservação, área que visa promover a conservação da geodiversidade para fins científicos, educativos e turísticos (Burek & Prosser, 2008).

O problema gerado pela exclusão dos serviços geossistêmicos da literatura e do contexto dos serviços ecossistêmicos significa que a sociedade e, principalmente, os tomadores de decisão, podem não ser totalmente informados sobre a importância da geodiversidade na prestação desses serviços valiosos, nem sobre as compensações causadas pelas decisões de gerenciamento (Van der Meulen *et al.*, 2016) e isso se reflete na educação básica também.

Apesar de todo o potencial pedagógico e da curiosidade natural que as pessoas possuem sobre a Terra, o ensino das Geociências é pouco ou mal explorado nos currículos do Ensino Básico tanto no Brasil como em Portugal. Além disso, a literatura explora as questões das Geociências de forma tradicional e técnica o que dificulta a assimilação da importância dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela geodiversidade que sustentam o atual estilo de vida de grande parte da população humana.

Diante das questões acima levantadas e pela carência de recursos didáticos de caráter interdisciplinar na área das Ciências Naturais, especialmente no que se refere aos temas relacionados com o papel da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos, propõe-se a produção de um material pedagógico de publicação online de modalidade literária paradidático/ludodidático informativo dirigida ao público juvenil de idade entre 8 e 12 anos.

A produção deste material tem como objetivo despertar o interesse dos leitores através de temas que relacionem a Geodiversidade com diversos segmentos da sociedade e comuns ao cotidiano, contribuindo assim para a divulgação e popularização dos serviços geossistêmicos, bem como para o enriquecimento cultural e melhorias na qualidade do ensino pré-universitário. Por fim, pretende-se conscientizar os leitores mais jovens a respeito das consequências de nossas atividades e consumo.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo fundamental**

Divulgar a geodiversidade ao público não especialista com idade entre 8 e 12 anos, usando o modelo dos serviços dos ecossistemas; os temas a abordar explicam quer os valores que sustentam o bem-estar humano, quer as causas de grandes catástrofes naturais.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Discutir o estado de literacia em geodiversidade da população juvenil.
- Definir temas de abordagem aos valores e usos da geodiversidade seguindo o modelo dos serviços dos ecossistemas.
- Desenvolver uma “publicação online” de divulgação da geodiversidade, de leitura fácil, dirigida a um público juvenil.

## **1.2 METODOLOGIA**

O presente trabalho teve como principal procedimento metodológico a realização de uma revisão e análise bibliográfica de trabalhos que abordam os temas: geodiversidade, serviços ecossistêmicos, ensino básico, ensino pré-universitário, literacia científica, comunicação científica e fundamentos editoriais.

Nesta revisão a busca por informações teve como propósito descobrir se as contribuições e relevância da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos são



apropriadamente apresentadas e discutidas no ensino básico comparando Brasil e Portugal. Se não, como fazê-lo?

Considerando isto, foi realizada uma comparação entre os conteúdos curriculares do Brasil e de Portugal e uma análise bibliográfica sobre serviços geossistêmicos e sua relação com a literacia em Ciências da Terra frente à demanda cada vez maior por recursos providenciados pela geodiversidade. Os dados permitem observar as diferenças nas ofertas educativas e suas repercussões no estado de literacia em geodiversidade da população juvenil.

A partir disto, foi elaborado uma ferramenta pedagógica em formato de livro informativo de publicação online com texto de fácil leitura, dirigida a um público juvenil de idade entre 8 e 12 anos.

## 2 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A conservação da natureza deveria constituir uma atividade incondicional da nossa espécie. Todos nós deveríamos compreender que toda a forma e estrutura de sustentação da vida deve ser respeitada e protegida simplesmente pelo fato de existir. Além disso, razões éticas e morais também deveriam ser suficientes para justificar políticas de conservação.

Entretanto, os sistemas capitalistas veem a natureza como um conjunto de recursos a ser explorado ou usado como sumidouro de resíduos descartados em benefício da espécie humana. Partindo de uma visão antropocêntrica, tornou-se fundamental identificar a natureza como um capital dotado de imenso valor que sustenta todos os demais. Esse novo status passa a ser usado com um forte argumento para que a natureza não seja vista como um objeto a ser saqueado, mas vista como meio de gerar e distribuir ganhos econômicos e sociais.

*“Dada a grande escala de atividades humanas no planeta, chegou-se a um ponto no qual as perdas cumulativas nos serviços ecossistêmicos estão forçando a sociedade a pensar em como incorporar o valor destes serviços na tomada de decisões societária (TEEB, 2010, p.4)”.*

A partir do século XX, lançou-se mão das mesmas expressões usadas pelo modelo econômico e político dominante no mundo para chamar atenção para a importância dos bens naturais. Através de demonstrações, por meio de atribuição de valores monetários, dos benefícios de conservar dos ecossistemas e dos prejuízos financeiros causados pela degradação deles, tornou-se possível justificar a conservação do capital natural para tomadores de decisão.

O capital natural é um termo que designa a totalidade dos recursos bióticos e abióticos oferecidos pelo ecossistema terrestre que suporta o sistema econômico, os quais contribuem direta e indiretamente para o bem-estar humano (Andrade e Romeiro, 2009). O capital natural também é classificado quanto à capacidade de renovação dos recursos, ou seja, se são renováveis ou não-renováveis. Todavia, sua habilidade de renovação é comprometida quando a taxa de extração supera a reprodução natural do elemento do capital natural (Costanza e Daly, 1992).

A progressiva escassez do capital natural indica uma necessidade de adoção de políticas que fomentem sua preservação através da prática de um “desenvolvimento sustentável”, cuja definição mais usual é dada pelo Relatório Brundtland, que o define como “aquele desenvolvimento que permite às gerações presentes satisfazerem suas necessidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias” (Brundtland, 1987).

As interações entre as componentes do capital natural desempenham as chamadas “funções ecossistêmicas”. Alguns exemplos destas funções são a transferência de energia, a ciclagem de nutrientes, a regulação de gases, a regulação climática e do ciclo da água. Essas funções são reconceitualizadas como serviços ecossistêmicos quando os processos naturais subjacentes às suas interações desencadeiam uma série de benefícios direta ou indiretamente apropriáveis pelo ser humano.

Os serviços ecossistêmicos são definidos como:

- As condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem sustentam a vida humana (Daily, 1997).
- Os benefícios das populações humanas derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas (Constanza *et al.*, 1997).
- Os benefícios que os homens obtêm dos ecossistemas (MEA, 2005).

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005) classifica os serviços ecossistêmicos em quatro categorias: serviços de provisão, serviços de regulação, serviços culturais e serviços de suporte (Figura 1).



Figura 1 – Categorias dos serviços ecosistêmicos e exemplos.  
 Fonte: Elaborado a partir de (MEA, 2005).

Os serviços de suporte são aqueles necessários para a produção de todos os outros serviços ecosistêmicos. Eles se diferenciam das demais categorias na medida em que seus impactos sobre o bem-estar humano são indiretos e/ou ocorrem no longo prazo (Andrade e Romeiro, 2009). Como exemplos, dispersão de sementes, produção primária (fotossíntese), produção de oxigênio atmosférico, formação e retenção de solo, ciclagem de nutrientes, ciclagem da água e provisão de habitat.

Os serviços de provisão compreendem os produtos obtidos dos ecossistemas como: alimentos e fibras, matéria prima para construção e combustível (madeira, biomassa e óleos), recursos genéticos, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais e água.

A sua sustentabilidade depende do uso moderado de seus recursos de forma que evite exceder os limites impostos pela capacidade de suporte do ambiente natural (física, química e biologicamente), de maneira que não comprometa permanentemente a integridade e o funcionamento apropriado dos processos naturais.

Os serviços de regulação compreendem as funções dos ecossistemas como reguladores das condições ambientais naturais, como: manutenção da qualidade do ar, regulação climática, regulação de doenças, controle de pragas, regulação de cheias, controle

de erosão, purificação de água, tratamento de resíduos, controle biológico, polinização, dispersão de sementes e amortecimento de desastres naturais.

Os serviços culturais representam os benefícios imateriais que os ecossistemas oferecem e incluem: a diversidade cultural influenciada pela diversidade dos ecossistemas, valores religiosos e espirituais, produção de conhecimento (formal e tradicional), valores educacionais e estéticos, recreação, saúde física e mental, turismo ecológico etc.

Atualmente, a transformação de ecossistemas biologicamente heterogêneos em monoculturas, o alargamento de grandes áreas urbanizadas, a expansão e melhoramento das condições de transporte e a globalização econômica mundial, têm causado danos às ligações entre ecossistemas e diversidade/identidade cultural (Andrade e Romeiro, 2009). Originalmente, as sociedades se desenvolveram a partir de uma interação íntima com o meio natural, o que delineou toda a diversidade cultural que temos.

Também os ciclos de vários nutrientes importantes para o suporte da vida têm sido significativamente alterados pelas atividades antrópicas ao longo dos últimos dois séculos, impactando os serviços ecossistêmicos e o próprio bem-estar humano. Assim, observa-se que a aplicação de terminologias econômicas para explicar a natureza tem como objetivo mostrar a imprescindibilidade de uma gestão sustentável do capital natural de modo a salvaguardar sua capacidade de gerar serviços essenciais de suporte à vida. Portanto, a reversão da degradação do capital natural somada a uma boa administração de seus recursos contribui para o incremento dos fluxos de serviços ecossistêmicos, procedimentos imprescindíveis a qualquer projeto que vise aumentar a qualidade de vida das populações e acelerar o processo de desenvolvimento (Andrade e Romeiro, 2009).

Além das mudanças dramáticas nos ecossistemas, o mundo também testemunhou mudanças igualmente profundas nos sistemas sociais que moldam as pressões sobre os ecossistemas e as oportunidades de resposta (MEA, 2005). A influência relativa de cada estado-nação diminuiu com o crescimento do poder e da influência de uma gama muito mais complexa de instituições interessadas, incluindo governos regionais, empresas multinacionais, Nações Unidas e organizações da sociedade civil, que passaram a se envolver mais na tomada de decisões. Graças aos múltiplos atores cujas decisões agora influenciam fortemente os ecossistemas, o desafio de fornecer informações precisas e relevantes aos tomadores de decisão aumentou (Veltmeyer, 2008).

Em face do exposto anteriormente, consideramos que primeiramente é fundamental a articulação das disciplinas científicas num esforço comum de geração de dados sobre oferta e demanda de serviços ecossistêmicos. Este esforço é necessário pois ainda são deficientes as informações detalhadas sobre como os diferentes elementos estruturais do capital natural interagem tanto para beneficiar como prejudicar o bem-estar humano. Essa “falha de informação” é uma das razões pelas quais o financiamento para a conservação do capital natural ainda é insuficiente (Turner e Daily, 2008).

Por fim, mas não menos relevante, é necessário investir no aumento da qualidade da educação, principalmente na área de Ciências Naturais, Biologia e Educação Ambiental que são disciplinas que podem oferecer uma oportunidade sem precedentes para que as informações sobre os ecossistemas façam uma grande diferença no mundo.

### 3 SERVIÇOS GEOSISTÊMICOS OU SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS ABIÓTICOS

*Apesar da crescente conscientização sobre a importância dos ecossistemas e da biodiversidade para o bem-estar humano, a perda da biodiversidade e a degradação dos ecossistemas continuam ainda em grande escala. São necessárias mudanças fundamentais na maneira como a biodiversidade, os ecossistemas e seus serviços são percebidos e valorizados pela sociedade (TEEB, 2010, p.4).*

Os conceitos de biodiversidade e serviços ecossistêmicos tornaram-se amplamente estabelecidos e adotados dentro e fora dos círculos de conservação da natureza. Mas a natureza biótica é apenas parte da natureza. A existência e a importância da natureza abiótica muitas vezes passam despercebidas e são certamente subvalorizadas (Gray, 2011). Um exemplo disso é a Avaliação Ecosistêmica do Milênio, lançada em 2005 como uma estratégia de classificação e quantificação de valores naturais a ser utilizada pelos decisores políticos, mas que acaba por menosprezar os valores da geodiversidade.

A Biologia define ecossistema como “o conjunto formado por comunidades bióticas e fatores abióticos que interagem entre si, originando uma troca de matéria” (Ricklefs, 2010). Seus componentes abióticos não recebem a devida importância quando o assunto é preservação da natureza e sustentabilidade mesmo sendo os responsáveis pelo fornecimento de água, solo e nutrientes, regulação de radiação solar e controle de temperatura, fatores fundamentais para a sobrevivência dos organismos. Além disso, 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 (Pereira *et al.*, 2019).

*“Foram os recursos da geodiversidade e sua brilhante utilização por parte dos humanos que permitiram a evolução da sociedade moderna” (Gray, 2011).*

*“O gênio humano foi o responsável por dar utilidade à geodiversidade, desde os primórdios da Idade da Pedra, quando o sílex era utilizado para caça, até os dias atuais, em que muitas das mais de 3500 espécies minerais são empregadas nos mais diversos usos pela sociedade” (Galopim de Carvalho, 2007).*

Brilha (2005) e Gray (2013) definem a geodiversidade como a variedade natural de elementos geológicos (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, topografia, processos físicos), do solo, hidrológicos e outros depósitos superficiais que constituem a base para a vida na Terra.

Apesar da importância da geodiversidade para o bem-estar humano e para os demais seres vivos do planeta, sua preservação e/ou conservação dependerá diretamente de atribuição de valor (Nascimento *et al.*, 2008). De acordo com este raciocínio, Gray (2004) propôs a classificação dos valores da geodiversidade como: intrínseco, funcional, científico, econômico, cultural, estético e educativo e mais 32 subvalores para os elementos abióticos da natureza.

Baseando-se na Avaliação Ecosistêmica do Milênio, em 2005, que teve como objetivo avaliar as consequências das mudanças nos ecossistemas e dar base científica para ações necessárias para melhorar a conservação dos sistemas e a sua contribuição para o bem-estar humano, emergiu um outro sistema de valorização da geodiversidade passando a ter como base os serviços ecossistêmicos como forma de descrever a contribuição da natureza abiótica para a qualidade de vida no planeta. Gray (2013) definiu assim um sistema de valoração para a geodiversidade composto por um valor (intrínseco), cinco serviços (regulação, suporte, provisão, cultural e conhecimento) e 25 bens e processos.

Nos trabalhos de Brilha *et al.* (2018) e Pereira *et al.* (2019) o serviço de conhecimento, gerado a partir dos estudos científicos sobre a dinâmica da Terra, foi inserido no serviço cultural, mantendo o número de quatro grupos classificados pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio.

Os serviços de suporte prestados pela geodiversidade (Tabela 1) referem-se à disponibilização de recursos para o desenvolvimento das atividades da biota do planeta (serviços abióticos dos ecossistemas) e das atividades humanas (serviços de apoio direto ao bem-estar humano). Esses recursos são: solo, água, habitats, plataformas, aterros e estruturas de armazenamento.



Tabela 1 - Exemplos de serviços fornecidos pela geodiversidade (Pereira *et al.*, 2019).

| Serviços dos ecossistemas              | Divisão   | Benefício  | Proveniente   | Tipo        |                |
|--|---|--|---|-------------|----------------|
| Regulação                              | Atmosfera   | Circulação dinâmica  | Eco/<br>Humano  | Bio/<br>Geo |                |
|  |   | Química da atmosfera   |   |             |                |
|  |   | Qualidade do ar e regulação do clima   |   |             |                |
|  |   | Ciclo hidrológico  |   |             |                |
|  | Geosfera/<br>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  |  |   |             |                |
| Suporte                                | Solo  | Meteorização da rocha e desenvolvimento do solo para a agricultura e floresta  | Eco/<br>Humano  | Bio/<br>Geo |                |
|  |   | Fornecimento de habitat  |   |             |                |
|  | Água  | Suporte de vida  | Eco   |             |                |
|  |   | Diversidade de habitat   |   |             |                |
|  |   | Plataforma de transporte   |   |             | Humano         |
|  | Rochas e<br>geoformas<br>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<br>geoformas<br>subterrâneas  | Aterros e armazenamento (aterros sanitários, armazenamento de resíduos radioativos, cemitérios) |             |                |
|  | Estabelecimento de habitat (cavidades)                  |  |   |             |                |
|  | Provisão  | Nutrientes   | Nutrientes inorgânicos essenciais à vida  |             | Eco/<br>Humano |
| Alimentos e<br>bebida                  |   | Água doce e água mineral   | Humana  | Geo         |                |
|  |   | Sal  |   |             |                |
| Água                                   |   | Uso agrícola, industrial e doméstico   |   |             |                |
| Materiais de<br>construção             |   | Pedra de construção e ornamental   |   |             |                |
|  |   | Cimento, areia, ...  |   |             |                |
|  |   | Aço, ...   |   |             |                |
| Minerais<br>industriais e<br>metálicos |   | Vidro, ...   |   |             |                |
|  |   | Veículos, computadores, telemóveis, eletrodomésticos   |   |             |                |
|  |   | Baterias, ...  |   |             |                |
|  |   | Fertilizantes, fármacos, ...   |   |             |                |
|  |   | Cerâmica, plásticos, refratários, papel  |   |             |                |
| Recursos<br>energéticos                |   | Próteses, implantes, instrumentos cirúrgicos, ...  |   |             |                |
|  |   | Petróleo e gás natural   |   |             |                |
|  |   | Carvão   |   |             |                |
|  |   | Urânio   |   |             |                |
|  |   | Energia geotérmica   |   |             |                |
| Produtos<br>ornamentais                | Energia hidroelétrica                                   |  |   |             |                |
|  | Pedras preciosas, joalheria (ouro, prata, platina, ...) |  |   |             |                |
| Cultural                               | Bem-estar e<br>saúde                                    | Termalismo   | Humano  | Geo         |                |
|  |   | Inspiração artística   |   |             |                |
|  | Recreação   | Diversidade da paisagem (turismo de praia, montanha...)  |   |             |                |
|  |   | Desporto   |   |             |                |
|  | História  | Locais sagrados e históricos   |   |             |                |
|  |   | Uso da pedra em monumentos e outras construções  |   |             |                |
|  | Conheci-<br>mento                                       | Origem e evolução da Terra   |   |             |                |
|  |   | Origem e evolução da vida  |   |             |                |
| Paleoclimas e paleoambientes           |   |  |   |             |                |

O desenvolvimento do solo se dá a partir do intemperismo das rochas associado a pequenas quantidades de matéria orgânica, ar e água. Seus diferentes perfis pedológicos possibilitam o estabelecimento de grande variedade de vegetação (produção primária) e favorece o cultivo de uma gama de plantas (agricultura) usadas pelo ser humano, de alimento a biocombustível. Além disso, é um componente fundamental dos ecossistemas pois garante: o crescimento e a sustentação da biosfera, a manutenção do ciclo da água, funcionando como filtro depurador e reservatório de armazenamento, e a ciclagem de nutrientes e de energia no ambiente.

A água, por ser um elemento extremamente versátil, desempenha funções em todos os serviços. Por ser um recurso abiótico renovável fundamental na origem, evolução e manutenção da vida, torna-se o foco principal na exploração espacial, uma vez que sua presença atua como indicador de condições propícias à vida. Para mais, de acordo com Pereira *et al.* (2019), 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. A água tem outros usos, pelo que é também enquadrada em serviços de regulação (importância ambiental), suporte (navegação) e cultural (recreação).

Diversas espécies de animais e plantas utilizam os aspectos abióticos da natureza como planícies, montanhas, planaltos e vales formados de uma grande variedade de rochas, para estabelecer seus habitats. Além disso, isolamentos provocados por especificidades da rocha e do solo, pela tectónica e por imposições geomorfológicas causam endemismo que resulta em uma grande diversidade biológica.

O relevo, aspecto 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 dar suporte às atividades humanas (Pereira *et al.*, 2019), tais como: instalação de barragens, estruturas de defesa (castelos e fortificações), parques eólicos, aeroportos, pistas de esqui, aterros sanitários, de cemitérios, depósitos de resíduos radioativos, depósitos de materiais genéticos, laboratórios de alta tecnologia, etc.

Os serviços de regulação prestados pela geodiversidade (Tabela 1) referem-se aos processos que desempenham o controle natural das condições ambientais, tais como: processos climáticos, ciclo hidrológico, ciclo do carbono, controle de inundação, qualidade da

água e dos solos etc. Esses serviços controlam a disponibilização destes recursos, sua quantidade e qualidade (Silva e Nascimento, 2016).

A regulação climática está ligada ao ciclo da água e do carbono o que possibilita a manutenção da vida no planeta. A absorção de energia solar desencadeia os movimentos de circulação da água nos oceanos e na atmosfera. A precipitação, por sua vez, transporta sedimentos, nutrientes e CO<sup>2</sup> para grandes corpos d'água e/ou para os solos. O excesso de água será filtrado naturalmente pelas rochas e em seguida armazenado em lençóis freáticos o que reduz o risco de inundações e, também, garante o fornecimento de água subterrânea que permite a permanência de rios após longos períodos de seca.

Já no ciclo do carbono, o CO<sup>2</sup> presente na atmosfera age como um gás de efeito estufa regulando a temperatura do planeta. Os íons de carbono fazem parte da constituição das moléculas orgânicas de todo ser vivo da Terra compondo toda sua biomassa. Também está contido no ciclo das rochas, no qual combustíveis fósseis, rochas carbonáticas, atividade vulcânica e o intemperismo são elementos importantes de armazenamento, lixiviação, liberação e precipitação de íons de carbono.

Além disso, o ciclo das rochas é responsável por uma constante renovação das características litológicas e morfológicas da crosta terrestre. Isso porque a modelagem da paisagem pelos processos geomorfológicos também consta como serviço de regulação (Silva, 2016).

Os serviços de provisão prestados pela geodiversidade (Tabela 1) referem-se aos bens materiais utilizados pelas sociedades humanas na construção de seu bem-estar. De todos os serviços, é o que apresenta importância clara devido a capitalização de seus recursos que passam a ser tratados como produtos.

Segundo Brilha *et al.* (2018), os serviços abióticos de provisão são divididos em: recursos renováveis como a água e nutrientes inorgânicos; e recursos não renováveis como rochas e minerais industriais, minerais metálicos e combustíveis fósseis.

A construção civil é dependente de uma grande variedade de materiais geológicos devido às suas diversas características. São rochas de construção para estrutura e ornamento, agregados para concreto, calcário para cimentos, argila para tijolos e telhas, gipsita para gesso, areia para vidro ou betume para asfalto, entre outros.

Da mesma maneira, a indústria é totalmente dependente dos recursos abióticos não-renováveis (mineração). Na primeira revolução industrial a dependência foi por ferro e carvão

mineral [28]. Na segunda revolução Industrial a dependência foi por petróleo e aço (ferro mais carbono) [29]. Na terceira revolução Industrial a dependência foi por metais básicos (cobre, ferro e bauxita-alumínio) e raros (platina, cromo, titânio, urânio, plutônio) que estavam associados à energia nuclear, à exploração espacial e aos equipamentos eletrônicos [30]. Atualmente, estamos entrando na quarta revolução industrial conhecida como “Era Digital”. E o digital é mais do que nunca dependente dos recursos abióticos não-renováveis pois consome muitos metais, principalmente os terras-raras [31].

A geodiversidade também fornece solos para produção de alimentos, rochas para filtragem e armazenamento de água doce, sal marinho e mineral para alimentação e outros fins, e minerais extraídos e beneficiados para uso na medicina e cosmética.

Os serviços culturais prestados pela geodiversidade (Tabela 1) referem-se às relações da sociedade aos aspectos abióticos do ambiente por seu significado social ou comunitário (Silva, 2016). Os serviços culturais prestados pela geodiversidade são: apelo estético, inspiração artística, recreação e lazer (geoturismo), experiências espirituais, significado cultural e histórico, desenvolvimento social. Há, também, o conhecimento científico gerado a partir da utilização da natureza abiótica como sala de aula e laboratório nos estudos sobre as características e evolução do planeta Terra e da vida.

Neste contexto dos serviços culturais, revela-se a importância da inventariação e conservação do patrimônio geológico, constituído pelo conjunto de geossítios com grande relevância científica de uma região. No caso dos sítios de geodiversidade que não apresentam valor científico, estes podem revelar valor educativo e/ou turístico, pelo que deverão também ser alvo de medidas de inventariação, conservação, promoção e proteção legal, com planos de gestão adequados e considerados em planos de ordenamento territorial (Pereira *et al.*, 2019). Nota-se que as consequências negativas do aumento na exploração dos recursos naturais do planeta estão causando o despertar da atenção da comunidade internacional. Porém, essa conscientização está se voltando apenas para as contribuições dos serviços bióticos e abióticos extrativos fornecidos pelos ecossistemas para o bem-estar humano havendo, por parte dos organismos internacionais, uma negligência aos benefícios prestados pelos elementos da geodiversidade.

A desconsideração das atividades de manutenção das condições físicas naturais que regulam o planeta, dos elementos geológicos que suportam as condições de vida, do

fornecimento das mais variadas matérias-primas e sua aplicação no desenvolvimento cultural apresenta um risco para a manutenção da vida, assim como, da sociedade humana.

Torna-se extremamente necessária a consciencialização e sensibilização da sociedade e dos responsáveis políticos e gestores para o papel imprescindível da natureza abiótica e da necessidade da elaboração de estratégias de geoplanejamento e geoconservação nos planos de desenvolvimento sustentável determinado pela ONU.

#### 4 GEOCONSERVAÇÃO E GEOPLANEJAMENTO

No texto anterior foram explicitadas as várias contribuições dos elementos abióticos da natureza (geodiversidade) para o fornecimento de serviços ecossistêmicos que, direta ou indiretamente, garantem o bem-estar humano. Alguns recursos são extrativos (não renováveis) e de grande valor e interesse econômico e outros, recursos não extrativos (renováveis), que proporcionam benefícios à sociedade sem que sejam removidos dos locais de ocorrências originais.

Tanto os recursos extrativos quanto os não extrativos demandam uma gestão sustentável e nesse contexto surgem os conceitos de geoplanojamento e de geoconservação. As ações de geoplanojamento têm como objetivo desenvolver estratégias cujas técnicas de exploração e beneficiamento implementadas sejam as mais adequadas e rentáveis possíveis com o mínimo de impactos ambientais negativos associados. Por outro lado, no caso da geoconservação o objetivo é desenvolver estratégias que assegurem a conservação do patrimônio geológico, ou seja, das ocorrências notáveis da geodiversidade com valor científico, educativo e turístico.

A contribuição da geodiversidade para o fornecimento de serviços de provisão está diretamente relacionada ao uso econômico de recursos extrativos como minerais, rochas e combustíveis fósseis que são explorados para serem posteriormente processados como matéria-prima.

A mineração é a força vital da economia mundial. De acordo com a World Mining Data em 2019 extraíram-se 17,2 trilhões ( $17,2 \times 10^{12}$ ) de quilogramas de matéria-prima, incluindo minerais de ferro e ligas de ferro, metais não ferrosos, metais preciosos, minerais industriais e combustíveis minerais (Tabela 2).

Tabela 2 - Grupos dos principais minerais produzidos no mundo de acordo com a World Mining Data em 2019.

| <b>Grupo de Minerais</b>         | <b>Elementos</b>   |
|----------------------------------|--|
| Metais de ferro e ligas de ferro | Ferro, Cromo, Cobalto, Manganês, Molibdênio, Níquel, Nióbio, Tântalo, Titânio, Tungstênio, Vanádio   |
| Metais não ferrosos              | Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bauxita, Berílio, Bismuto, Cádmio, Cobre, Gálio, Germânio, Índio, Chumbo, Lítio, Mercúrio, Minerais de Terras Raras, Rênio, Selênio, Telúrio, Estanho, Zinco   |
| Metais preciosos                 | Ouro, Metais do Grupo Platina (Paládio, Platina, Ródio), Prata   |
| Minerais Industriais             | Amianto, Barita, Bentonita, Minerais de Boro, Diamante (Gema / Industrial), Diatomita, Feldspato, Fluorita, Grafite, Gesso e Anidrita, Caulim (Argila-China), Magnesita, Perlita, Fosfatos (incl. Guano), Potassa, Sal, Enxofre, Talco (incluindo Esteatita e Pirofilita), Vermiculita, Zircão |
| Combustíveis minerais            | Carvão a vapor (incluindo antracite e carvão sub-betuminoso), carvão metalúrgico, linhito, gás natural, petróleo bruto, areias petrolíferas, xisto betuminoso, urânio  |

Para além da mineração o geoplanejamento também deve cuidar do planejamento espacial dos territórios, uso e ocupação do solo, geologia ambiental, mapeamento geológico, geotecnia, levantamento geofísico, avaliação do potencial hídrico subterrâneo, entre outras atividades. A fase de geoplanejamento deve indicar os melhores locais para o desenvolvimento de agricultura, para o desenvolvimento da urbanização, onde implantar estações de tratamento de água e de esgoto, melhores pontos para construção de represas, regiões mais seguras para disposição final de resíduos sólidos (aterros), entre outros.

O geoplanejamento poderá ser observada como uma área de Geociências que requer informações sobre situações do passado, presente e futuro para trabalhar com diferentes dimensões espaciais, sejam elas distintas por escala (global, nacional, regional, urbana, local) ou por setor (transporte, energia, saúde, educação). Atualmente, a geotecnologia fornece as ferramentas de suporte ao planejamento que somadas ao conjunto de dados gerados pela geoinformação podem ser usados com máximo aproveitamento na busca por uma melhor elaboração de novas estratégias para desenvolvimento econômico regional, inovações, transportes integrados e uso da terra, sustentabilidade ambiental e melhorias na qualidade de vida possam ser formuladas e implementadas.

No passado, o sucesso ou fracasso do resultado dependia exclusivamente da precisão dos especialistas profissionais da área de planejamento. Hoje, existem muitos casos de maior colaboração entre as partes interessadas diretamente envolvidas e/ou afetadas pelo processo de elaboração do plano. Dessa maneira, o planejamento não é mais uma tarefa exclusiva das agências governamentais; tornou-se um acordo organizacional, financeiro e responsivo em uma parceria entre o público e o privado cuja implementação satisfatória do plano depende

de uma cooperação bem-sucedida entre todas as partes envolvidas (Geertman and Stillwell, 2000).

Por fim, o ordenamento territorial que era visto principalmente como a tarefa de um grupo seletivo de especialistas evoluiu para uma tradição/atividade de planejamento participativo. Concluiu-se que era necessário planejar “com” o público ao invés de planejar “para” o público, permitindo que todo cidadão tenha voz ativa dentro do processo de planejamento. Tais circunstâncias, exigem uma população cientificamente alfabetizada em Geociências e com acesso a material de informações científicas com linguagem adequada.

Por outro lado, alguns recursos geológicos podem proporcionar benefícios à sociedade sem que sejam removidos do local de ocorrência original. Isso significa uma utilização *in situ* de rochas, minerais, fósseis, solos e formas de relevo para tipos específicos de usos, como ciência, educação e, também, como um recurso econômico. Este tipo de recurso é habitualmente designado de patrimônio geológico e deve ser alvo de medidas de geoconservação anunciadas anteriormente. Para Sharples (2002), a geoconservação tem como objetivo preservar os representantes da diversidade natural (geodiversidade) de aspectos significativos e a continuidade dos processos geológicos (substrato), geomorfológicos (relevo) e pedológicos (solos), garantindo a manutenção das taxas e magnitudes naturais de mudança.

Grande parte do foco na conservação da natureza está nos seres vivos - biodiversidade. No caso da Geoconservação, o foco é na conservação de partes abióticas do ambiente natural que por sua vez fornece a variedade de ambientes e pressões ambientais que influenciam diretamente a biodiversidade. A degradação do ambiente físico, em especial do relevo, dos solos e das águas, terá um impacto adverso nas espécies e comunidades biológicas que vivem nelas ou sobre elas. Por esse motivo também precisam de um gerenciamento adequado.

Além disso a geoconservação também possui uma face econômica. O geoturismo é uma atividade turística baseada na geodiversidade que promove sua valorização e impulsiona o desenvolvimento socioeconômico da comunidade residente local ao mesmo tempo em que se empenha em assegurar sua conservação.

As ameaças aos recursos abióticos surgem em diversas escalas e graus como: exploração de recursos geológicos (mineração), desenvolvimento de obras e estruturas (arranha-céus, tuneis, barragens etc.), transposição de bacias hidrográficas, florestamento,



desmatamento, agricultura, atividades militares, atividades recreativas (coletas), turismo e a iliteracia cultural.

Como já foi discutido antes, a geodiversidade possui uma gama de valores e serviços ecossistêmicos importantes e dignos de proteção, cujos recursos e processos são sensíveis a perturbações e que, em áreas sujeitas a atividades humanas, podem ser facilmente degradados se não forem gerenciados adequadamente. Além disso, dentre os elementos da geodiversidade existem artefatos e fósseis que são insubstituíveis se degradados.

Brilha (2005), aponta que a necessidade de subsistência da espécie humana, com os atuais padrões de vida de uma sociedade industrializada, obriga a utilização da geodiversidade e, em alguns casos, a sua destruição.

A Geoconservação assegura a manutenção das ocorrências geológicas e, por esse motivo, pode ser considerada uma forma de gestão sustentável de recursos naturais não extrativos. Juntamente com uma gestão correta dos recursos naturais extrativos - geoplanejamento -, os governos podem administrar adequadamente toda a geodiversidade e seus recursos geológicos (Figura 2), o que é absolutamente essencial para o nosso futuro comum (Brilha *et al.*, 2018).



Figura 2 - Geodiversidade no contexto de Gestão de Georecursos.  
(modificado de Brilha et al., 2018).

Independentemente dos recursos a serem geridos, a sociedade precisa estar conscientizada a respeito da importância dos elementos abióticos do ecossistema para a manutenção da vida e para a garantia do bem-estar de todos. Para isso é imperativa a necessidade pela divulgação, popularização e ascensão da literacia em Ciências da Terra ou Geociências.

## **5 REGIME NATURAL DE VIDA E MORTE NO PLANETA E AS IMPLICAÇÕES DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS**

Sabe-se que o surgimento da vida na Terra dependeu de elementos diretamente fornecidos pela geodiversidade na forma de ingredientes, processos, meio e circunstâncias. Gases liberados pela tectônica, as micropartículas (micro e macronutrientes) produzidos pelo intemperismo e erosão, o ciclo da água propulsionado pelo calor irradiado pelo planeta associado ao calor irradiado pelo Sol e descargas elétricas causadas por um clima extremo deram origem a vida.

A mesma geodiversidade que proporcionou meios para o surgimento da vida também, através da morte, estimula renovação. Extinções em massa são eventos mortais que abrem espaço para o surgimento de novas formas de vida.

Hoje já sabemos que as extinções são processos constantes que exigem uma adaptação contínua das espécies mesmo na melhor das épocas. Charles Darwin demonstrou que as interações das espécies com o meio que as cercam geram pressões seletivas que levam estes organismos a adaptação, ocasionando mudanças morfológicas através das gerações (Darwin, 2014). Extinções são dispositivos evolutivos que abrem continuamente os nichos para espécies novas, abastecendo desse modo o motor da seleção natural e do crescimento da diversidade biológica, que sempre cresceu, por vezes não continuamente, desde o surgimento da vida a 3,8 bilhões de anos atrás.

Desta forma temos, então, extinções de menor escala (pseudoextinção e extinção de fundo) e extinções em larga escala (extinções em massa).

A Pseudoextinção ou extinção filética é caracterizada pelo processo em que descendentes de uma população original se modificam ao ponto de serem considerados como uma nova espécie, enquanto a espécie original passa a ser considerada extinta. Com base nesse processo contínuo de mudança, costuma-se estimar que as espécies tendem a durar em média, entre 1 e 15 milhões de anos, tempo após o qual os indivíduos já estariam tão distintos da forma original que passariam a ser um novo táxon (Kemp, 1999).

As Extinções decorrentes das interações entre os organismos vivos ou extinção de fundo é caracterizada por fatores, como competição por recursos, predação excessiva,

escassez de alimentos, irradiação de doenças ou modificações na qualidade do ambiente (por exemplo, mudanças climáticas, modificações do habitat) que podem reduzir a aptidão reprodutiva dos indivíduos de uma espécie, podendo levar a população a um nível que a torne incapaz de se manter (Jablonski, 2001, Begon *et al.*, 2007).

Segundo Jablonski (2001), um evento é considerado como de extinção em massa [1] quando a taxa de extinção aumenta abruptamente num curto intervalo de tempo, ocorrendo numa extensão global, envolvendo grande variedade de organismos. Pievani (2014) ressalta ainda a aleatoriedade na seleção de sobreviventes e a alta velocidade com que estas extinções ocorrem (poucos milhares de anos até 10 milhões de anos para todo o processo).

Os eventos de extinções em massa se repetiram diversas vezes ao longo da história do planeta. A geologia registrou, desde o final do Pré-Cambriano (570 milhões de anos atrás) até o Pleistoceno (cerca de 12 mil anos atrás), cerca de cinco grandes extinções globais Donovan (1994). Estes momentos foram marcados por apresentarem taxas de extinção acima que 75% das espécies estimadas como viventes em cada período (Barnosky *et al.*, 2011).

O estudo das extinções em massa tem atraído uma maior atenção dos pesquisadores nas últimas décadas e parece claro que eles não foram determinados por uma única causa, e o rol dos agentes potenciais que podem ter sido os responsáveis por estas extinções, começa com causas terrestres de grande escala (deriva continental, vulcanismo, tectônica) e chega aos componentes extraterrestres (impacto de meteoros).

Das componentes extraterrestres, temos as quatro maiores crateras encontradas no planeta Terra ( $\geq 100$  km de diâmetro, energias de impacto  $\geq 3 \times 10^7$  Megatoneladas trinitrotolueno [TNT]) que podem ser vinculadas a eventos de extinção reconhecidos em 36, 66, 145 e 215 milhões de anos (Ma), e com detritos de impacto distal estratigráfico correlacionados com as extinções (Rampino *et al.*, 2019).

Das componentes terrestres, temos 7 dos 11 principais episódios de derrames basálticos que podem ser correlacionadas com eventos de extinção em 66, 94, 120, 183, 201, 252 e 260 Ma.

Todos os sete co-eventos de extinção de derrames basálticos apresentam anomalias de mercúrio vulcanogênicas coincidentes no registro estratigráfico, também vinculados aos

principais períodos de anóxia generalizada nos oceanos dos últimos 260 Ma, apoiando uma conexão causal através do aquecimento climático induzido pelo vulcanismo.

Apenas no caso da extinção em massa do final do Cretáceo (66 Ma), existe uma coincidência aparente de uma cratera muito grande (Chicxulub - México) e uma erupção de derrame basáltico continental (Armadilhas de Deccan - Índia). Logo, os pontos de grande expressão da evolução, são quase invariavelmente coincidentes com alguma grande mudança geológica, e a correspondência é tão exata e tão frequente que as leis do acaso não podem ser aplicadas (Rampino *et al.*, 2019).

Resumindo, até então, os episódios de extinção em massa estão tipicamente relacionados a crises ambientais severas produzidas por fenômenos geológicos.

Desde os primórdios das civilizações, as atividades antrópicas têm influenciado significativamente as taxas de muitos dos processos naturais. Atuamos como um agente geológico que deve ser levado em conta junto aos processos naturais em estudos sobre os sistemas da Terra. À medida que as populações humanas e o consumo per capita de recursos naturais aumentam, também aumentam nossos impactos.

É muito pretencioso de nossa parte, dizer que a vida do planeta precisa ser salva quando na realidade a Terra nunca precisou de humanos para o desabrochar da vida. A vida sempre encontrou maneiras de prevalecer no confronto com caóticas mudanças ambientais e foi capaz de transcender a morte. A questão é, o *Homo sapiens* será capaz de sobreviver a uma brusca extinção em massa?

A queima de combustíveis fósseis, mudanças no uso da terra, práticas agrícolas e processos industriais contribuem para as mudanças climáticas globais. A construção de canais, barragens e diques alteram a distribuição de água e sedimentos. Despejos de esgoto, práticas agrícolas e processos industriais reduzem a qualidade da água e o uso excessivo de água para geração de energia elétrica e agricultura reduz a disponibilidade de água potável. Mudanças na superfície da terra, principalmente relacionadas com a agricultura e urbanização, alteram os ecossistemas e afetam muitos processos naturais, como a reposição das águas subterrâneas e os padrões climáticos. A degradação dos ecossistemas está causando um declínio mundial na biodiversidade cujas taxas de extinções são agora comparáveis às taxas de extinções em massa no passado geológico. Além disso, as atividades humanas aceleram os

processos de erosão da Terra em 10% (Mateus, 2008). Essas atividades incluem pavimentação urbana, remoção de vegetação, mineração de superfície, desvios de córregos e aumento da acidez da chuva.

Os cientistas usam o registro geológico, encontrado em rochas compactas, sedimentos de lagos, glaciares, estuários e oceanos, gelo e solos, para distinguir entre as influências naturais e humanas nos sistemas da Terra. Muitos dos impactos causados por atividades antrópicas são irreversíveis em escala de tempo humana. Conseqüentemente seremos vítimas de nós mesmos [2].

O solo é um recurso limitado e não renovável em escala de tempo humana. A degradação do solo vem se tornando cada vez mais preocupante. Isso porque a velocidade média de formação de uma camada de solo de 30 cm, leva de 1000 a 10000 anos para se completar, e de acordo com Mateus (2008) a velocidade de degradação é 2,5 vezes mais rápida. Como consequência, os ecossistemas sofrerão com a redução de fertilidade do solo, perda de nutrientes, redução da vegetação, desertificação, desequilíbrio ecológico, liberação de gases poluentes, contaminação de alimentos e problemas de saúde pública.

A impermeabilização do solo causado pela cobertura permanente da superfície de terrenos e do seu solo com materiais artificiais impermeáveis, como o asfalto e o cimento, estão afetando os serviços ecossistêmicos essenciais (como a produção de alimentos, a absorção de água, a capacidade de filtragem e de efeito tampão do solo) e a biodiversidade, o que leva a problemas sérios como inundações, enchentes e, ao mesmo tempo, quedas nos níveis de reservatórios de abastecimento de água (Comissão Europeia, 2012).

A água é o recurso mais importante para nossa sociedade e para a vida na Terra. Porém, o aumento da população humana, o desenvolvimento urbanístico e a expansão industrial ameaçam sua qualidade devido a degradação dos corpos d'água não só através dos despejos diretos, mas também devido a poluição vinda da atmosfera e do solo o que altera o seu ciclo natural.

Isso compromete não só o funcionamento da cadeia alimentar e dos ecossistemas, mas também atinge a oferta e qualidade de água potável no mundo. Atualmente, a cada 14 segundos, morre uma criança vítima de doenças hídricas e estima-se que 80% de todas as

moléstias e mais de um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento sejam causados pelo consumo de água contaminada (Moraes & Jordão, 2002).

A acidificação dos oceanos, o desmatamento de florestas, a industrialização e a exploração predatória de recursos vivos marinhos vêm causando uma grave alteração no ciclo biogeoquímico natural do carbono. A acidificação dos oceanos representa um fenômeno que ocorre a partir da absorção de grande quantidade de  $\text{CO}_2$  atmosférico causando o aumento nas concentrações de  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (ácido carbônico),  $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonato) e íons de  $\text{H}^+$  e a diminuição na concentração de  $\text{CO}_3^{2-}$  (carbonato) e do pH (Barros, 2011). Esse fenômeno causa inibição ou retardo na produção biológica da biota calcificadora e intensifica a dissolução de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) no fundo do oceano, afetando toda a biodiversidade e cadeia alimentar marinha, prejudica o turismo, ameaça a produção pesqueira de interesse comercial (e.g., peixes, crustáceos, moluscos), prejudica a proteção do litoral contra eventos extremos (e.g., tempestades) e interfere no processo natural de sequestro de carbono gerado pelo ciclo das rochas, pela litificação de conchas e outros compostos carbonáticos acumulados no fundo oceânico (Lima *et al.*, 2012).

As ações antrópicas geradas pela necessidade de ocupação e aproveitamento do espaço, para implantação das suas estruturas, atividades e da apropriação indevida dos recursos que um determinado habitat integro, representam os principais fatores destrutivos dos habitats.

São inúmeras as ameaças a que estão sujeitos os habitats da Terra, conduzindo à sua degradação e conseqüente destruição, assim como, prejuízos econômicos e socioambientais. As maiores pressões exercidas sobre os habitats, estão relacionadas com o turismo, a expansão urbana e agricultura, que atualmente ocupa 50% da área habitável do planeta (Alexander *et al.*, 2016). Os habitats que integram os ecossistemas litorais são ameaçados pelas construções de estruturas em cimento em pleno sistema dunar (casas, bares, hotéis etc.), pela extração de areias e pela circulação de veículos pelo terreno das praias. Os habitats que integram os ecossistemas florestais são ameaçados pelos desmatamentos causados pela extração ilegal de madeira e pela expansão das monoculturas e da pecuária. Os incêndios independentemente da sua origem e as queimadas, são também uma forma de destruição dos habitats, uma vez que destroem tanto componentes bióticos quanto abióticos, desencadeando fenômenos erosivos. Os ecossistemas de montanhas, morros e serras estão

ameaçados pela implantação de grandes estruturas, pela ocupação desordenada e pela remoção da cobertura vegetal causando severa erosão e intensificação do intemperismo o que leva a movimentos de massa desastrosos (MMA, 2011).

Além de diminuição da capacidade de regeneração, o planeta perde a competência no amortecimento de extremos aumentando a incidência de desastres naturais que constituem o resultado do impacto de um fenômeno natural extremo sobre um sistema socioeconômico, o que causa sérios danos materiais e vítimas que ultrapassam a capacidade de autorrecuperação das comunidades afetadas, exigindo recursos de assistência externa. Os desastres naturais resultam de processos naturais da Terra e incluem erupções vulcânicas, incêndios induzidos por raios, terremotos, tsunamis, deslizamentos de terra, inundações, furacões, secas, clima extremo, erosão costeira e impactos de cometas e asteroides.

As atividades antrópicas estão causando influência na frequência e intensidade de alguns eventos naturais como: inundações, deslizamentos de terra, secas, incêndios florestais e erosão. Os riscos aumentam à medida que as populações se expandem para áreas vulneráveis ou se concentram nelas. Estes eventos naturais, dos quais apresentamos em seguida alguns exemplos, moldam a história das sociedades alterando significativamente o tamanho das populações humanas.

## **Vulcões**

O Monte Vesúvio (Itália) provocou a ruína de Pompeia e Herculano há quase dois milênios [3][4].

Pesquisas científicas sugerem que uma das erupções do supervulcão Campi Flegrei (Itália), há cerca de 40 mil anos, foi o evento que pode ter concluído o processo de extinção dos Neandertais na Europa [5][6].

Em 2010 uma erupção vulcânica na Islândia causou a paralisação da aviação em toda a Europa afetando todo o mundo. Uma perturbação sem precedentes, com milhares de voos cancelados e milhões de pessoas sem transporte aéreo. A Associação Internacional de Transportes Aéreos (IATA) estimou que a indústria aérea mundial perdeu €148 milhões por dia durante a interrupção [7][8].



Se o supervulcão sob o Parque Nacional de Yellowstone algum dia tiver outra erupção massiva, criaria uma nuvem em forma de cogumelo, expandindo-se em todas as direções espalhando cinzas por milhares de quilômetros pelos Estados Unidos, danificando edifícios, causando incêndios, destruindo estradas, sufocando plantações e animais, e paralisando usinas de energia. Seria um grande desastre. Entre outras coisas, o vulcão seria capaz de enterrar estados como Wyoming, Montana, Idaho e Colorado em um metro de cinzas vulcânicas nocivas. Iria vitimar aproximadamente 87.000 pessoas de imediato e tornar dois terços do território dos Estados Unidos inabitável. Uma erupção vulcânica desse tamanho também teria efeitos importantes no clima global devido a emissão de aerossóis de enxofre que refletem a luz solar de volta para a atmosfera e resfriam o clima. Essas partículas têm vida curta na atmosfera, entre 5 e 10 anos, porém os efeitos ainda seriam dramáticos. Felizmente, as chances desse tipo de erupção acontecer em Yellowstone são extremamente pequenas nos próximos milhares de anos [24][25][26].

A erupção do Tambora (Indonésia) em 1815 resfriou o planeta em vários graus, o suficiente para danificar as plantações em todo o mundo, causando fome e surtos de doenças em todo o mundo. A erupção, cerca de 20 vezes maior do que o Monte Vesúvio, destruiu uma tribo inteira de pessoas. As estimativas do número de mortos variam de 71.000 a 121.000 [26][27].

### **Incêndios**

Em ecossistemas adaptados ao fogo, os incêndios naturais causados por raios representam uma força ecológica fundamental na determinação da forma, estrutura e diversidade da paisagem, na medida em que os incêndios são necessários para a regeneração da flora. Porém, os incêndios causados pelas atividades antrópicas desencadeiam impactos negativos, diretos e indiretos: sobre a biodiversidade, extinguindo a vegetação nativa; na intensidade da erosão e salinização do solo; na qualidade da água e no aumento do risco de inundações; reduzem a produção agrícola; tudo isso contribuindo para a desertificação que por sua vez causa grande impacto social. Surge, então, uma intensificação dos fluxos de migrações humanas, fome, conflitos pela posse da terra e refugiados ambientais.

O ano de 2019 foi marcado por grandes incêndios florestais na Austrália, no Brasil, na Indonésia, na Rússia e na África subsaariana. Segundo a ANP|WWF, mais de 80% da área total queimada por ano na Europa pertence a Portugal, Espanha, França, Itália, Grécia e Turquia [9].

### **Terremotos e tsunamis**

Em 1755, um terremoto de 9 graus na escala Richter, atingiu Lisboa e causou a total destruição da cidade. Em desespero e fugindo dos desabamentos e incêndios que atingiam a cidade, as pessoas fugiram para a Baixa de Lisboa e foram açoitadas por um tsunami que afetou toda a região. Estima-se que mais de 50 mil pessoas morreram, que 10 mil edifícios foram reduzidos a ruínas e 70 mil itens da Biblioteca Real foram perdidos para sempre [10][11].

Em 2010, um terremoto de magnitude 7,0 na escala Richter, atingiu o Haiti provocando uma grande destruição na região da capital haitiana. Estima-se que metade das construções foram destruídas, 250 mil pessoas foram feridas, 1,5 milhão de habitantes ficaram desabrigados e o número de mortos ultrapassou 200 mil. A falta de água potável, alimentos, abrigos e remédios gerou uma onda de violência, protestos e saques por todo o país [12][13].

Em 2011 o Japão parou ao ser atingido por um violento terremoto que provocou um tsunami de 14 metros que levou a uma catástrofe nuclear na central de Fukushima. Uma tragédia que deixou quase 20.000 mortos e desaparecidos e 250.000 desabrigados [14][15].

### **Deslizamentos de terra e Inundações**

As enchentes representam uma ocorrência natural, quando o volume d'água de um rio transborda em direção das margens, assim como os deslizamentos de terra, que consistem num processo de desgaste dos solos, onde as áreas com declividade sofrem a ação da força das águas das chuvas. Sem o devido planejamento urbanístico as enchentes e os deslizamentos de terra representam uma ameaça para as sociedades, em especial para as pessoas de baixa renda.

Em janeiro de 2011, fortes chuvas provocaram enchentes e deslizamentos em sete municípios da região serrana do Rio de Janeiro, levando o estado a decretar emergência e de calamidade pública. Como consequência houve 900 mortos, cerca de 350 desaparecidos e 30

mil de desabrigados, além de graves danos à infraestrutura, à economia e à geografia da região afetada [16][17][18].

Em 1931, A China Central foi atingida uma grande enchente que inundou uma área de 88,000 km<sup>2</sup>, desalojou 52 milhões de pessoas, causou a morte de 2 milhões pessoas e gerou um prejuízo econômico de, aproximadamente, \$104 bilhões de dólares [19][20].

### **Erosão costeira**

A erosão costeira é um processo natural que provoca o recuo da linha costeira. Ela molda a costa pela ação das ondas, das correntes e do vento. A variação de sedimentos numa praia (ganho e perda) é chamado de balanço sedimentar. A erosão ocorre quando o balanço sedimentar de uma praia é negativo, ou seja, quando a praia perde mais sedimentos do que recebe. A influência humana e essencialmente a ocupação das zonas costeiras transformou esse fenômeno natural em um problema social de intensidade crescente. A erosão costeira tornou-se, portanto, o resultado de uma combinação de fatores, naturais e antrópicos, que agem em diferentes níveis enfraquecendo uma defesa natural preciosa contra a submersão marinha.

Os principais fatores antrópicos que influenciam na erosão costeira são: a intervenção humana nos leitos dos rios que impedem os sedimentos de se deslocarem para a zona costeira, os erros do ordenamento territorial dentro da faixa costeira cometidos ao longo de décadas e a extração de areia de rios e praias para a construção.

Países como a Nova Zelândia, Filipinas, Brasil, Estados Unidos, Espanha, França, Irlanda, Portugal e Reino Unido sofrem com os impactos e consequências acarretados por esse processo, incluindo: perda de vidas humanas, destruição de infraestruturas, impacto em vários setores econômicos (agricultura, pesca, navegação e transporte marítimo, recreação e turismo) e impacto nos sistemas naturais [21][22][23].

Resumindo, não é possível eliminar os fenômenos naturais, porém a Ciência pode amenizar seus impactos. Reavaliar e repensar nossos hábitos de consumo podem também contribuir para evitar um declínio dos recursos naturais que são a nossa fonte de sobrevivência. Colapso ambiental, mortes, danos à propriedade e prejuízos econômicos podem ser reduzidos através da adoção de uma postura mais responsável para com o manejo do meio ambiente, do aperfeiçoamento dos sistemas de alerta, da identificação de áreas de

alto risco, do progresso das tecnologias limpas e processos inteligentes, e principalmente, através de investimento na alfabetização científica das populações que promova a conscientização das comunidades sobre impactos ambientais, consumo consciente, práticas sustentáveis e riscos naturais.

Também é imperativo o empenho no desenvolvimento de políticas cientificamente bem embasadas que reduzam os riscos e produzam ações mais efetivas na proteção do meio ambiente.

## 6 A IMPORTÂNCIA DA LITERACIA EM CIÊNCIAS DA TERRA

Nossa existência e sobrevivência dependem da Terra de muitas maneiras diferentes. Seus recursos nos alimentam e fornecem os materiais que sustentam nosso atual estilo de vida. Devido a esse estilo de vida o planeta começou a dar sinais de que as atividades não têm sido praticadas de uma forma sustentável. A exploração de recursos naturais e as práticas ambientais irracionais, têm contribuído para uma progressiva degradação da qualidade de vida de muitos seres humanos, colocando em causa a sobrevivência das futuras gerações (Rocha, 2003).

Mesmo pequenas alterações nos sistemas da Terra tiveram e têm influências profundas no curso das civilizações. Compreender esses sistemas, como eles interagem e, principalmente, entender como nós os afetamos e as possíveis consequências é vital para nossa sobrevivência.

As Geociências são especialmente importantes neste momento da história em que estamos enfrentando grandes desafios como a diminuição de fontes energéticas e de recursos minerais, as mudanças climáticas, os desastres ambientais de origens antrópicas e a escassez de água e solo cultivável - diretamente relacionados às Ciências da Terra. Mesmo assim tal importância é pouco evidente nos sistemas educativos da maioria dos países. Ainda hoje, em todo o mundo, a maior parte dos alunos concluem a educação básica com poucos conhecimentos acerca de questões simples sobre o planeta.

Desse modo, a iliteracia cultural é considerada a maior das ameaças à integridade da diversidade geológica e dos serviços ecossistêmicos que ela fornece. Segundo Brilha (2005), esta é a principal causa de todas as outras ameaças, estando na base dos grandes problemas que a geodiversidade atualmente enfrenta. Não existem dúvidas relativas ao fato de que a carência ou mesmo ausência total de conhecimentos sobre determinado assunto é um grande passo para a sua degradação. Isto porque não faz sentido despendar esforços com algo que se desconhece.

Daqui para frente, cada vez mais, populações terão que tomar difíceis decisões a respeito de questões relacionadas ao manuseio dos Sistemas da Terra e delas dependerá a sobrevivência da humanidade. Para isso as pessoas precisam ter um conhecimento razoavelmente bom em Geociências para que sejam capazes de tomar decisões conscientes e

responsáveis a respeito do uso dos recursos da Terra. Disciplinas como Educação Ambiental, Ciências Naturais, Biologia, Geografia e Geologia oferecem ou deveriam oferecer as capacidades e aptidões necessárias para tal propósito.

Frente ao desafio, a *National Science Foundation* (NSF) desenvolveu a (ESLI) – *Earth Science Literacy Initiative* (Wysession et al., 2009). A ESLI consiste em um documento sucinto que reuniu todo o conhecimento produzido pelas Ciências da Terra e estabeleceu nove "Grandes Ideias", que foram julgadas como conceitos relevantes que todo cidadão deve conhecer sobre Ciências da Terra.

A elaboração da ESLI teve início em 2008 e o documento foi concluído em 2009 e desde então vem sendo avaliado e atualizado com o objetivo de atender a comunidade científica, as necessidades educacionais e as políticas públicas. O esforço interinstitucional buscou criar um consenso comunitário a partir dos feedbacks das muitas reuniões que envolviam mais de 350 participantes. Finalmente, chegou-se ao consenso de que os temas mais importantes a serem trabalhados deveriam ser: a história da Terra, os sistemas que compõem a Terra, a geomorfologia em evolução, o Ciclo da Água, a influência da Terra sobre a evolução de vida, os recursos naturais e os impactos humanos na Terra. Estes foram trabalhados dentro de nove "Grandes Ideias".

- Grande Ideia 1 - **Os Geocientistas usam métodos científicos para entender e explicar o nosso planeta.**

Os geocientistas analisam o que está acontecendo hoje no planeta para poder explicar características que têm milhões e até bilhões de anos. Através do método científico com observações, hipóteses, teste e modelos as Geociências mantêm sua contínua marcha em direção a melhores explicações de como as leis do universo moldam nosso planeta.

- Grande Ideia 2 - **A Terra tem, aproximadamente, 4600000000 anos** (ou seja, 4.6 bilhões de anos na terminologia brasileira ou 4.6 mil milhões de anos na terminologia em Portugal).

Os geocientistas descobriram através de datações relativas e, principalmente, através do método de datação por decaimento radioativo a história fascinante da formação das rochas, dos oceanos, da atmosfera e dos organismos vivos deste planeta.

- Grande Ideia 3 - **A Terra é um sistema complexo de interação rocha, água, ar e vida.**

Em nosso complexo mundo natural os sistemas e seus muitos componentes encontram-se inter-relacionados. Pela observação das maneiras como esses componentes interagem, os cientistas descobriram como o sistema terrestre mudou ao longo do tempo geológico.

- Grande Ideia 4 - **A Terra é um planeta dinâmico e está mudando continuamente.**

Nosso planeta inteiro está em movimento. Algumas mudanças ocorrem lentamente, como a soerguimento de montanhas e abertura de oceanos. Outros ocorrem de repente, através de erupções vulcânicas catastróficas e terremotos devastadores. Os processos dinâmicos de interação entre os compõem dos geossistemas esculpem a paisagem.

- Grande Ideia 5 - **A Terra é o planeta da água.**

A Terra, até o momento, é o único planeta conhecido que apresenta água em todos os estados físicos (sólido, líquido e gasoso). A água não é apenas fundamental a vida, mas também controla o comportamento dos ciclos biogeoquímicos do planeta.

- Grande Ideia 6 - **A vida evolui em uma Terra dinâmica.**

A biosfera desempenha um papel vital na formação das camadas externas da Terra. Em retribuição, o curso da evolução biológica foi moldado pela seleção natural de organismos em um planeta dinamicamente ativo cujos ambientes estão em constante mudança. Milhões de anos de atividade biológica somados a processos geológicos estão por trás da produção dos recursos energéticos fósseis.

- Grande Ideia 7 - **Os seres humanos dependem da Terra para obter recursos.**

Dependemos da Terra para nossa subsistência. A disponibilidade de recursos naturais determinou o surgimento de civilizações. O fornecimento de muitos recursos naturais que precisamos - água, solo, minerais, metais e combustíveis fósseis - estão distribuídos de forma desigual e globalmente limitada e têm sido uma fonte de turbulência políticas e sociais.

- Grande Ideia 8 - **Os fenômenos naturais representam riscos para os seres humanos.**

Muitos dos processos naturais do planeta são extremamente destrutivos para a vida e economicamente catastróficos. A história natural conta com severos eventos geológicos que moldaram o curso da história humana. Somos incapazes de sessar esses eventos desastrosos, mas podemos tentar determinar quando e onde eles podem ocorrer. Com isso diminuimos o número de vítimas e amenizamos as atividades que aumentam seus impactos reduzindo os riscos.

- Grande Ideia 9 - **Os seres humanos alteram significativamente a Terra.**

As atividades antrópicas estão provocando mudanças ambientais muito mais rápido do que os processos geológicos, alterando significativamente os fluxos/processos dos ecossistemas. O aumento exponencial da população humana, ainda em alguns países, e dos níveis de industrialização aliados ao consumo desenfreado estão causando um aumento rápido da magnitude dos impactos humanos ao planeta.

Os conceitos de Geociências trabalhados na ESLI se relacionam com os conceitos dos serviços ecossistêmicos no contexto da geodiversidade propostos por Brilha *et al.* (2018) e Gray *et al.* (2013), que designam os bens, condições e processos abióticos que são fundamentais para a manutenção da vida e para o bem-estar humano (Figura 3).





causando um aumento rápido da magnitude dos impactos antrópicos na Terra o que pode causar uma reação desastrosa para nossa espécie.

Assim, a alfabetização científica dos cidadãos constitui um forte instrumento para alertar e sensibilizar as pessoas e as instituições políticas e económicas para os riscos da intervenção do Homem sobre o mundo natural (Rocha, 2003).

A Earth Science Literacy Initiative é uma iniciativa que preenche as lacunas do ensino de Geociências e que pode enriquecer o Ensino Básico. O uso das “Grandes Ideias” pode facilitar o desenvolvimento de metodologias pedagógicas dando subsídio a atividades e materiais que tratam os conceitos com clareza, que tragam a conscientização a respeito das consequências de nossas atividades e que capacitem os cidadãos a tomarem decisões responsáveis sobre a Terra e seus recursos.

Devemos depositar nossos esforços nas crianças em idade escolar que não só influenciam seus pais e familiares como também serão os adultos do futuro e, como tal, serão um importante veículo para a sensibilização sobre a importância de uma gestão sustentável dos serviços ecossistêmicos bióticos e abióticos.

## 7 CIÊNCIAS DA TERRA NO CURRÍCULO NACIONAL PRÉ-UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO VS. CURRÍCULO NACIONAL PRÉ-UNIVERSITÁRIO PORTUGUÊS

### 7.1 Brasil

O ensino de Geociências ou Ciências da Terra no Brasil não recebe, infelizmente, a devida importância, sendo deficitário na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do país.

Desde 1970 os conteúdos de Geociências são ministrados apenas nos cursos superiores de Geologia, direcionados à formação de profissionais para o mapeamento geológico básico e para a busca dos recursos minerais importantes para o crescimento econômico. Ao mesmo tempo, o ensino das Geociências não foi priorizado na formação dos professores de Ciências. Como consequência a população não acompanhou os grandes progressos nas Ciências da Terra causando uma carência de conhecimentos básicos sobre a dinâmica do planeta e, também, uma atitude negligente quanto a sua importância nos currículos escolares e na cultura geral.

No final da década de 90, diversas propostas surgiram visando o melhoramento nas metodologias de ensino destas Ciências dentro dos currículos fundamental e médio, além de incentivos a sua divulgação e popularização. As propostas variam desde a criação de um capítulo específico nos livros didáticos (Silva, 1997), a criação de atividades lúdicas envolvendo conceitos da Geologia (Fernandes, 2005), a criação de uma linha do tempo para facilitar a compreensão de como o planeta evoluiu no decorrer do Tempo Geológico (Torello de Mello *et al.*, 2005) ou a fabricação de kits didáticos acompanhados de um manual explicativo (Matusiak & Ribeiro, 1997; Ferreira *et al.*, 2003; Melo *et al.*, 2003; Fernandes *et al.*, 2003). Estes kits auxiliam na correção das falhas encontradas nos livros didáticos, levando de maneira mais eficiente os conceitos de Geociências às escolas do nível fundamental e médio. Em 2015 foi lançado o Livro Digital “A Paleontologia na Sala de Aula”, que contou com o apoio da Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP), e que foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com o objetivo de enriquecer os temas relacionados à Paleontologia na Educação Básica (Soares, 2015).

No Brasil, a educação é gratuita e garantida pela União, e é dividida entre ensino fundamental e médio. O ensino fundamental vai do 1º ao 9º ano após a pré-escola e é dividido em 4 ciclos. 1º, 2º e 3º ano compõem o Primeiro Ciclo, 4º e 5º ano compõem o Segundo Ciclo,

6º e 7º ano compõem o Terceiro Ciclo e, finalmente, o 8º e 9º ano compõem o Quarto Ciclo. A partir do 6º ano, as disciplinas são ministradas por professores especializados em diferentes disciplinas seguindo dessa maneira até o final do ensino médio, que constitui o período final de três anos. Além disso, há também o ensino médio integrado ao ensino técnico, onde há treinamento profissional adicional, o que permite que os alunos se preparem para o trabalho profissional em diversas áreas.

Dentro dos PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), o conteúdo de “Ciências da Terra” está incluído dentro das “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” e “Ciências Humanas e Sociais Aplicadas”, e a orientação é que seja tratado de maneira interdisciplinar em todas as áreas do conhecimento e sendo considerado como um tema transversal.

Nos PCNs do Ensino Fundamental II (Terceiro e Quarto Ciclos), os conteúdos de Geologia são trabalhados no 6º ano nas disciplinas de Ciências e Geografia, simultaneamente com temas semelhantes, porém com vieses distintos. Em Ciências a temática é voltada para Terra e Universo e em Geografia a temática é voltada para Território e Relevância.

Embora extremamente importantes, os tópicos geocientíficos no ensino médio estão apenas simplificados e intensamente fragmentados em disciplinas como Física, Química, Geografia, História, Filosofia e principalmente em Biologia e Geografia. O problema é que a falta de conexões entre os temas tratados pode privar os alunos do conhecimento necessário para o desenvolvimento de uma visão global do funcionamento interdependente da natureza (Toledo, 2005).

Devido à falta de um conteúdo pleno em Ciências da Natureza, onde as Geociências deveriam ser trabalhadas como uma área de conhecimento autônoma, os objetivos tão positivos dos PCNs com relação à formação de cidadãos conscientes e capazes de avaliar e julgar as ações de interferência, ocupação e uso do ambiente e de seus materiais, acabam prejudicados. Isto porque os PCNs definem Ciências da Natureza apenas como Biologia, Física e Química buscando a interdisciplinaridade no desenvolvimento dos aspectos relacionados a “outras” Ciências Naturais, como Geologia, Astronomia, Hidrologia, Meteorologia, Glaciologia, Pedologia e Paleontologia.

O conteúdo das Ciências da Terra é tão fragmentado que em Geografia é trabalhado, através dos temas: Problemas e Perspectivas Urbanas; Mudanças no mundo rural; Mutações no mundo natural; Cenários de globalização e fragmentação. Em Biologia estão incluídos em temas como Origem da vida e Ecologia e na Química em assuntos como propriedades dos

materiais; Constituição e organização de materiais e energia envolvida em transformações de materiais.

As noções das Geociências dispersam-se no currículo sob vários títulos, faltando uma ordenação capaz de explicar a Terra em conjunto, desde sua constituição, origem e evolução, fenômenos interiores e superficiais, as interações das esferas (Oceanos, Atmosfera, Litosfera, Biosfera), e as profundas e diversificadas relações entre meio físico e seres vivos (Carneiro *et al.*, 2004).

Analisando os trabalhos de Marques (1999), Pereira *et al.* (2001), Oliveira *et al.* (2003), Moura & Barreto (2003) e Mello & Torello de Mello (2005), observa-se o consenso de que no Ensino Básico brasileiro os principais problemas que afetam o ensino/aprendizagem dos conteúdos de Ciências da Terra são:

- A falta de preparação dos professores;
- A falta de um conteúdo pleno em Ciências da Terra no currículo nacional de ensino básico;
- A metodologia ultrapassada do ensino tradicional com desenvolvimento linear;
- A discordância entre conhecimento científico e as observações cotidianas e do senso comum;
- A utilização de livros didáticos que, em sua maioria, abordam de forma inadequada e/ou ineficiente os conceitos das Geociências; isto porque ainda hoje se encontra, no conteúdo dos livros didáticos brasileiros, que o manto terrestre é líquido, que lençóis freáticos são rios dentro da terra, que água poluída é filtrada pelo solo, que o Pangeia foi o primeiro supercontinente etc., evidenciando os efeitos cumulativos da negligência no ensino do sistema Terra.

A compreensão do que é Ciência por meio desta perspectiva enciclopédica, livresca e fragmentada não reflete sua natureza dinâmica, articulada, histórica e não neutra, conforme é colocada atualmente. Está ausente a perspectiva da Ciência como aventura do saber humano, fundada em procedimentos, necessidades e diferentes interesses e valores (MEC-Br, 1998).

Infelizmente, esses conteúdos não são devidamente trabalhados em aula e não chegam a dar ao cidadão a noção das consequências das ações antrópicas nos processos

geológicos e vice-versa bem como a dependência de nossa espécie pelos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade; assim, a população não entende a importância de estudar o passado (origem e evolução da Terra e seus ambientes) para compreender o presente (características dinâmicas dos compartimentos ocupados e consequências das ações antrópicas) e refletir sobre as possibilidades de futuro (remediação dos problemas já criados, evitar novos problemas).

## 7.2 Portugal

Diferentemente do Brasil, Portugal está na vanguarda quanto ao ensino de Ciências da Terra desde o início do século XIX. Até o início da década de 1970, o ensino da Geologia era mais focado nos aspectos descritivos de cristais, minerais e rochas. Após a década de 70 houve uma modernização na educação e as temáticas da disciplina ficaram mais abrangentes, englobando conceitos desde a formação do planeta Terra até o impacto das ações humanas (Amador, 2008).

Atualmente, as Ciências da Terra são ensinadas desde os primeiros anos do ensino básico (fundamental) até o final do ensino secundário (médio). No primeiro ciclo da educação básica, as Ciências da Terra são estudadas na disciplina Estudo do Meio, principalmente no 1º, 3º e 4º anos. Voltam a ser estudadas no 5º ano (segundo ciclo do ensino básico) na disciplina Ciências Naturais e tem o 7º ano (terceiro ciclo do ensino básico) com conteúdo muito dedicado à Geologia.

Tabela 3 - Distribuição dos Domínios em Ciências da Terra e dos Subdomínios por ano de escolaridade.  
 Fonte: Adaptado de MEC-Pt.

| Anos | Domínios   | Subdomínios  | Objetivos   |
|------|--|--|---|
| 5º   | A água, o ar, as rochas e o solo –<br>Materiais terrestres | A importância das rochas e do solo na manutenção da vida | 1. Compreender a Terra como um planeta especial<br>2. Compreender que o solo é um material terrestre de suporte de vida<br>3. Compreender a importância das rochas e dos minerais   |
|      |  | A importância da água para os seres vivos                | 4. Compreender a importância da água para os seres vivos<br>5. Compreender a importância da qualidade da água para a atividade humana   |
|      |  | A importância do ar para os seres vivos                  | 6. Compreender a importância da atmosfera para os seres vivos   |
| 7º   | Terra em transformação                                     | Dinâmica externa da Terra                                | 1. Compreender a diversidade das paisagens geológicas<br>2. Compreender os minerais como unidades básicas das rochas<br>3. Analisar os conceitos e os processos relativos à formação das rochas sedimentares  |
|      |  | Dinâmica interna da Terra                                | 4. Compreender os fundamentos da estrutura e da dinâmica da Terra<br>5. Aplicar conceitos relativos à deformação das rochas   |
|      |  | Consequências da dinâmica interna da Terra               | 6. Compreender a atividade vulcânica como uma manifestação da dinâmica interna da Terra<br>7. Interpretar a formação das rochas magmáticas<br>8. Compreender o metamorfismo como uma consequência da dinâmica interna da Terra<br>9. Conhecer o ciclo das rochas<br>10. Compreender que as formações litológicas em Portugal devem ser exploradas de forma sustentada<br>11. Compreender a atividade sísmica como uma consequência da dinâmica interna da Terra<br>12. Compreender a estrutura interna da Terra |
|      |  | A Terra conta a sua história                             | 13. Compreender a importância dos fósseis para a reconstituição da história da Terra<br>14. Compreender as grandes etapas da história da Terra  |
|      |  | Ciência geológica e sustentabilidade da vida na Terra    | 15. Compreender o contributo do conhecimento geológico para a sustentabilidade da vida na Terra   |

Finalmente, no ensino secundário (10º a 12º anos) o Curso de Ciências e Tecnologias (um de quatro cursos da vertente “Cursos Científico-Humanísticos” do ensino secundário) retoma e aprofunda diversos conteúdos das Ciências da Terra anteriormente explorados no ensino básico, através de uma abordagem mais complexa e com maior abstração. Nos 10º e

11º anos, a disciplina “Biologia e Geologia” distribui o conteúdo de Ciências da Vida e Ciências da Terra de forma equitativa.

No 10º ano, metade do ano letivo é dedicado aos estudos dos seguintes temas: “Geologia, geólogos e seus métodos”, “Terra, um planeta muito especial” e “Compreendendo a estrutura e a dinâmica da geosfera”. A componente Ciências da Terra do 11º ano tem metade do ano letivo dedicado ao tema "Geologia, problemas e materiais da vida cotidiana".

No 12º ano, último ano do ensino secundário, caso o aluno opte pela disciplina de Geologia, são estudados três temas: “Da teoria do continente à teoria das placas tectônicas: a dinâmica da litosfera”, “A história da Terra e da vida” e “A terra ontem, hoje e amanhã”.

Tabela 4 - Visão geral dos temas propostos para o programa do de Geologia dos três anos do ensino secundário, apenas ao nível dos conteúdos conceptuais. Adaptado de MEC-Pt.

| Ano | Disciplina          | Tema  | Conteúdo   |
|-----|---------------------|---|--|
| 10º | Biologia e Geologia | Tema I<br>A Geologia, os geólogos e os seus métodos   | 1. A Terra e os seus subsistemas em interação<br>2. As rochas, arquivos que relatam a História da Terra<br>3. A medida do tempo e a idade da Terra<br>4. A Terra, um planeta em mudança  |
|     |                     | Tema II<br>A Terra, um planeta muito especial   | 1. Formação do Sistema Solar<br>2. A Terra e os planetas telúricos<br>3. A Terra, um planeta único a proteger  |
|     |                     | Tema III<br>Compreender a estrutura e a dinâmica da geosfera  | 1. Métodos de estudo para o interior da geosfera<br>2. Vulcanologia<br>3. Sismologia<br>4. Estrutura interna da geosfera   |
| 11º | Biologia e Geologia | Tema IV<br>Geologia, problemas e materiais do quotidiano  | 1. Ocupação antrópica e problemas de ordenamento<br>2. Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres<br>3. Exploração sustentada de recursos geológicos   |
| 12º | Geologia            | Tema I<br>Da Teoria da Deriva dos Continentes à Teoria da Tectónica de Placas. A dinâmica da litosfera. | 1. Génese e evolução da Teoria da Deriva dos Continentes<br>2. Dinâmica da litosfera e grandes estruturas geológicas   |
|     |                     | TEMA II<br>A História da Terra e da Vida  | 1. A medida do tempo e a história da Terra. Exemplos de métodos de datação<br>2. Tabela cronostatigráfica. Equivalência entre unidades cronostatigráficas e geocronológicas<br>3. Geohistória. A vida no Pré-câmbrico, no Paleozóico, no Mesozóico e no Cenozóico. Evolução paleogeográfica<br>4. A história geológica de uma região |
|     |                     | TEMA III<br>A Terra ontem, hoje e amanhã  | 1. A Terra antes do aparecimento do Homem. Paleoclimas e impacto da dinâmica litosférica nas mudanças climáticas<br>2. Mudanças ambientais na história da Terra e evolução da espécie humana<br>3. O Homem como agente de mudanças ambientais<br>4. Que cenários para o século XXI? Mudanças ambientais, regionais e globais         |



Portanto, estima-se que, ao final do ensino secundário (médio), os alunos portugueses devem estar preparados para estudos continuados no ensino superior com componentes de Ciências da Terra. Porém, mesmo com a existência de um programa de ensino das Geociências mais extenso do que na maioria dos países, no fim do ensino básico e secundário, constata-se que poucos alunos se sentem atraídos pela Geologia (Brilha, 2004).

De qualquer maneira, de acordo com a proposta do currículo escolar, todos os alunos possuem formação suficiente para capacitá-los a pensar e intervir conscientemente na tomada de decisões, quanto ao uso sustentável de recursos naturais para preservar o meio ambiente como um elemento integrante da sociedade (Greco e Almberg, 2017).

Apesar de Portugal reconhecer o valor educativo das Ciências da Terra e apresentar expressivos espaços curriculares atribuídos à Geologia dentro do ensino pré-universitário, a integração das diretrizes curriculares recomendadas para essas disciplinas tem sido um grande desafio para os professores e encontrou diferentes obstáculos. Isto porque:

- Observam-se dificuldades por parte dos professores em desenvolver as diretrizes recomendadas nos currículos causando uma superficialidade no ensino de Ciências da Terra (há uma tendência para a ocorrência de favoritismo no ensino de Ciências Biológicas);
- Os manuais escolares (livros didáticos) dos alunos determinam a organização da maioria das aulas em sentido único/linear;
- Há falta de materiais didáticos para práticas que integram as perspectivas atuais à educação científica;
- Conteúdo massivo e práticas pedagógicas pouco atrativas;
- Os professores têm dificuldade em articular o conhecimento disperso e compartimentalizado proveniente de várias disciplinas com o conhecimento contextualizado a partir da convergência entre elas (Rebelo *et al.*, 2005).

Além disso, segundo Brilha (2005), no segundo e terceiro ciclos do Ensino Básico, os programas das disciplinas de Ciências da Natureza e Ciências Naturais, respetivamente, não abordam qualquer temática associada à geoconservação, apesar de serem lecionados diversos conteúdos no domínio da Geologia. No programa da disciplina Biologia e Geologia tanto do 10º ano quanto no 11º ano (Ensino Secundário), a geoconservação está associada às

questões de Gestão Ambiental e seu contributo para um desenvolvimento sustentável. No programa da disciplina de Geologia do 12º ano não há qualquer menção expressa às questões da Geoconservação.

Assim sendo, fica evidente que, embora os conteúdos sejam diferentes, Brasil com conteúdo fragmentado e pouco conciso e Portugal apresentando expressivos espaços curriculares atribuídos à Geologia, os principais problemas que afetam o ensino/aprendizagem dos conteúdos de Geociências em ambos os países aparecem nos mesmos setores (Tabela 5).

Tabela 5 – Principais problemas que afetam o ensino/aprendizagem dos conteúdos de Geociências no Brasil e Portugal.

| Setor \ País            | Brasil   | Portugal  |
|-------------------------|--|---|
| Conteúdo curricular     | A falta de um conteúdo pleno em Ciências da Terra no currículo nacional de ensino básico;  | Os professores têm dificuldade em articular o conhecimento disperso e compartimentalizado proveniente de várias disciplinas com o conhecimento contextualizado a partir da convergência entre elas;         |
| Formação de professores | A falta de preparação dos professores;   | Observam-se dificuldades por parte dos professores em desenvolver as diretrizes recomendadas nos currículos causando uma superficialidade no ensino de Ciências da Terra;                                   |
| Práticas pedagógicas    | A metodologia ultrapassada do ensino tradicional com desenvolvimento linear;   | Conteúdo massivo e práticas pedagógicas pouco atrativas;  |
| Materiais didáticos     | A utilização de livros didáticos que, em sua maioria, abordam de forma inadequada e/ou ineficiente os conceitos das Geociências;<br><br>A discordância entre conhecimento científico e as observações cotidianas e do senso comum; | Os manuais escolares determinam a organização da maioria das aulas em sentido único/linear;<br><br>Há falta de materiais didáticos para práticas que integram as perspectivas atuais à educação científica; |

Observa-se que a formação de professores é um componente indispensável da inovação curricular e adequação aos conteúdos curriculares subjacentes, para que os professores possam desenvolver práticas pedagógicas interdisciplinares.

Ademais, há uma carência de materiais de apoio adequados para o ensino de Ciências da Terra cuja leitura seja mais palatável, o conteúdo interdisciplinar, os exemplos relacionados ao cotidiano comum e perfil adequado tanto como ferramenta na educação formal quanto na educação informal.

## **8 DIVULGAÇÃO E POPULARIZAÇÃO DAS GEOCIÊNCIAS COM ÊNFASE NA GEODIVERSIDADE**

De acordo com Moreira (2008), a interpretação dos elementos da geodiversidade é uma tarefa difícil se levada em consideração a complexidade de seus elementos.

Observando as dificuldades dos professores em trabalhar a interdisciplinaridade exigida no ensino de Ciências da Terra, a carência de materiais de apoio ao desenvolvimento do conhecimento geocientífico e a inexistente(Brasil)/insuficiente(Portugal) conscientização da interdependência entre os serviços ecossistêmicos e os serviços geossistêmicos na garantia do bem-estar humano, optou-se pela sugestão da produção de um livro paradidático/ludodidático informativo como ferramenta pedagógica auxiliar e complementar ao ensino básico.

O livro paradidático ou obra complementar é um recurso utilizado para enriquecer o ensino-aprendizagem dos alunos. Ele promove o aprofundamento dos conteúdos que o manual escolar (livro didático) pode não dar conta de alcançar.

O termo paradidático surgiu no campo da indústria editorial do Brasil e é uma expressão tipicamente brasileira. Foi cunhado por Anderson Fernandes Dias no final da década de 1970. Em Portugal encontramos os livros ludodidáticos que apresentam características e usos semelhantes.

Durante a história da Educação escolar do Brasil surgiu uma demanda por obras com conteúdo menos rígidos, que pudessem ser utilizadas complementarmente ao livro didático em diferentes momentos e níveis de ensino. Nasceu assim a expressão, livro paradidático, para designar esse tipo de produção editorial.

Um ensino divertido e agradável com formatação diferente do manual escolar (livro didático) e parecido com o de literatura infanto-juvenil, poucas páginas, bem coloridas e ilustradas e uma aparência gráfica bem cuidada (qualidade do papel, legibilidade do texto, diagramação). Abordando geralmente um tema por livro, os conteúdos são apresentados em forma de narrativas em que, geralmente, a preocupação pedagógica se sobressai às intenções literárias.

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) também estimulam a produção de paradidáticos ao instituírem os chamados temas transversais, representados por questões que, segundo o documento, devem ser introduzidos nas matérias já existentes na escola

(Brasil, 1997). Os temas transversais sugeridos pelos PCNs são: Ética, Pluralidade Cultural, Meio Ambiente, Saúde e Orientação Sexual.

O paradidático também contribui com a formação de leitores competentes, uma vez que insere o estudante no ambiente de leitura e interpretação de textos e, ao mesmo tempo, de contextualizações que ampliam o entendimento do tema vinculado a problemas do cotidiano. O livro paradidático, quando usado com criatividade pelos professores, não fica limitado à leitura individual dos estudantes. Após a leitura, ele se torna um ponto de partida para debates, leituras de outros livros relacionados ao tema, pesquisas em revistas, jornais e até mesmo na comunidade. O aluno se torna um pesquisador.

O livro paradidático Informativo trata de assunto ligado a uma disciplina do currículo escolar, servindo para complementar o ensino-aprendizagem. Com narrativa sem enredo e sem personagens, uma linguagem que vai ao assunto, informa e faz pensar, cria na mente do leitor novas imagens e novas ideias. Traz informações atualizadas de e boa qualidade e familiariza o estudante com a leitura a escrita objetiva, pois é através dela que o conhecimento científico é passado em todas as áreas. Além disso, geram benefícios como: o acesso a uma maior diversidade de informações e até possíveis divergências; desenvolvimento de habilidades de leitura; domínio de conceitos, formas de argumentação e elementos de terminologia científica (Martins *et al.*, 2001).

Um exemplo de livro paradidático informativo seria um livro sobre Geodiversidade e Patrimônio Geológico, que discuta questões de conservação ambiental e desenvolvimento econômico, este poderia complementar tanto o ensino de Ciências quanto Geologia e, também, de Geografia somados a temas transversais como Ética, Pluralidade cultural e Meio ambiente.

O livro paradidático ficcional é qualquer livro de ficção considerado de leitura extraclasse. O paradidático ficcional costuma conter elementos pedagógicos, ou seja, é um livro de história que pretende ensinar algo, com a preocupação em estimular atitudes e comportamentos esperados de crianças e jovens e ajudá-los a lidar com medos, com a perda de amigos, com a morte, ou a se relacionar com adultos e colegas, dentre muitas outras questões, aproximando-se do gênero autoajuda. Geralmente esses livros não são escritos por autores de literatura, mas sim por especialistas em psicologia e/ou educação.

Enfim, é graças aos livros paradidáticos/ludodidáticos informativos e de conteúdos científicos, que o trabalho dos cientistas em suas pesquisas, o conhecimento adquirido pela

Ciência e sua ligação com a política e a economia mundial, que afinal acabam se refletindo na nossa vida cotidiana, são divulgados ao público não especialista em idade escolar em uma era na qual a ciência e a tecnologia ocupam cada vez mais espaço e precisam ser compreendidas com maior profundidade e espírito crítico.

Nesse sentido, o papel da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos, poderá ser melhor explorado pedagogicamente tanto dentro dos parâmetros da educação formal quanto da educação informal através de uma publicação online de modalidade literária paradidático/ludodidático informativo de leitura fácil, dirigida a um público juvenil de idade entre 8 e 12 anos. O livro, em formato digital, permitirá acesso online e impressão em papel no formato PDF.

De uma forma sintetizada, depois da análise de vários livros e estudo em fundamentos editoriais, seguiu-se para produção do livro. Para tal, foi necessário compreender as características do público-alvo para melhor perceber quais os aspetos que deveriam ser considerados para a elaboração do livro, como o conteúdo do texto, dimensões, cores, ilustrações, tipografia e design.

Após todas as análises e estudos feitos, considerando-se a idade e o ciclo de desenvolvimento do público-alvo optou-se por produzir um livro com capítulos, onde existe texto e imagem como propõe (Male, 2007). A escolha da tipografia foi realizada de acordo com Casarini e Farias (2009) que estabelecem um padrão de tamanho de fontes entre 16pt e 12pt para idades entre 8 e 12 anos. As ilustrações inéditas e personalizadas com formato vetorial moderno e cores vivas, produzidas no programa Adobe Illustrator, têm o objetivo de prestar auxílio ao leitor na interpretação maior e mais rápida do conteúdo. O livro foi paginado e editado no programa Adobe Indesign onde as medidas das páginas (18,5cm x 21cm), margens, texto, layout e baseline foram determinadas.

Depois de todo o processo de criação e produção, obteve-se um livro completo tanto a nível de conteúdo, de texto, de ilustrações e design (ver anexo). A publicação atende aos pressupostos seguintes.

- Apresentar conceitos e valores sobre o papel da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos.
- Desvelar a interdependência entre os serviços ecossistêmicos e os serviços geossistêmicos.

- Identificar os tipos de serviços geossistêmicos e sua presença/atuação no nosso cotidiano.
- Contribuir com a interdisciplinaridade associada a temas transversais tais como Pluralidade cultural, Ética e Meio ambiente.
- Suscitar discussões sobre assuntos do cotidiano comum afim de ampliar o leque de conhecimento sobre Ecologia, Geologia e Indústria Tecnológica.
- Explorar conteúdos ligados à geodiversidade e seu uso adequado e sustentável permitindo a identificação das consequências negativas geradas pela exploração predatória.
- Facilitar a divulgação e popularização da importância da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos na garantia do bem-estar humano.

Tendo como um dos principais objetivos deste trabalho - a divulgação e popularização da importância da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos na garantia do bem-estar humano - a escolha do público juvenil tem relação com a afirmação de Frey *et al.* (2006) que refere que as crianças tendem a disseminar os conhecimentos que recebem.

Barco (1999) explica que na infância a curiosidade e a receptividade são muito mais desenvolvidas, sendo que as crianças notam que o ambiente que elas conhecem está inserido num outro ainda maior, o meio ambiente. Nesta época, as crianças perguntam a si mesmas se há interações entre esses ambientes, sendo este o melhor momento para iniciar assuntos relativos à importância dos processos geológicos e biológicos nas suas vidas e vice-versa. Muitas já apresentam interesse pelas rochas, pelo planeta, pelos animais que são temas que unem a Biologia e a Geologia. Portanto, para introduzir a temática, a curiosidade é o melhor argumento que os professores podem utilizar, onde as crianças devem apreciar os elementos naturais, observando e identificando esses elementos e suas relações com o cotidiano e seu bem-estar.

## 9 CONCLUSÃO

Para promover a conservação dos ecossistemas - tanto no contexto da geodiversidade quanto no contexto da biodiversidade - e manter os serviços que garantem o funcionamento do planeta e, conseqüentemente, o nosso bem-estar, é necessário entender os fenômenos da Terra de maneira holística, pois ela é o resultado das interações entre os vários sistemas como: atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera. Se um sistema é afetado, todos os outros sofrerão impacto e o equilíbrio natural é danificado.

A geodiversidade tem grande participação em todos os sistemas da Terra e está, intimamente, presente em todos os momentos de nossas vidas. A conscientização da sociedade sobre o seu papel na construção de um futuro sustentável depende de uma Educação Básica focada na literacia científica integrada na Educação em Biologia e Geologia com foco nos serviços ecossistêmicos no contexto da geodiversidade. Além disso, torna-se essencial promover a cultura geocientífica não só através da educação formal, mas também da não formal e da informal.

Para garantir a gestão sustentável dos recursos extrativos e não extrativos da geodiversidade e, também, salvaguardar a segurança socioambiental das populações é necessário investir no engajamento público que vai gerar pressões sociais que influenciam o posicionamento político que por sua vez implementam legislações de gestão, proteção e conservação, popularizar a Geodiversidade no âmbito dos serviços ecossistêmicos através da alfabetização científica vai gerar a conscientização da sociedade e reconhecer a iliteracia cultural como uma das maiores ameaças. Porque à integridade da geodiversidade e dos serviços ecossistêmicos que ela fornece dependem de uma sociedade bem-informada, principalmente a população escolar, que tende a disseminar os conhecimentos que recebe.

O presente trabalho surge como mais um contributo às ações de geoconservação e valorização do património geológico, porém, dedicando-se à sensibilização e ao esclarecimento do público infanto-juvenil em idade escolar no intuito de potencializar o sucesso das estratégias de reconhecimento do valor da geodiversidade e de engajamento público na urgência de sua preservação.

Este trabalho apresentou assim como principal objetivo divulgar a geodiversidade ao público não especialista com idade entre 8 e 12 anos usando o modelo dos serviços dos ecossistemas, e foi no livro paradidático informativo, que não segue a seriação e a sequência

de conteúdos recomendadas nos currículos, que investimos nossos esforços. Graças a essa característica, foi possível desenvolver o tema sobre geodiversidade em profundidade e em vários ângulos, ligando-o a outras áreas do conhecimento e inserindo-o em um contexto que faz sentido para o jovem leitor.

O futuro do patrimônio geológico e da geoconservação depende da popularização das atuações da geodiversidade na garantia do bem-estar humano dentro da sociedade como um todo.



## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa proporcionou um levantamento histórico sobre a introdução da palavra e do conceito “geodiversidade” mencionados em produção científica pela primeira vez em 1993, logo após a Convenção sobre Diversidade Biológica realizada durante a ECO-92 no Rio de Janeiro em junho de 1992. Gray (2008) revisou e atualizou o conceito “geodiversidade” e entre 2011 e 2012 o mesmo autor evidenciou o papel da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos e sua importância na garantia do bem-estar humano.

Hoje o termo “geodiversidade” tornou-se amplamente usado no meio acadêmico e, principalmente, na União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) cujo Grupo de Especialistas em Patrimônio Geológico, desde 2013, fornece aconselhamento especializado em todos os aspectos da geodiversidade em relação às áreas protegidas e sua gestão.

Embora exista todo um esforço na pesquisa e em trocas de informação entre os pares acadêmicos, as descobertas e avanços não estão alcançando o grande público. Os trabalhos destacam uma grande preocupação com a conservação e o gerenciamento sustentável dos elementos da geodiversidade. Porém, o conhecimento produzido não está sendo repassado para o público com o maior potencial gerador de mudanças - os jovens em idade escolar. Isto porque a Educação representa a base para a transformação de uma sociedade.

Devido a carência de recursos didáticos de caráter interdisciplinar na área das Ciências Naturais, especialmente no que se refere aos temas relacionados ao papel da geodiversidade no contexto dos serviços ecossistêmicos e com base nos resultados das comparações curriculares, observou-se que grande parte da sociedade desconhece a importância da geodiversidade na prestação dos serviços ecossistêmicos.

Espero que este trabalho contribua para a reivindicação do posto da Geodiversidade como parte integrante dos ecossistemas cuja relevância nas ações de conservação deve ser considerada, represente um incentivo na implementação da Geologia como disciplina nos currículos brasileiros, desempenhe um estímulo à inclusão dos serviços geossistêmicos nos livros didáticos (Brasil) e manuais escolares (Portugal) e produza um material que venha a ser utilizado em atividades extracurriculares e em Atividades de Enriquecimento Curricular (AEC).

Espero, também, que os resultados deste trabalho enriqueçam e contribuam com o desenvolvimento e a ampliação de métodos de ensino de Ciências, Biologia e Geologia para professores que venham a utilizá-lo e que represente um incentivo à novas pesquisas

relacionadas a esse tema e que o livro evolua para um produto mais interativo. Além disso, o livro produzido foi criado com a intenção de ser uma ferramenta estimuladora tanto em sala de aula quanto fora, que visa a integração do cotidiano do leitor no processo de ensino-aprendizagem beneficiando tanto o trabalho do professor quanto o processo de conscientização do pequeno cidadão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, P., Brown, C., Arneith, A., Finnigan, J., & Rounsevell, M. D. (2016). Human appropriation of land for food: the role of diet. *Global Environmental Change*, 41, 88-98.
- Amador, F. (2008). O ensino da geologia nas escolas portuguesas, durante o século XIX e a primeira metade do século XX: reformas curriculares e manuais escolares. *Terrae Didatica*, 3 (1), 4-17. Disponível em: [https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v3/pdf-v3/TD3-4\\_17.pdf](https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v3/pdf-v3/TD3-4_17.pdf).
- Andrade, D. C. de; Romeiro, A. R. (2009). Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma "Economia dos Ecossistemas". Campinas: IE/Unicamp, 159, maio.
- Andrade, D. C. de; Romeiro, A. R. (2009). Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Campinas: IE/Unicamp, 155, fev.
- Barco, J. L. (1999). Geology and environmental workshop for children. In: Barretino, D; Vallejo, M; Gallego, E (Eds). *Towards the balanced management and Conservation of the geological heritage in the new millenium*. P. 354-357. Madrid (Spain).
- Barnosky, A. D.; Matzke, N.; Tomiya, S.; (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471: 51–57.
- Barros, P. A. A. (2011). Análise do Efeito da Acidificação dos Oceanos no Desenvolvimento Larvar de *Crassostrea gigas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Universidade Nova de Lisboa.
- Begon, M., Townsend C.R., & Harper J.L. (2007). *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Brasil, Secretaria de Educação Fundamental (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais: apresentação dos temas transversais, ética*. Brasília: MEC/SEF.
- Brasil, Secretaria de Educação Fundamental (1998). *Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais / Secretaria de Educação Fundamental*. Brasília: MEC / SEF.
- Brasil, Secretaria de Educação Fundamental (1998). *Parâmetros curriculares nacionais: geografia / Secretaria de Educação Fundamental*. Brasília: MEC/ SEF.
- Brilha, J. (2004). A Geologia, os geólogos e o manto da invisibilidade. *Comunicação E Sociedade*, 6, 257-265. [https://doi.org/10.17231/comsoc.6\(2004\).1238](https://doi.org/10.17231/comsoc.6(2004).1238)
- Brilha, J.B.R. (2005). *Património geológico, geoconservação: A conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga, Portugal: Palimage.
- 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.

- Brundtland, G. H. (1987). Our common future. Report of the World Commission of Environment and Development. United Nations.
- Burek, C. V. & C. D. Prosser (2008). The history of geoconservation: an introduction. In: C. V. Burek & C. D. Prosser (Ed.): The history of geoconservation: 1-5. The Geological Society, London.
- Carneiro C.D.R., Toledo M.C.M.; Almeida F.F.M. (2004). Dez motivos para a inclusão de temas de geologia na educação básica. Rev. Bras. Geoc., 34(4): 553-560.
- Casarini y Farias, P. y P., (2009). Trabalho de conclusão de curso, Didactica: Tipografia para livros didáticos infantis.
- Comissão Europeia (2012). Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia.
- Constanza, R.; Daly, H. E. (1992). Natural capital and sustainable development. Conservation Biology.
- Costanza, R.; D'arge, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, v. 1, p. 3-15.
- Daily, G.C. (1997). Nature's services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington, DC.
- Darwin, C. (2014). A origem das espécies, 6a. ed. Tradução de Carlos e Anna Duarte. Prefácio de Nelio Bizzo. São Paulo. Editora: Martin Claret Ltda.
- De Groot, R. (Coord.) (2010). Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation (Chapter 1). The Economics of Ecosystems & Biodiversity (TEEB).
- Donovan, S.K. (1994). Mass extinction. New York: Columbia University Press, 266p.
- Fernandes, C.H. de M.; Alves, R.; Silve, A.C.B.L.; Barreto, A.M.F. (2003). Preparação de kits didáticos paleontológicos de exemplares típicos das Bacias sedimentares PE-PB e Araripe. Paleontologia em Destaque 44: 5.
- Fernandes, M.A. (2005). Utilização de réplicas de fósseis no Ensino Fundamental para a construção de mapas paleogeográficos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA / CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 19 / 6., Aracaju, SE. Cd de Resumos.
- Ferreira, M.F. do A.; Machado, V.D.; Souza, A.R. de; Pinto, F.M.; Machado, D.M. da C. (2003). Kit didático (apostila e réplicas de fósseis em gesso) como incentivo à Paleontologia no Ensino Fundamental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18., Brasília, DF. Boletim de Resumos, p. 130-131.
- Fox, N.; Graham, LG; Eigenbrod, F.; Bullock, JM & Parks, KE (2020). Incorporating geodiversity in ecosystem service decisions, Ecosystems and People, 16:1, 151-159, DOI: 10.1080/26395916.2020.1758214

- Frey, M. L; Schafer, K; Buchel, G; Patzak, M. (2006). Geoparks – a regional European and global policy. In: Dowling, R e Newsome, D. (Edits.) Geotourism. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann. P.95-118.
- Galopim de Carvalho, A. M. (2007). Como Bola Colorida, a Terra, Património da Humanidade. Lisboa, Âncora Editora, 245p.
- Geertman, S., and Stillwell, J. (2000). Geoinformation, Geotechnology and Geoplanning in the 1990s. [https://www.researchgate.net/publication/46635223\\_Geoinformation\\_Geotechnology\\_and\\_Geoplanning\\_in\\_the\\_1990s](https://www.researchgate.net/publication/46635223_Geoinformation_Geotechnology_and_Geoplanning_in_the_1990s)
- Gordon JE, Barron HF. (2013). The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland. *Scott Geog J.* 49(1):41–58.
- Gray, M. (2004). Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. 1ª edição. Chichester, John Wiley & Sons, 434p.
- Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation* 38 (3): 271–274, Foundation for Environmental Conservation.
- Gray M. (2012). Valuing geodiversity in an ‘Ecosystem Services’ context. *Scott Geog J.* 128(3–4):177–194.
- Gray, M.: (2013). Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. 2ª edição. Chichester, John Wiley & Sons.
- Gray, M.; Gordon, J.E.; Brown, E. J. (2013). Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. *Proceedings of the Geologists’ Association*, v. 124, p. 659–673.
- Greco, R; Almberg, L. (Org.) (2016). Earth Science Education: Global Perspectives. 1 ed. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS. v. 1, p. 355.
- Jablonski D. (2001). Lessons from the past: evolutionary impacts of mass extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(10), 5393–5398. <https://doi.org/10.1073/pnas.101092598>
- Kellner, A.W.A. (1999). Exposição "no tempo dos dinossauros". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 16., Crato, CE. Boletim de Resumos, p. 52.
- Kellner, A.W.A.; Azevedo, S.A.K.; Santos, J.R.L.; Campos, D.A. (2005). Ciência, Arte e Tecnologia: trazendo o passado para o presente visando o futuro - um exemplo de exposição interativa. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia / Congresso Latino-americano de Paleontologia, 19 / 6., Aracaju, SE. Cd de Resumos.
- Kemp, T. S. (1999). Fossils and evolution. Oxford University Press: Oxford. Pp vi+284
- Lima, C.; Menezes, J. E.; e Gomes, A. T.; (2012). Textos de apoio de Geologia de Engenharia. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto.

- Male, A., (2007). Illustration: A theoretical & contextual perspective.
- Mateus, A. (Coord.) (2008). Solo: a pele da Terra. Departamento de Geologia da FCUL, Lisboa, 45 pp. Acessível em <http://geologia.fc.ul.pt/documents/163.pdf>, consultado em 06/08/2020.
- Menezes, L. C. de, Smole, K. C. S., Pitombo, L. R. de M., Marcondes, M. E. R., Diniz, M. I. de S. V., Sonsine, M. I. I., et al. (1999). Parâmetros curriculares nacionais: Ensino médio - Ciências da natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica.
- Martins, I.; Cassab, M.; Rocha, M. B. (2001). Análise do processo de reelaboração discursiva de um texto de divulgação científica para um texto didático. Anais do III ENPEC, (pp. 1-8). Atibaia.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). Avaliação Ecosistêmica do Milênio. <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html> (último acesso em 27/03/2020).
- Ministério da Educação (sd). Organização Curricular e Programas. 1.º Ciclo do Ensino Básico. 4.ª ed. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação. Disponível em: [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Basico/Metas/Estudo\\_Meio/eb\\_em\\_programa\\_1c.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Basico/Metas/Estudo_Meio/eb_em_programa_1c.pdf)
- Ministério da Educação e Ciências (2013). Metas Curriculares Ensino Básico Ciências Naturais 5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação. Disponível em: [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb\\_cn\\_metas\\_curriculares\\_5\\_6\\_7\\_8\\_a\\_no\\_0.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cn_metas_curriculares_5_6_7_8_a_no_0.pdf)
- Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (2001). Programa de Biologia e Geologia 10.º ano. Cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologia. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação. Disponível em: [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos\\_Disciplinas\\_novo/Curso\\_Ciencias\\_Tecnologias/Biologia\\_Geologia/biologia\\_geologia\\_10.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Biologia_Geologia/biologia_geologia_10.pdf)
- Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (2003). Programa de Biologia e Geologia 11.º ano. Cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologia. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação. Disponível em: [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos\\_Disciplinas\\_novo/Curso\\_Ciencias\\_Tecnologias/Biologia\\_Geologia/biologia\\_geologia\\_11.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Biologia_Geologia/biologia_geologia_11.pdf)
- Ministério da Educação, Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular (2004). Programa de Geologia 12.º ano. Cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologia. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação. Disponível em: [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos\\_Disciplinas\\_novo/Curso\\_Ciencias\\_Tecnologias/Geologia/geologia\\_12.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Geologia/geologia_12.pdf)
- Ministério do Meio Ambiente (2011). Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro / Wigold Bertoldo Schäffer... [et al.]. – Brasília. 96 p.: il. color.; 29 cm. + mapas. (Série Biodiversidade, 41)

- Moraes, Danielle Serra de Lima, & Jordão, Berenice Quinzani (2002). Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Revista de Saúde Pública*, 36(3), 370-374. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>
- Moreira, J. C. (2008). Patrimônio Geológico em Unidades de Conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas. Tese de Doutorado: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Centro de Filosofia e Ciências Humanas - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis/SC- Brasil. 428 p.
- Moura, G.J.B. de; Barreto, A.M.F. (2003). Análise do grau de abordagem do tema Paleontologia nos livros de Biologia do Ensino Médio. *Paleontologia em Destaque* 44: 6.
- Nascimento, M.A.L.; Ruchkys, U.A. & Mantesso-Neto, V. (2008). Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. Sociedade Brasileira de Geologia, Rio Grande do Norte. Sociedade Brasileira de Geologia, 84p
- Oliveira, A. M. R. (2014). Avaliação e valorização do potencial educativo de geossítios no Geoparque Terras de Cavaleiros – Braga. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.
- Oliveira, E.C.; Albuquerque, J.A.C.; Silva, E.A.; Marinho, T.S. (2003). A aplicação da Paleontologia como Ciência no Ensino Fundamental. *Paleontologia em Destaque* 44: 4.
- Paleontological Society Education and Outreach Committee (2014). *A Guide to Outreach: Engaging the Public with Paleontology*. The Paleontological Society.
- Pereira, A. R. S., Filho, A. A. C., Silva, C. A. da, Bittencourt, C. M. F., et al. (1999). Parâmetros curriculares nacionais: Ensino médio - Ciências Humanas e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica.
- Pereira, D. I.; Pereira, P.; Brilha, J. (2019). A Geodiversidade no Contexto dos Serviços dos Ecossistemas. *Água e Território um Tributo a Catarina Ramos*.
- Pievani, T. (2014). The sixth mass extinction: Anthropocene and the human impact on biodiversity. *Rend. Fis. Acc. Lincei* 25, 85–93 (2014)
- Rampino, Michael & Caldeira, Ken & Prokoph, Andreas (2019). What causes mass extinctions? Large asteroid/comet impacts, flood-basalt volcanism, and ocean anoxia—Correlations and cycles. 10.1130/2019.2542(14).
- Rebello, D.; Marques, E.; e Marques, L. (2005). Formação de professores: contributo de materiais didáticos para a inovação das práticas. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. Disponível em: [http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2005nEXTRA/edlc\\_a2005nEXTRA377forpro.pdf](http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRA377forpro.pdf)
- Rocha, P. (2003). O trabalho de campo no processo de alfabetização científica dos cidadãos: Investigação desenvolvida na praia de Lavadores – Vila Nova de Gaia. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Reichl, C., Schatz, M. (2019). *World Mining Data 2019*. International Organizing Committee for the World, Vienna, Volume 34, 6-28.

- Ricklefs, R. E. (2010) *A Economia da Natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Sharples, C. (2002). *Concepts and principles of geoconservation*. Tasmanian Parks & Wildlife Service, Hobart.
- Silva, M. L. N. (2016). *Geodiversidade na cidade de Natal (RN): valores, classificações e ameaças*. Relatório de Graduação apresentado ao curso de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: Brasil.
- Silva, M. L. N., Nascimento, M. A. L. (2016). Os Valores da Geodiversidade de Acordo com os Serviços Ecosistêmicos Sensu Murray Gray Aplicados a Estudos In Situ na Cidade do Natal (RN). *Caderno de Geografia*, v.26, número especial 2.
- Silva, P. C. M. (2007). *Inventariação do património geológico do concelho de Vieira do Minho e a sua utilização com fins didácticos – Braga*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.
- Silva, R.M.; Martine, A.M.; Zampirolli, A.P.; Oliveira, J.B. de. (1999). Sala das Ciências da Terra Prof. Dr. Setembrino Petri II - atividade científica utilizando a Paleontologia como instrumento para a Educação Ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 16., Crato, CE. *Boletim de Resumos*, p. 108.
- Silva, S. D. (1999). A paleontologia nos livros didáticos de 1º grau: um estudo qualitativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15., São Pedro. *Boletim de Resumos*. São Pedro, SBP, 1997. p. 177.
- Soares, M.B. (Org.) (2015). *A paleontologia na sala de aula*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 714p.
- TEEB (2010), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: London and Washington.
- Toledo M.C.M. (2005). *Geociências no Ensino Médio Brasileiro. Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais*. *Geologia USP Publ. Esp.*, 3:31-44.
- Torello-de-Mello, F.; Mello, L.H.C. de; Zucon, M.H. (2005). Da Educação Infantil a Educação Superior: um único recurso didático e várias formas de ensinar Paleontologia. CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA / CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 19 / 6., Aracaju, SE. *Cd de Resumos*.
- Turner, R. K.; Daily, G. C. (2008). The ecosystem services framework and natural capital conservation. *Environmental and Resources Economics*.
- van der Meulen ES, Braat LC, Brils JM. (2016). Abiotic flows should be inherent part of ecosystemservices classification. *Ecosyst Serv*. 19:1–5. doi:10.1016/j.ecoser.2016.03.007
- Van Ree CCDF, Van Beukering PJH. (2016). Geosystem services: A concept in support of sustainable development of the subsurface. *Ecosyst Serv*. 20:30–36. doi:10.1016/j.ecoser.2016.06.004
- Veltmeyer, Henry. (2008). *Civil Society and Local Development*. *Interações (Campo Grande)*, 9(2), 229-243. <https://doi.org/10.1590/S1518-70122008000200010>



Wyssession, M., *et al.*, (2009). The Earth Science Literacy Principles, NSF.

## WEBSITES

- [1] What are mass extinctions, and what causes them? Acessado em: [www.nationalgeographic.com/science/prehistoric-world/mass-extinction/](http://www.nationalgeographic.com/science/prehistoric-world/mass-extinction/)
- [2] Past extinctions point to a current and future biodiversity crisis. Acessado em: [www.theguardian.com/science/2017/jul/19/past-extinctions-point-to-a-current-and-future-biodiversity-crisis](http://www.theguardian.com/science/2017/jul/19/past-extinctions-point-to-a-current-and-future-biodiversity-crisis)
- [3] Resurrecting Pompeii. Acessado em: [www.smithsonianmag.com/history/resurrecting-pompeii-109163501/](http://www.smithsonianmag.com/history/resurrecting-pompeii-109163501/)
- [4] Mount Vesuvius erupts. Acessado em: [www.history.com/this-day-in-history/vesuvius-erupts](http://www.history.com/this-day-in-history/vesuvius-erupts)
- [5] The Volcano That May Have Killed Off the Neanderthals Is Stirring Once Again. Acessado em: [www.smithsonianmag.com/smart-news/volcano-maybe-killed-neanderthals-stirring-once-again-180961549/](http://www.smithsonianmag.com/smart-news/volcano-maybe-killed-neanderthals-stirring-once-again-180961549/)
- [6] Supervolcano Cleared in Neanderthals' Demise. Acessado em: [www.livescience.com/48432-supervolcano-cleared-in-neanderthals-extinction.html](http://www.livescience.com/48432-supervolcano-cleared-in-neanderthals-extinction.html)
- [7] Volcanology - BGS Research. Acessado em: [www.bgs.ac.uk/research/volcanoes/icelandic\\_ash.html](http://www.bgs.ac.uk/research/volcanoes/icelandic_ash.html)
- [8] Flight disruptions cost airlines \$1.7bn, says IATA. Acessado em: [news.bbc.co.uk/2/hi/business/8634147.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8634147.stm)
- [9] Um Planeta Em Chamas. Acessado em: [www.natureza-portugal.org/o\\_que\\_fazemos\\_222/florestas/incendios\\_2/](http://www.natureza-portugal.org/o_que_fazemos_222/florestas/incendios_2/)
- [10] Benchmarks: November 1, 1755: Earthquake destroys Lisbon. Acessado em: [www.earthmagazine.org/article/benchmarks-november-1-1755-earthquake-destroys-lisbon](http://www.earthmagazine.org/article/benchmarks-november-1-1755-earthquake-destroys-lisbon)
- [11] The Lisbon Earthquake of 1755. Acessado em: [lisbonlisboaportugal.com/Lisbon-information/1755-lisbon-earthquake.html](http://lisbonlisboaportugal.com/Lisbon-information/1755-lisbon-earthquake.html)
- [12] Massive earthquake strikes Haiti. Acessado em: [www.history.com/this-day-in-history/massive-earthquake-strikes-haiti](http://www.history.com/this-day-in-history/massive-earthquake-strikes-haiti)
- [13] 2010 Haiti earthquake: Facts, FAQs, and how to help. Acessado em: [www.worldvision.org/disaster-relief-news-stories/2010-haiti-earthquake-facts](http://www.worldvision.org/disaster-relief-news-stories/2010-haiti-earthquake-facts)

- [14] 2011 Japan earthquake and tsunami: Facts, FAQs, and how to help. Acessado em: <https://www.worldvision.org/disaster-relief-news-stories/2011-japan-earthquake-and-tsunami-facts>
- [15] 2011 Japan Earthquake - Tsunami Fast Facts. Acessado em: [edition.cnn.com/2013/07/17/world/asia/japan-earthquake---tsunami-fast-facts/index.html](http://edition.cnn.com/2013/07/17/world/asia/japan-earthquake---tsunami-fast-facts/index.html)
- [16] A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas. Acessado em: [repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/328/2/A%20trag%C3%A9dia%20da%20regi%C3%A3o%20serrana%20do%20Rio%20de%20Janeiro%20em%202011%20procurando%20respostas.pdf](http://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/328/2/A%20trag%C3%A9dia%20da%20regi%C3%A3o%20serrana%20do%20Rio%20de%20Janeiro%20em%202011%20procurando%20respostas.pdf)
- [17] Total de desabrigados e desalojados na Região Serrana é de quase 30 mil. Acessado em: [g1.globo.com/rio-de-janeiro/chuvas-no-rj/noticia/2011/01/total-de-desabrigados-e-desalojados-na-regiao-serrana-e-de-quase-30-mil.html](http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/chuvas-no-rj/noticia/2011/01/total-de-desabrigados-e-desalojados-na-regiao-serrana-e-de-quase-30-mil.html)
- [18] Chuva na Região Serrana é maior tragédia climática da história do país. Acessado em: [g1.globo.com/rio-de-janeiro/chuvas-no-rj/noticia/2011/01/chuva-na-regiao-serrana-e-maior-tragedia-climatica-da-historia-do-pais.html](http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/chuvas-no-rj/noticia/2011/01/chuva-na-regiao-serrana-e-maior-tragedia-climatica-da-historia-do-pais.html)
- [19] The Great 1931 China Flood. Acessado em: [www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=8b434085c8794f7a957ad239359c8096](http://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=8b434085c8794f7a957ad239359c8096)
- [20] Central China flood, 1931. Acessado em: [disasterhistory.org/central-china-flood-1931](http://disasterhistory.org/central-china-flood-1931)
- [21] Riscos costeiros: para melhor os compreender e lhes fazer face. Acessado em: [corimat.net/wp-content/uploads/2017/03/1a-GeneralGuide\\_PO.pdf](http://corimat.net/wp-content/uploads/2017/03/1a-GeneralGuide_PO.pdf)
- [22] Como a erosão afeta 60% do litoral brasileiro e deforma centenas de quilômetros de praia. Acessado em: [www.bbc.com/portuguese/brasil-46783072](http://www.bbc.com/portuguese/brasil-46783072)
- [23] Social, cultural, environmental, and economic impacts from harbour and coastal erosion. Acessado em: <https://haveyoursay.westernbay.govt.nz/15543/widgets/151742/documents/28922>
- [24] What would happen if a "supervolcano" eruption occurred again at Yellowstone? Acessado em: [https://www.usgs.gov/faqs/what-would-happen-if-a-supervolcano-eruption-occurred-again-yellowstone?qt-news\\_science\\_products=0#qt-news\\_science\\_products](https://www.usgs.gov/faqs/what-would-happen-if-a-supervolcano-eruption-occurred-again-yellowstone?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products)
- [25] Steam Explosions, Earthquakes, and Volcanic Eruptions—What’s in Yellowstone’s Future? Acessado em: <https://pubs.usgs.gov/fs/2005/3024/>
- [26] What would happen if the Yellowstone supervolcano actually erupted? Acessado em: <https://www.vox.com/2014/9/5/6108169/yellowstone-supervolcano-eruption>
- [27] Volcanic Eruption That Changed World Marks 200th Anniversary. Acessado em: <https://www.nationalgeographic.com/news/2015/04/150410-tambora-volcano-eruption-climate-change-famine-earth-science/>

- [28] A mineração e a Primeira Revolução Industrial. Acessado em:  
<https://www.notasgeo.com.br/2018/01/a-mineracao-e-primeira-revolucao.html>
- [29] A mineração e a Segunda Revolução Industrial. Acessado em:  
<https://www.notasgeo.com.br/2018/01/a-mineracao-e-segunda-revolucao.html>
- [30] A mineração e a Terceira Revolução Industrial. Acessado em:  
<https://www.notasgeo.com.br/2018/01/a-mineracao-e-terceira-revolucao.html>
- [31] A mineração e a Quarta Revolução Industrial. Acessado em:  
<https://www.notasgeo.com.br/2018/02/a-mineracao-e-quarta-revolucao.html>
- [32] Alfabetização e Cultura Científica: conceitos convergentes? Acessado em:  
<http://www.jornalismocientifico.com.br/revista/01/artigos/artigo5.asp>



# Geodiversidade nossa de cada dia

Nathália Lima

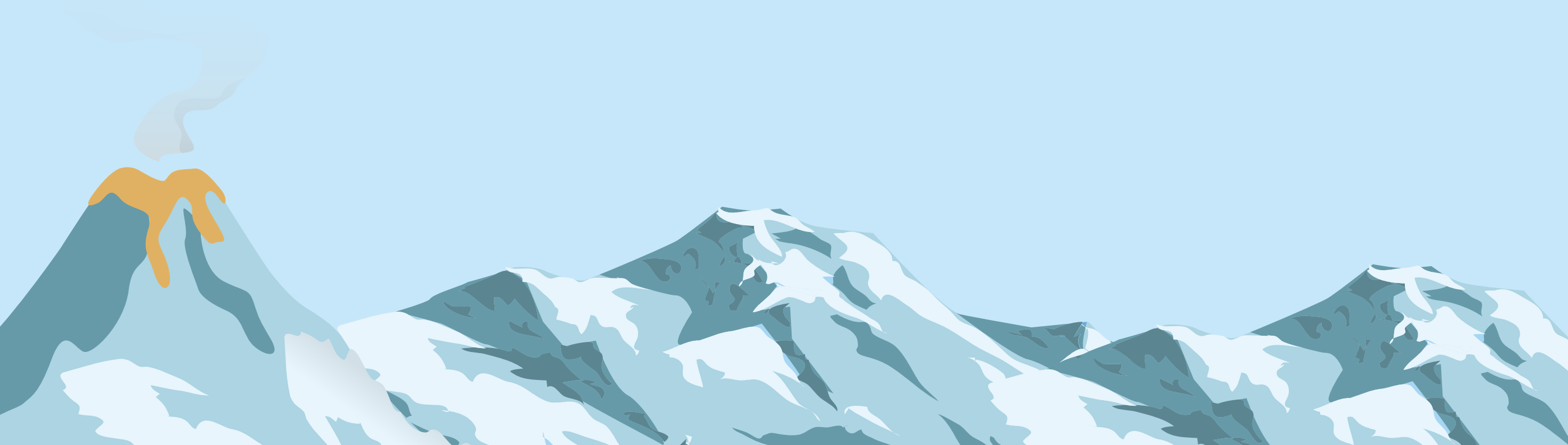


**Revisão** Dr. Diamantino Pereira  
**Edição** Nathália Lima

**Design editorial** Rafael Mathias  
**Ilustração** Rafael Mathias

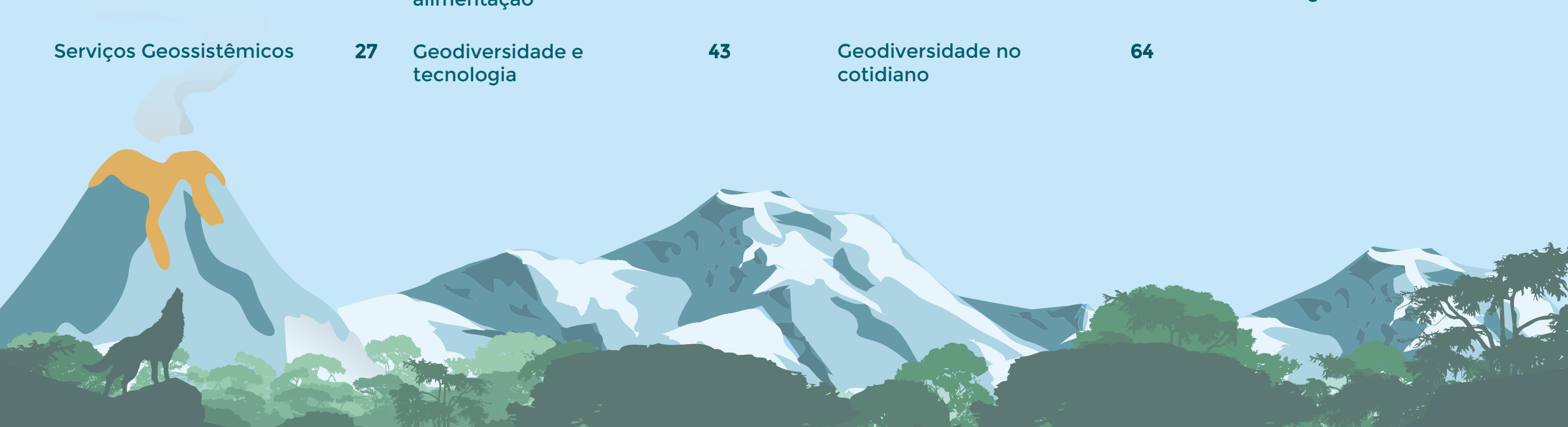
# **Geodiversidade nossa de cada dia**

**Nathália Lima**



# Índice

|   |    |                                     |    |                                   |    |   |    |
|---|----|-------------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|
| Glossário                                 | 6  | Geodiversidade e plataformas        | 28 | Dissecação de um smartphone       | 47 | Geodiversidade e segurança              | 67 |
| Planeta Terra                             | 11 | Geodiversidade e produção primária  | 32 | Geodiversidade e mercado mundial  | 52 | Geodiversidade e impactos da humanidade | 71 |
| Efeito Estufa vs. Aquecimento global      | 12 | Geodiversidade e a energia elétrica | 35 | Geodiversidade e construção civil | 56 | Geodiversidade e Geoconservação         | 75 |
| As incríveis habilidades do planeta Terra | 15 | Geodiversidade e clima              | 36 | Dissecação de uma moradia         | 59 | Conclusão                               | 79 |
| Biodiversidade e Geodiversidade           | 20 | Geodiversidade e alimentação        | 40 | Geodiversidade e cultura          | 60 | Lista de imagens                        | 80 |
| Serviços Geossistêmicos                   | 27 | Geodiversidade e tecnologia         | 43 | Geodiversidade no cotidiano       | 64 |   |    |





# Glossário

- Zona habitável** Área ao redor de uma estrela na qual um planeta é capaz de ter água no estado líquido.
- Fotossíntese** Processo de conversão da energia solar em energia química para produção de compostos orgânicos.
- Ciclos biogeoquímicos** Processos naturais em que ocorre a ciclagem dos elementos, ou seja, sua passagem do meio ambiente (componentes físico-químicos) para os organismos vivos e destes de volta para o meio.
- Minerais** Um elemento químico ou um composto, geralmente cristalino, gerado por um processo geológico.
- Intempéries** Mau tempo ou quaisquer condições climáticas que estejam mais intensas.
- Camada de ozônio** Cobertura de gás ozônio presente na estratosfera que protege o planeta das radiações ultravioletas prejudiciais aos seres vivos.
- Radiação ultravioleta** Toda radiação com comprimento de onda menor que 400nm, sendo muito prejudicial aos seres vivos.
- Período glacial ou glaciação** Período de resfriamento da Terra, em que densas camadas de gelo recobrem pequenas ou grandes porções de terras emersas e congelam os oceanos em determinadas regiões.
- Área emersa** Área que não está coberta pelas águas, ou seja, está acima delas.

**Metrópoles** Cidade de elevado desenvolvimento urbano e complexa rede de municípios, exercendo influências de ordem econômica, política e sociocultural.

**Fitoplâncton** Grupo de organismos microscópicos capaz de realizar fotossíntese, sendo a base da cadeia alimentar dos ambientes aquáticos.

**Indústria extrativista** Atividade econômica sustentada pela extração ou retirada de recursos naturais em sua forma original com fins lucrativos.

**Intemperismo ou meteorização** Atividade econômica sustentada pela extração ou retirada de recursos naturais em sua forma original com fins lucrativos.

**Erosão** Processo de desgaste, transporte e sedimentação do solo, dos subsolos e das rochas como efeito da ação dos agentes erosivos, tais como a água, os ventos e os seres vivos.

**Perfil pedológico** Características dos horizontes ou camadas subjacentes do solo em uma seção vertical.

**Biomassa** Toda matéria orgânica, de origem vegetal ou animal, utilizada na produção de energia.

**Resíduos radioativos** Resíduos com elementos químicos radioativos frequentemente um subproduto de material usado na medicina e na indústria; de acidentes; e de combustível exaurido de reator nuclear.

**Litificação** Processos que convertem sedimentos em rocha consolidada.

**Fossilização** Processo é raro e complexo que leva à geração de um fóssil.

**Permafrost** Tipo de solo formado por gelo, terra e rocha permanentemente congelados.

**Rochas carbonatadas** Tipo de rocha sedimentar cuja composição primária são os carbonatos.

**Íons** São átomos que perderam ou ganharam elétrons.

**Ph** Escala que indica com valores de 0 a 14 se uma solução é ácida, neutra ou básica.

**Reciclabilidade** Capacidade ou viabilidade para ser reciclado.

**Commodities** Mercadoria em estado bruto que pode ser estocada.

**Déficit** Aquilo que está em falta.

**PIB** Produto interno bruto - soma (em valores monetários) de todos os bens e serviços finais produzidos por uma região.

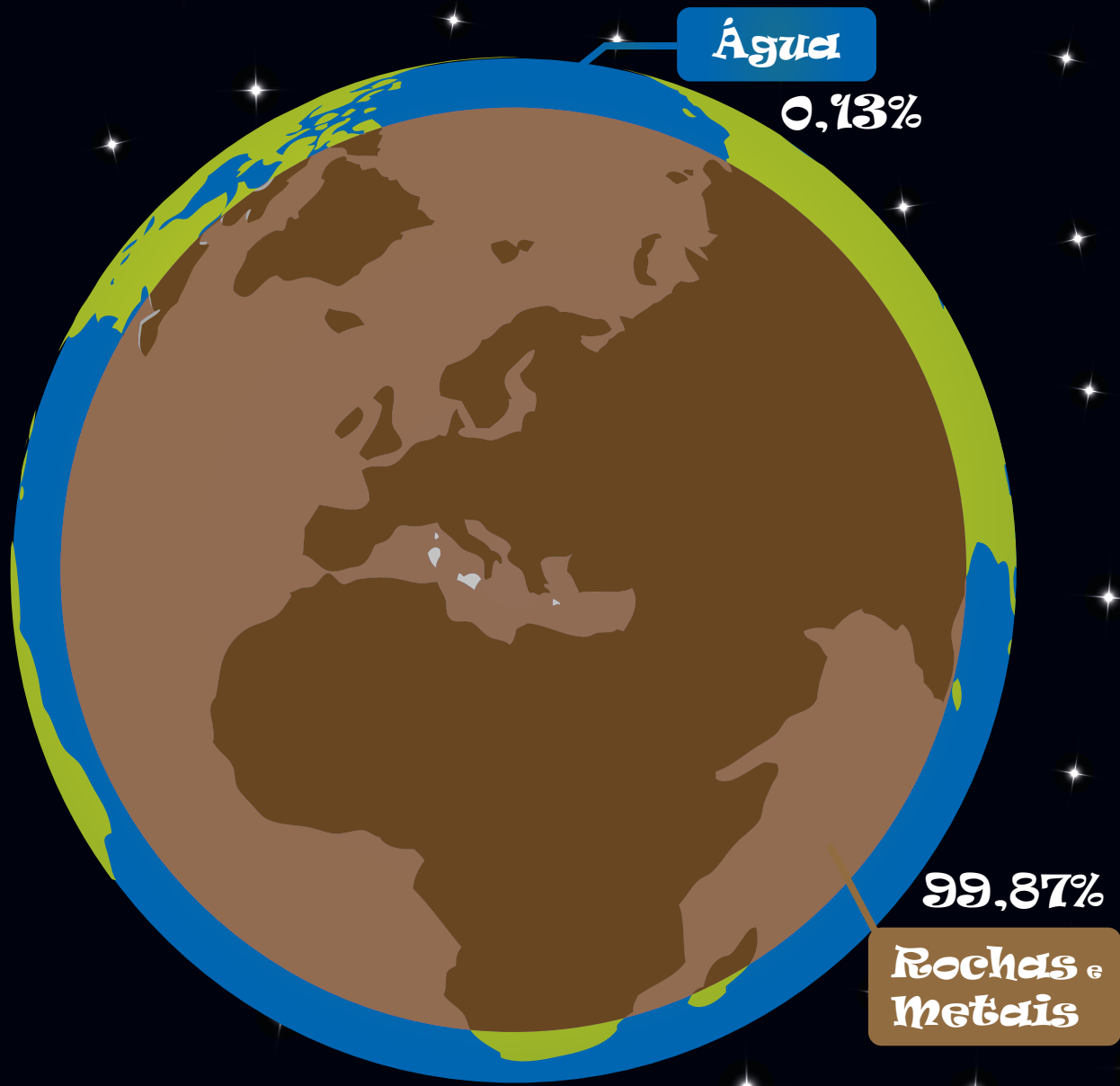
**Substrato rochoso** Superfície, base, ou ainda qualquer outro meio que possa servir de suporte a organismos vivos formado por rocha.

**Sismicidade** Refere-se à frequência, tipo e magnitude dos terremotos registrados ao longo de um período de tempo em uma região.

**Estuário** Ambiente aquático onde a água do rio e do mar se misturam, que fornece alimento e habitat a uma gama muito grande de seres vivos com papel determinante na cadeia alimentar marinha.

**Impermeabilização** ato de fazer com que a água, outro fluido, fungos e bactérias não consigam atravessar um material, uma área ou um objeto.

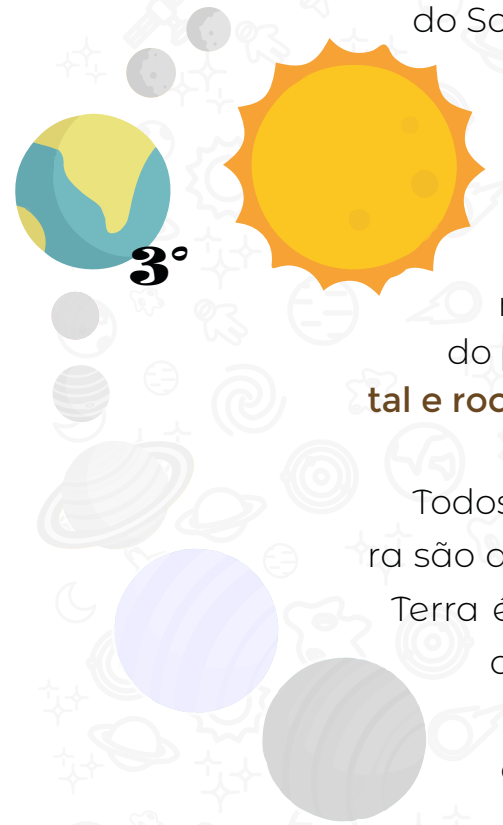




Volume total, estimado, da Terra é de 1083210000000 km<sup>3</sup>

# Planeta Terra

O nosso **Sistema Solar** é formado por **uma estrela (o Sol)**, **planetas** (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno), **cometas, planetas-anões e outros corpos celestes** que giram ao redor do Sol.



É o **terceiro planeta rochoso** mais próximo do Sol.

Apesar do planeta Terra ser também conhecido como “planeta água”, estima-se que somente **0.13%** do volume total do planeta é **água** e os restantes **99,87%** é **metal e rocha**.

Todos os seres vivos que habitam o planeta Terra são dádivas de suas incríveis habilidades pois a Terra é o único planeta do sistema solar que foi capaz de desenvolver vida como a conhecemos e é o único, até o momento, capaz de mantê-la.

Isto porque está localizada na zona habitável de sua estrela, o que permite que exista água em seus três estados físicos: líquido, sólido e gasoso. Além disso, a presença de gases de Efeito Estufa na atmosfera colabora para que sua temperatura média seja mantida por volta dos 15 °C.

Volume total, estimado, de água na Terra é de 1386000000 km<sup>3</sup>

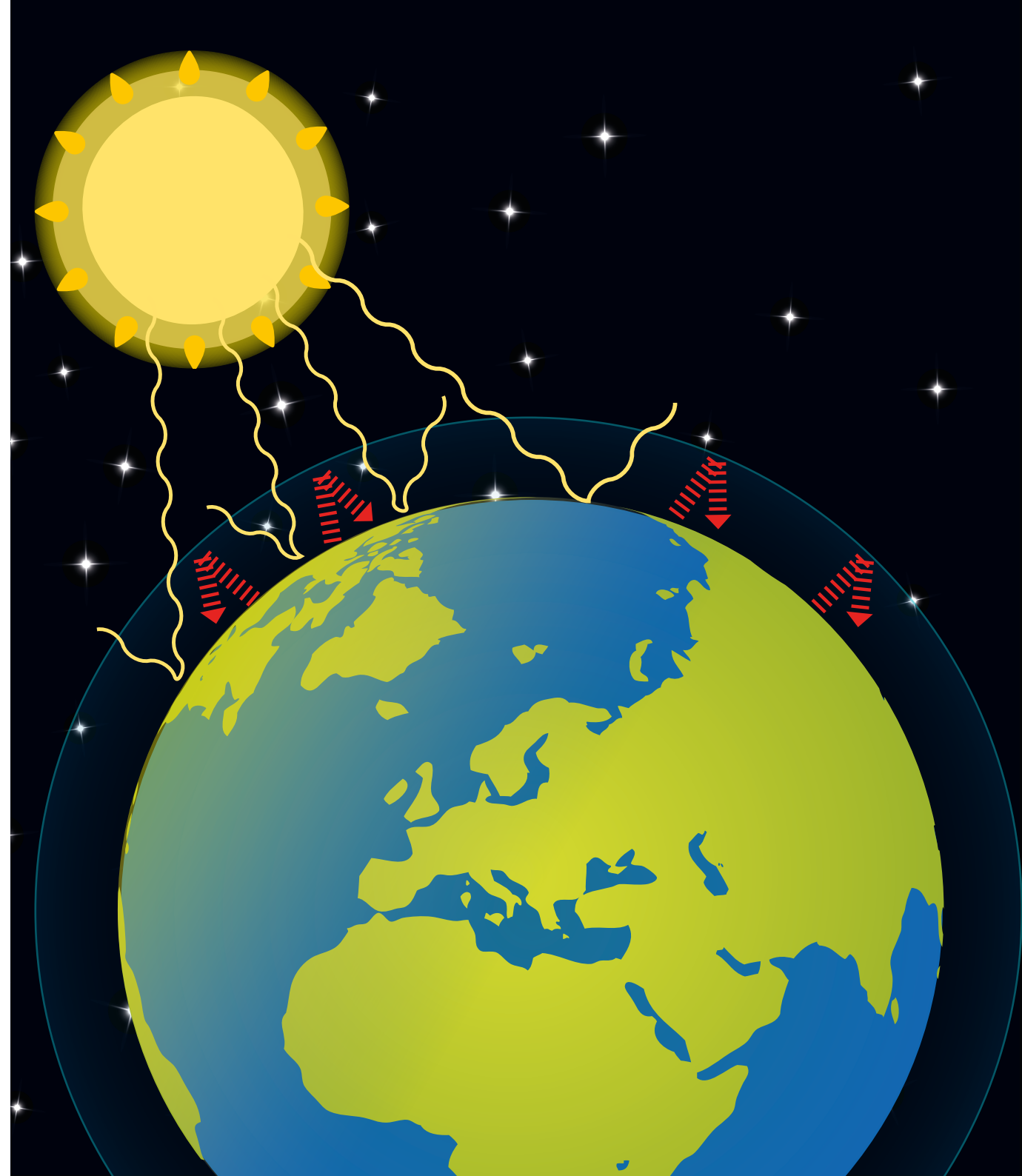
# Efeito estufa e Aquecimento global

Você sabe qual a diferença entre eles ?

Se não sabe, eu explico. Se já sabe, vamos relembrar...

**O Efeito Estufa** É um fenômeno natural que **mantem a atmosfera da Terra aquecida**. Quando os raios solares atingem a superfície da Terra, parte do calor deles fica preso na atmosfera e a outra parte se perde no espaço. Os gases (vapor de água, dióxido de carbono, ozônio, metano e óxido nitroso) agem como os vidros de uma estufa que deixam o calor irradiado do Sol entrar, mas não deixam este sair. No efeito estufa acontece a mesma coisa. Sem ele o nosso planeta seria muito frio e a vida humana provavelmente não existiria.

No caso do **Aquecimento global**, corresponde ao **processo de aumento da temperatura média dos oceanos e atmosfera terrestre**. Um fenômeno que vem sendo registrado pelo mundo todo durante as últimas décadas, cujas causas geram controvérsias no meio científico. Por um lado, sabe-se que o planeta possui vários ciclos naturais que causam severas mudanças climáticas. Por outro lado, há também, indícios de que as massivas emissões de gases provenientes da queima de combustíveis fósseis somados ao desmatamento favorecem o acúmulo de gases e intensificam o efeito estufa.





Nós, humanos, mais do que qualquer outra criatura, somos totalmente dependes dos recursosn oferecidos pelo planeta Terra. Desde o nascimento até a morte. Desde o surgimento de nossa espécie, passando pelo florescer das civilizações, até os dias globalizados e tecnológicos de hoje.

Já não nos basta somente alimento, água e ar respirável. O nosso bem-estar exige cada vez mais dos produtos, bens e serviços fornecidos pelas incríveis habilidades do planeta.

## **Voce sabe que habilidades são essas ?**

Na Ciência, essas habilidades são conhecidas como “funções ecossistêmicas” que surgem das interações entre os elementos de um ecossistema e proporcionam a produção de matéria e transferência de energia (fotossíntese), a reciclagem de nutrientes (ciclos biogeoquímicos), a regulação climática e do ciclo da água.

## **E o que é um ecossistema ?**

Um ecossistema é definido como o conjunto formado por comunidades bióticas (seres vivos) e fatores abióticos (elementos naturais não vivos) que interagem entre si.



# Como assim ?

## Por exemplo...

Em um jardim temos as plantas que precisam dos minerais do solo, água, ar e luz para crescer. Temos as lagartas que comem folhas e as abelhas e borboletas que se alimentam do néctar das flores. Há, também, os sapos e os pássaros que se alimentam tanto das abelhas e borboletas quanto dos frutos das plantas.

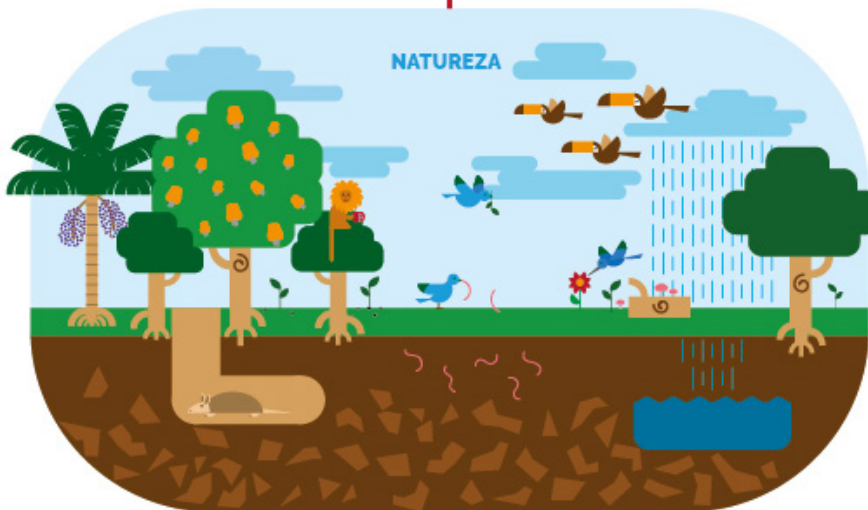
Não menos importantes temos os fungos e bactérias que se alimentam dos seres que morrem, devolvendo assim, seus nutrientes para o ambiente e reiniciando o ciclo. Lembrando que além das plantas todos os outros seres vivos também precisam de água e ar para sobreviver.

Aqui os minerais do solo, a água, o ar e a luz representam os fatores abióticos do ambiente. As plantas, os animais, os fungos e as bactérias representam os elementos bióticos. E as relações entre todos formam um ecossistema, que pode ser muito maior que um jardim.





**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS**  
Benefícios da natureza para as pessoas:  
provisão, regulação, culturais



\*imagem meramente ilustrativa

Como vimos antes, essas interações entre os elementos de um ecossistema geram as **funções ecossistêmicas**

**Como exemplos dessas funções temos:**

- A ciclagem de nutrientes efetuada por seres decompositores e pela ação das intempéries;
- A regulação de gases atmosféricos processada pelas plantas, pelos vulcões, pelas cianobactérias e outros;
- A polinização que pode ser realizada pelo vento, pela água, por insetos, aves, mamíferos e outros;
- O ciclo da água que depende do sol, dos corpos d'água, das plantas, do solo, das rochas, da atmosfera etc.;
- E muitos outros.

Essas funções geram “serviços ecossistêmicos” quando passam a desencadear uma série de benefícios direta ou indiretamente capazes de prover o bem-estar humano, nosso bem-estar.



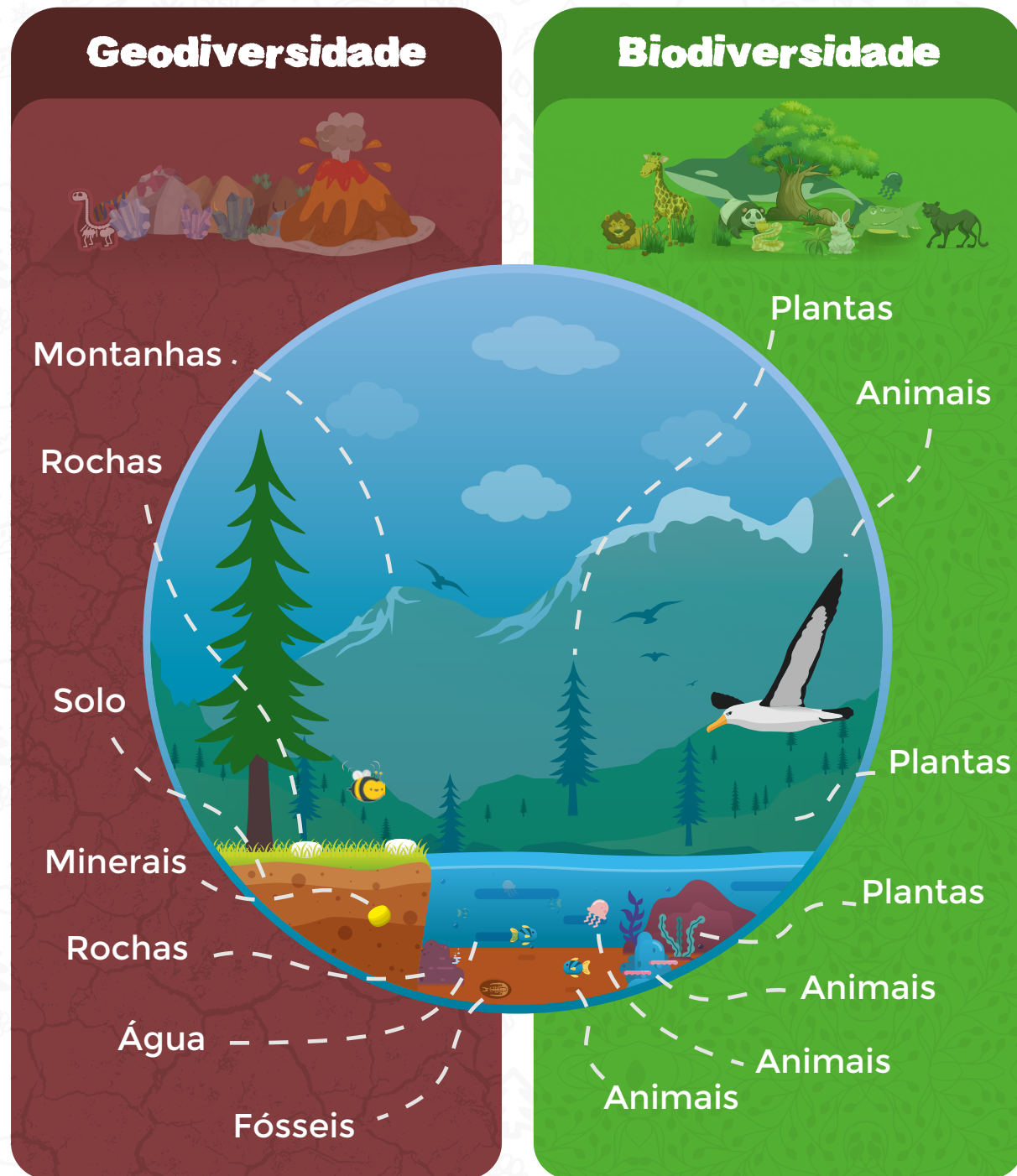
Você, provavelmente, já ouviu os cientistas, os professores, a mídia e quase todo o resto do mundo falando sobre a **importância de proteger a Biodiversidade para salvar os ecossistemas**, porém, estas pessoas andam a se esquecer do papel fundamental exercido pela Geodiversidade.

## Vou explicar melhor.

A **Biodiversidade** representa todos os seres vivos (bactérias, águas-vivas, insetos, fungos, plantas, humanos, aves, répteis etc.) e a **Geodiversidade** representa todos os elementos naturais não vivos da Terra (rochas, água subterrânea e superficial, minerais, sedimentos, solo, vulcões, montanhas, cânions, fenômenos físicos etc.).

Como você já aprendeu, um ecossistema é construído da relação entre estes dois elementos. Toda via, é a Geodiversidade que forneceu e ainda fornece os meios para o desenvolvimento da Biodiversidade.

Pense dessa forma: **Não basta proteger o Panda ou a baleia, se não salvarmos sua casa e suas fontes de sobrevivência.** Porque todo ser vivo depende de nutrientes químicos, água, ar e energia solar.





\*imagem meramente ilustrativa

Mas como assim, **é a Geodiversidade que forneceu e ainda fornece os meios para o desenvolvimento da Biodiversidade?**

## **Eu te digo que ...**

Há aproximadamente **4.000.000.000 de anos**, havia um oceano vermelho e raso composto por uma mistura pastosa que continha água e nutrientes químicos proveniente das rochas.

Na atmosfera primitiva, desprovida de camada de ozônio, havia uma rica mistura de gases como metano, amônia, hidrogênio e o vapor de água.

O constantemente bombardeamento de radiação ultravioleta (UV), as altas temperaturas e as descargas elétricas foram condições que **podem ter originado** espontaneamente substâncias orgânicas que viriam a dar origem a seres vivos muito simples que foram evoluindo para formas mais complexas até aos nossos dias.

# Muito tempo depois...

Entre cerca de **800 e 600 milhões de anos atrás**, o planeta entrou em um severo período glacial.

A capa de gelo que cobria o planeta tinha uns 5 km de espessura (do tamanho do Monte Quénia) e a temperatura média global chegou a **-50°C** (10 vezes mais frio que o congelador da sua casa).

Foi graças à atividades de vulcões que liberaram gases de efeito estufa que a **temperatura do planeta aumentou gradativamente**, o gelo derreteu e logo em seguida ocorreu a grande explosão de vida. Iniciou-se então uma nova Era (Era Paleozoica), iniciada pelo Período Cambriano.

Assim, a “**Explosão Cambriana**”, é uma expressão referente ao **surgimento súbito e de rápida diversificação de organismos multicelulares** que deram origem a todos os seres vivos que existem ou que já existiram.

# Escala de tempo geológico

| Eon         | Era          | Período     | Ma          | Época                            |   |   |
|-------------|--------------|-------------|-------------|----------------------------------|---|---|
| Fanerozóico | Cenozóico    | Quaternário | 2,6         | Holoceno<br>Pleistoceno          |   |   |
|             |              | Neógeno     | 23          | Plioceno<br>Miloceno             |   |   |
|             |              | Paleógeno   | 65,5        | Oligoceno<br>Eoceno<br>Paleoceno |   |   |
|             | Mezozoico    | Paleozóico  | Permiano    | 299                              |  |   |
|             |              |             | Carbonífero | 359                              |   |   |
|             |              |             | Devoniano   | 416                              |   | Idade dos anfíbios        |
|             |              |             | Siluriano   | 443                              |   |   |
|             |              |             | Ordoviciano | 488                              |   | Idade dos artrópodes     |
|             |              |             | Cambriano   | 542                              |   | Idade dos invertebrados  |
|             | Proterozóico |             |             | 2.500                            | Origem metazoários  |   |
|             | Arqueano     |             |             | 4.000                            | Primeiros organismos unicelulares   |   |
|             | Hadeano      |             |             | 4.600                            | Origem da Terra   |   |





## SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

São os benefícios que as pessoas obtêm da natureza. Os Serviços Ecosistêmicos são vitais para o bem estar humano e para as atividades econômicas.

### SERVIÇOS DE PROVISÃO

São os produtos que as pessoas obtêm da natureza.

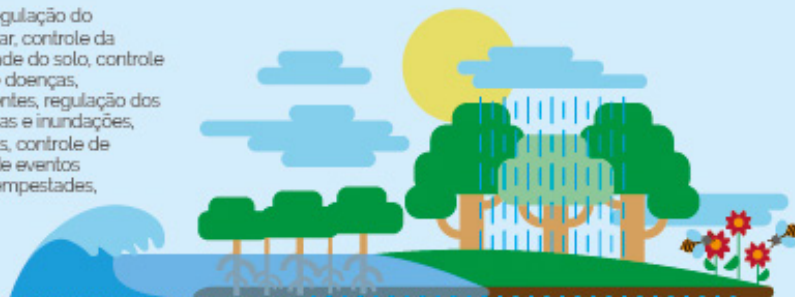
**Exemplo:** alimentos, água, fibras e sementes, madeira/lenha, carvão vegetal, plantas medicinais



### SERVIÇOS DE REGULAÇÃO

São os benefícios que as pessoas obtêm da regulação do ambiente feita pelos ecossistemas e/ou seres vivos.

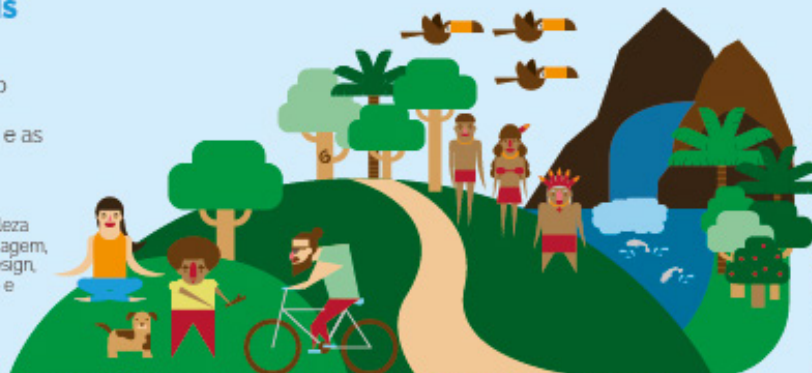
**Exemplo:** regulação do clima, regulação do microclima local e qualidade do ar, controle da erosão e manutenção da fertilidade do solo, controle biológico de pragas e vetores de doenças, polinização e dispersão de sementes, regulação dos fluxos de água e controle de secas e inundações, depuração biológica de efluentes, controle de desastres naturais/moderação de eventos climáticos extremos (furacões, tempestades, esmoronamentos de terra)



### SERVIÇOS CULTURAIS

São os benefícios que as pessoas obtêm do contato com a natureza que contribuem para a cultura e as relações sociais.

**Exemplo:** patrimônio cultural e identidade cultural/histórica, beleza cênica e de conservação da paisagem, inspiração para cultura, arte e design, lazer e recreação, valor científico e educacional dos ecossistemas, identidade espiritual e religiosa



Fontes: IBPES (2018), CICEIS (2017)

\*imagem meramente ilustrativa

## E hoje ?

Como a Geodiversidade sustenta a vida no planeta? E como ela provê o nosso bem-estar?

Para melhor entender os **serviços ecosistêmicos fornecidos pela Geodiversidade** – ou geossistêmicos – ele são divididos em **quatro categorias**.

**Serviços de suporte** – serviços necessários para a produção de todos os outros serviços. Esses recursos são: solo, água, habitats, plataformas etc.

**Serviços de regulação** – são os serviços reguladores das condições ambientais naturais, tais como: processos climáticos, ciclos biogeoquímicos, qualidade da água e dos solos etc.

**Serviços de provisão** – são serviços constituídos por todos os materiais providos pela natureza que consumimos como: rochas, metais preciosos etc.

**Serviços culturais** – são os benefícios que obtemos a partir do contato com natureza que contribuem para a cultura e relações sociais como ciência e lazer.

Vejam, a seguir, a atuação dos serviços Geossistêmicos de maior impacto em nossas vidas.



# Geodiversidade e plataformas...

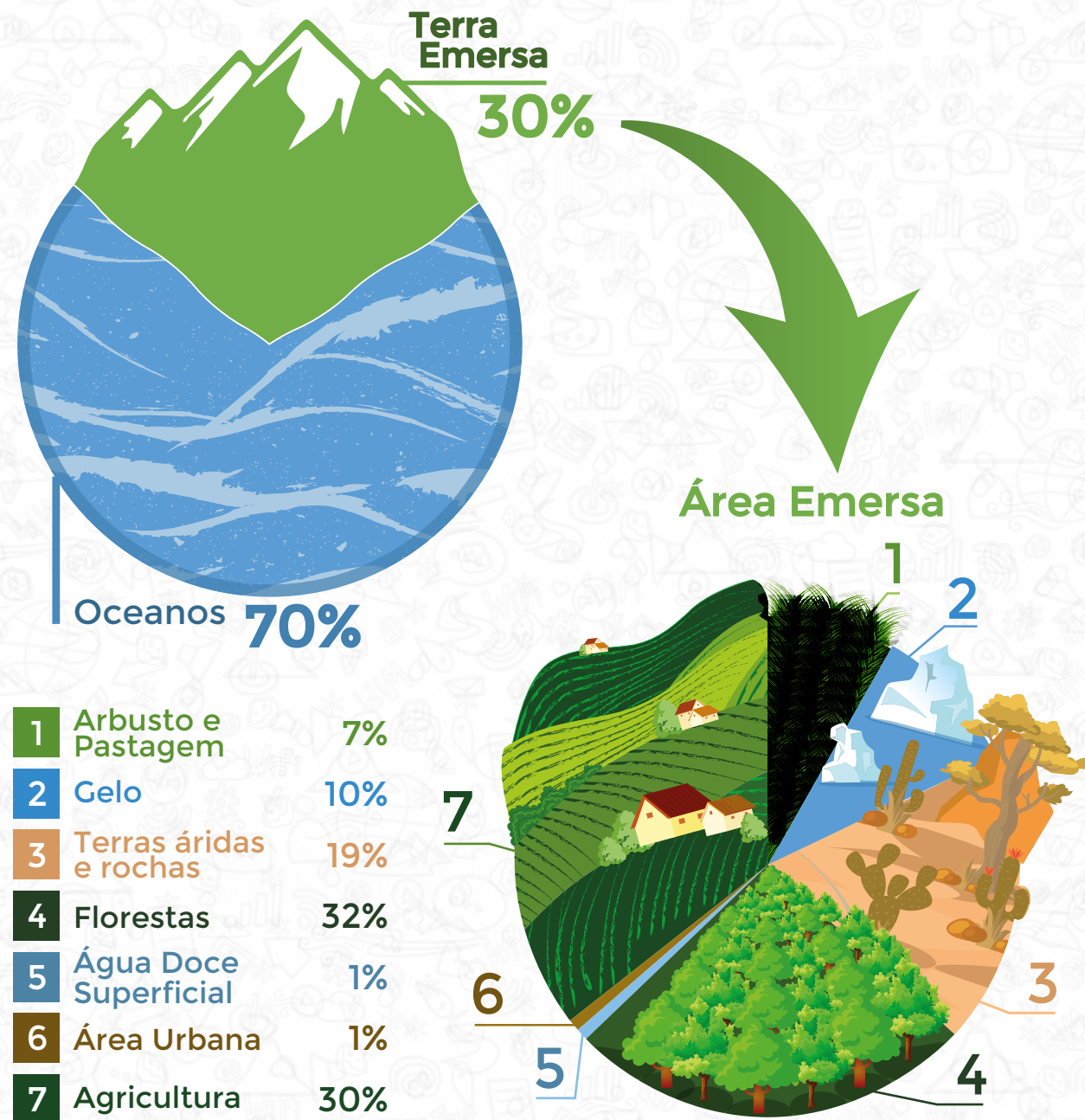
Começamos com um serviço de suporte que representa as bases em que assenta a vida, nomeadamente o pavimento, a superfície onde os seres vivos desenvolvem suas atividades (habitats), assim como nós.

A Terra possui uma área superficial total de **510,3 milhões km<sup>2</sup>** sendo que apenas **149,67 milhões km<sup>2</sup>** (aprox.30%) são terras emersas.

Da área emersa, **10% está coberta por geleiras** e **19% são terras áridas** (desertos, salinas secas, praias, dunas) e **rochas expostas**.

A área total de terra emersa que sobra é chamada de “terra habitável” e dessa área habitável, metade (50%) nós usamos para agricultura. Isso deixa apenas **37% de superfície para as florestas**, **11% para arbustos e pastagens**, **1% de cobertura de água doce** e o **1% restante** constitui o total da área urbana construída que inclui **metrópoles, cidades, vilas, aeroportos, estradas, barragens, aterros e outras infraestruturas humanas**.

## Área superficial da Terra





\*imagem meramente ilustrativa

Grandes corpos de água como **oceanos, mares, rio e lagos** também são **fundamentais para a sobrevivência de todos os seres vivos do planeta**. Contribuem com o equilíbrio climático e com a economia mundial. Fornecem todos os tipos de serviços ecossistêmicos.

Regulam o clima do planeta e atuam nos ciclos da água, do carbono e do nitrogênio e fornecem matéria-prima para a nutrição do fitoplâncton (produção primária) que **mantem toda a cadeia alimentar aquática**.

São considerados como plataformas de suporte por sustentar habitats, providenciar vias de transporte, propiciar rotas comerciais e por fornecer grandes quantidades de energia usada para geração de eletricidade.

Também viabilizam a indústria extrativista e pesqueira por aprovisionar petróleo, gás natural, ouro, prata, sal, algas, peixes etc.

Apresentam grande importância econômica, política e sociocultural. São eles responsáveis por gerar renda, lazer e pesquisas.



# Geodiversidade e produção primária

O solo é um recurso de suporte fornecido pela geodiversidade que marcou a história da humanidade. Foi a partir do manejo do solo e do desenvolvimento da agricultura que se deu um maior crescimento da população bem como um maior desenvolvimento cultural e social.

O solo é formado a partir do intemperismo e erosão das rochas agregado a pequenas quantidades de matéria orgânica, ar e água. Suas características dependem do clima, da incidência solar, da rocha matriz que o originou e da matéria orgânica que o compõe.

O solo fornece matéria-prima para a nutrição das plantas e seus diferentes perfis pedológicos possibilitam o estabelecimento de uma grande variedade de vegetação (produção primária) e favorece o cultivo de uma gama de plantas (agricultura) usadas pelo ser humano: na alimentação, na indústria (têxtil, cosmética, química e farmacêutica), na construção civil e naval, entre outras.



\*imagem meramente ilustrativa



# Geodiversidade e energia elétrica

A Energia elétrica move nosso mundo tecnológico desde a Segunda Revolução Industrial e é considerada uma fonte secundária de energia porque depende de uma fonte primária (carvão, petróleo, água, vento, biomassa, urânio) cuja energia liberada será transformada em eletricidade.

Toda “produção” de eletricidade depende da regulação, suporte e provisão da Geodiversidade, da usina hidrelétrica às placas solares.

Primeiro as rochas fornecem plataformas resistentes para implantação das infraestruturas (barragens, usinas, torre eólica etc.) e material de construção.

Segundo a geomorfologia proporciona um relevo favorável às respectivas usinas (quedas d’água, montanhas, bacias, vulcanismo...).

A geodiversidade também provê grande parte das fontes primárias (petróleo, carvão, urânio) e os materiais de construção das usinas.

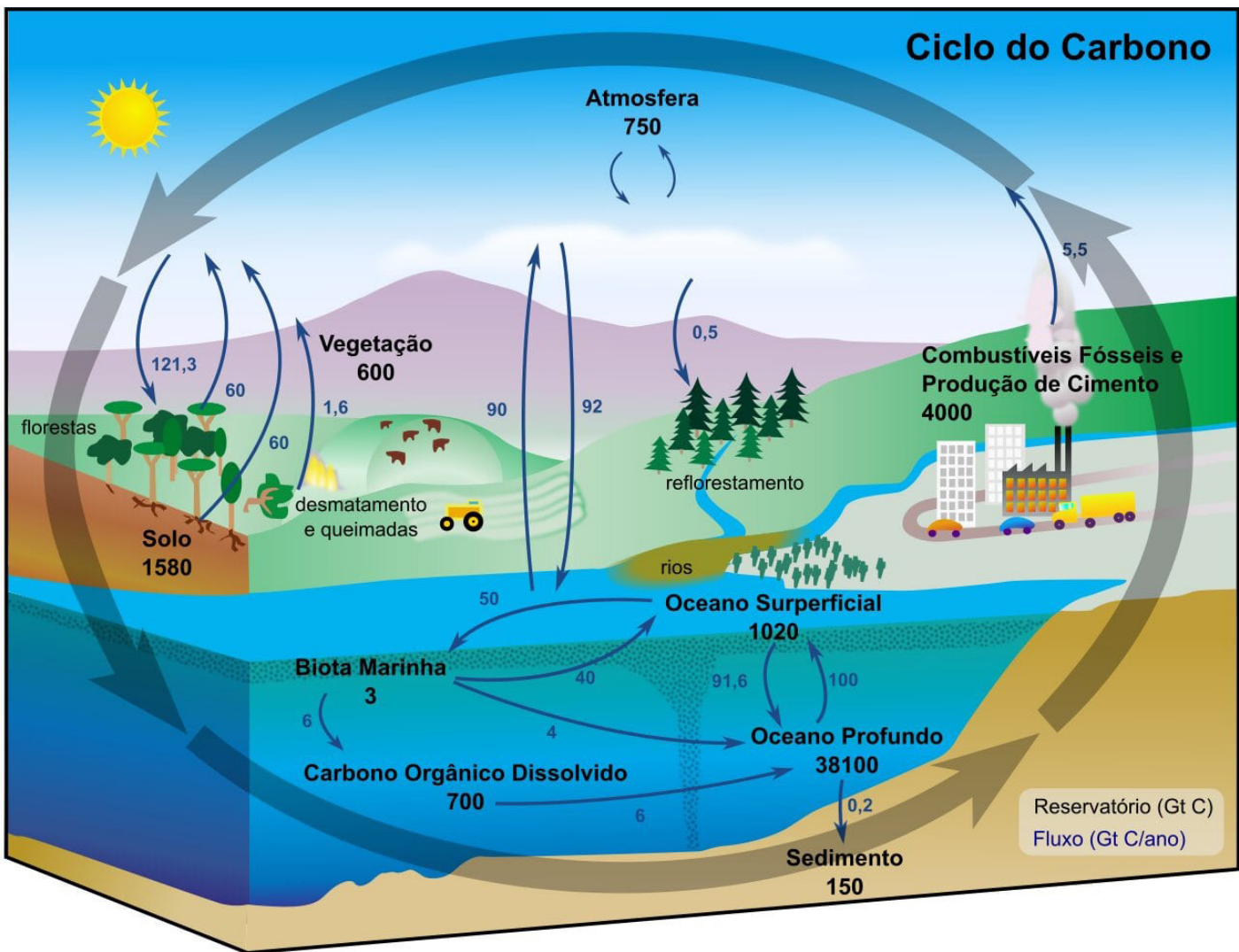
Além disso, disponibiliza local seguro para o armazenamento de resíduos radioativos, principalmente, derivados das usinas termoeletricas.

\*imagem meramente ilustrativa









\*imagem meramente ilustrativa

Já no ciclo do carbono, o CO<sub>2</sub> e o metano presentes na atmosfera atuam como gases de efeito estufa regulando a temperatura da Terra.

O carbono é um elemento encontrado em vários reservatórios do planeta, como rochas, oceanos e atmosfera. Muito do carbono que havia livre na atmosfera do planeta foi e é confinado pelos processos de fossilização (petróleo, carvão, turfa), litificação (calcáreo) e glaciação (permafrost).

O ciclo geológico do carbono movimenta-se pela atmosfera, hidrosfera e litosfera. O carbono presente na atmosfera é dissolvido na água da chuva, produzindo H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, chuva ácida, que facilita a erosão das rochas carbonatadas. Os íons liberados, Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, são levados para o oceano e utilizados pelos organismos na formação de estruturas carbonáticas, principalmente conchas e estruturas de sustentação. Quando os animais morrem, passam a integrar o sedimento do fundo oceânico. Esse sedimento, posteriormente, forma rochas calcárias. O carbono pode ainda ser liberado pelo vulcanismo para atmosfera.

No ciclo biológico, os íons de carbono fazem parte da constituição das moléculas orgânicas de todo ser vivo da Terra compondo toda sua biomassa.



# Geodiversidade e alimentação

Além do suporte dado pela geodiversidade na produção de solo fértil para cultivo, ela regula o clima e também se relaciona diretamente com provisão da nossa alimentação.

A rocha dolomita, reduzida a pó, é muito utilizada na agricultura para correção do Ph de solos ácidos devido à presença de cálcio. Além disso, incorpora um teor de magnésio adequado para potencializar a função de “fotossíntese” das plantas, pois é um componente essencial da “clorofila”.

A rocha halita, muito conhecida como sal de cozinha ( $\text{NaCl}$ ), é a principal fonte de sódio e cloro para a indústria química. Também é utilizada na alimentação de animais de criação e na produção e conservação de alimentos para humanos.

Em alguns casos, como certos animais da Floresta Amazônica, ocorre a prática da geofagia, ou seja, comem argilas. As argilas neutralizam os alcaloides tóxicos das sementes e frutas não maduras que fazem parte de sua alimentação e que geralmente irritam o intestino. Além disso, elas também acrescentam sal e outros minerais como cálcio e ferro a dieta dos animais o que mantêm a produção de energia e outros processos biológicos vitais.

Há registros de que nossos ancestrais também praticavam geofagia pelos mesmos motivos.



\*imagem meramente ilustrativa



# Geodiversidade e tecnologia

## INDÚSTRIA 1.0 1ª Revolução Industrial

Anos 1700



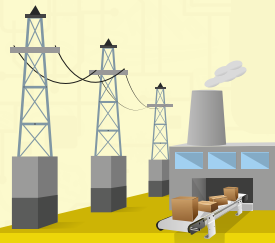
- Mecanização
- Máquina a vapor

1784



## INDÚSTRIA 2.0 2ª Revolução Industrial

Anos 1800



- Produção em Escala
- Linha de montagem
- Eletricidade e combustão

1870



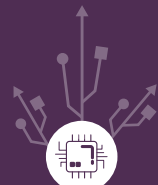
## INDÚSTRIA 3.0 3ª Revolução Industrial

Anos 1900



- Automação
- Robótica
- Internet
- Eletrônicos
- Computação

1969



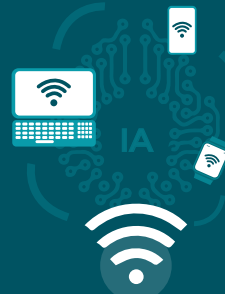
## INDÚSTRIA 4.0 4ª Revolução Industrial

HOJE



- Sistemas cibernéticos
- Internet das coisas
- Redes Virtuais
- Inteligência Artificial

HOJE



A indústria e a tecnologia são totalmente dependentes dos serviços de provisão da geodiversidade.

Na primeira revolução Industrial a necessidade foi por ferro e carvão mineral. Na segunda revolução Industrial a necessidade foi por petróleo e aço (ferro e carbono). Na terceira revolução Industrial a dependência foi por metais básicos (cobre, ferro e bauxita-alumínio) e metais raros (platina, cromo, titânio, urânio, plutônio) muito associados à energia nuclear, à exploração espacial e aos equipamentos eletrônicos.

Atualmente, estamos na designada quarta revolução industrial conhecida como “Era Digital”. E o digital é mais do que nunca dependente da geodiversidade porque consome muitos metais, principalmente aqueles que contêm os elementos químicos designados terras-raras. Estes são importantes nas indústrias de eletrônicos, de comunicações, energética e de defesa.

Essa dependência gera uma maior preocupação com os elementos mais raros da natureza, que podem vir a se tornar escassos devido ao fornecimento limitado, sua localização em áreas de conflito e nossa incapacidade de reciclá-los.



Todos os componentes dos dispositivos de alta tecnologia - televisores, computadores, lasers, mísseis, lentes de câmeras, lâmpadas led, conversores catalíticos, smartphones etc. - são feitos de materiais providos pela geodiversidade.

Dos 83 elementos químicos naturais (não radioativos), pelo menos 70 deles podem ser encontrados em smartphones! O equivalente a 84% de todos os elementos naturais.

Os smartphones podem conter até 62 tipos diferentes de metais, dos quais 16 são terras-raras, que desempenham papéis vitais e os tornam tão “inteligentes”. O único elemento terra-rara que você não encontrará num smartphone é o promécio, que é radioativo.

A mineração e extração desses elementos é custosa e árdua. Os metais terras-raras representam um recurso finito. Atualmente, um dos maiores desafios para a indústria é encontrar substitutos adequados para muitos desses elementos ou desenvolver técnicas de reciclagem.



\*imagem meramente ilustrativa



Vamos “dissecar” um smartphone para visualizar onde os elementos da geodiversidade atuam e quais papéis desempenham.

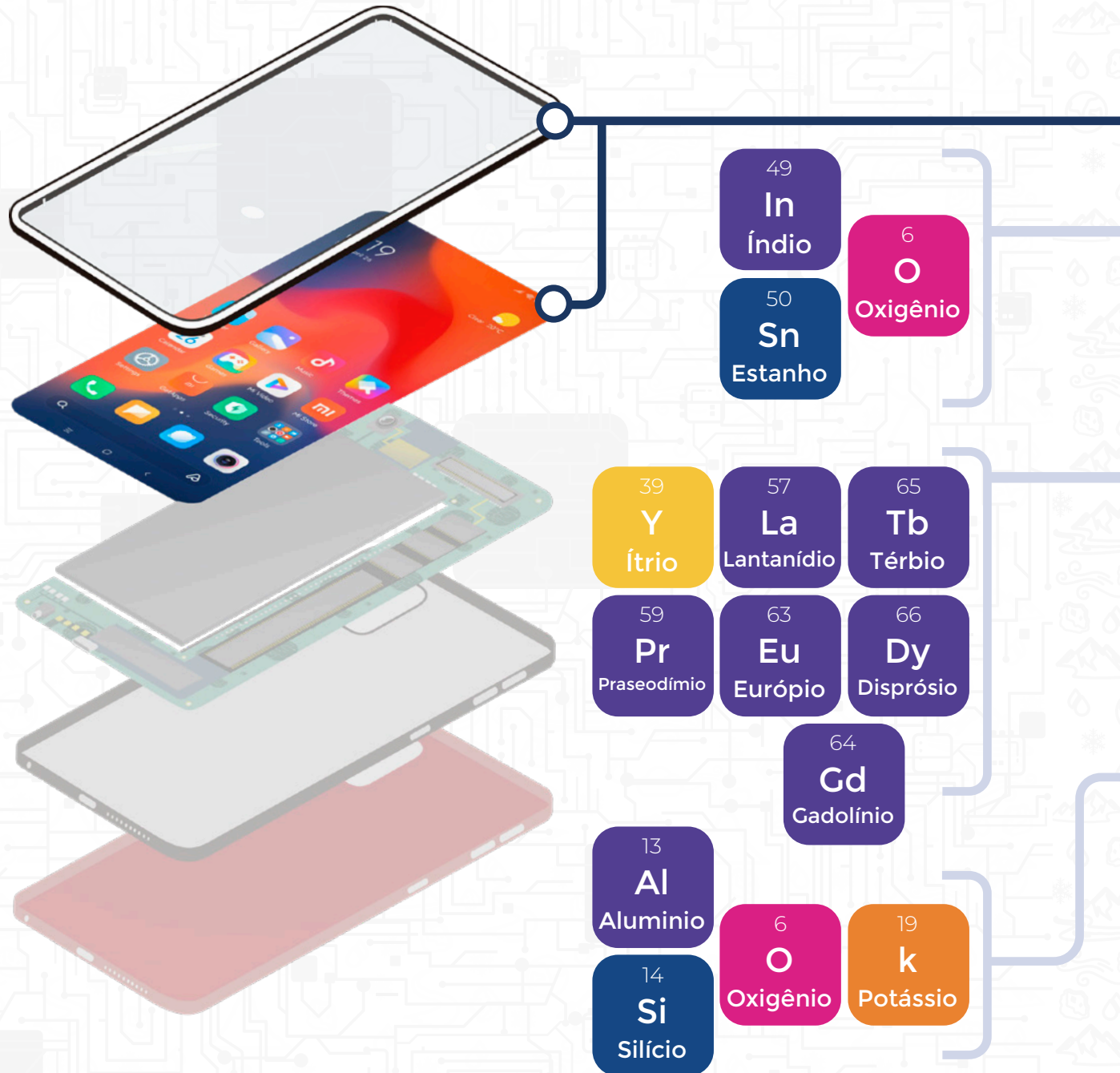
## A tela

Óxido de índio e estanho é usado em um filme transparente na tela que conduz eletricidade o que permite sensibilidade ao toque.

Os metais terras-raras, como o germânio, são usados para produzir as cores vívidas na tela do smartphone. Alguns compostos também são usados para reduzir a penetração da luz ultravioleta no telefone.

O gálio fornece retroiluminação por diodo emissor de luz (LED).

Atualmente, o vidro usado na maioria dos smartphones é um vidro de aluminossilicato - Gorila Glass - composto por uma mistura de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) e dióxido de silício ( $SiO_2$ ), além de íons de potássio, que ajudam a fortalecê-lo.



# Os circuitos eletrônicos

Silício é a base de circuitos integrados usado para fabricar o chip do telefone.

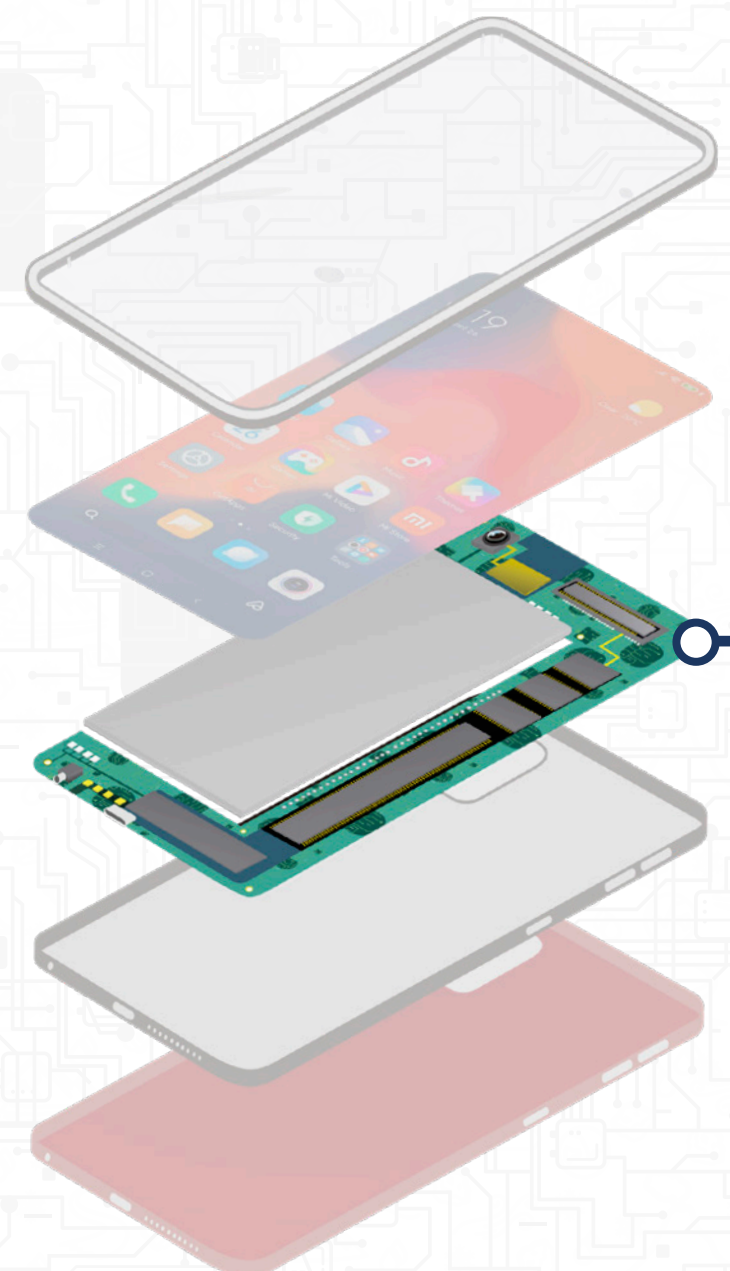
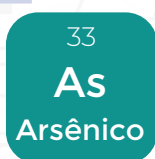
Cobre, ouro e prata são os principais metais que compõem os microcircuitos.

O Tântalo é o principal componente dos microcapacitores pois regula a tensão e melhora a qualidade de áudio de um dispositivo.

O níquel e ligas compostas por praseodímio, gadolínio e neodímio são usadas nos ímãs dos alti-falantes e microfones.

Arsênico é usado em radiofrequência e amplificadores de potência.

Tungstênio atua como dissipador de calor e fornece a massa para a vibração do telemóvel, que não seria capaz de vibrar sem neodímio, disprósio e Térbio.







## A bateria

Hoje, a maioria das baterias usadas são de íons de lítio e substituíram as baterias de chumbo. São compostas de óxido de lítio-cobalto como eletrodo positivo e grafite (carbono) como eletrodo negativo. Em algumas baterias usa-se manganês no lugar do cobalto. O interior é protegido por invólucro de alumínio.

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| 3<br>Li<br>Lítio  | 27<br>Co<br>Cobalto  |
| 6<br>C<br>Carbono | 13<br>Al<br>Alumínio |
|                   | 6<br>O<br>Oxigênio   |

## Revestimento / invólucro externo

O plástico é muito usado para este fim. Não esqueça que o plástico resulta do resíduo proveniente da refinação do petróleo, portanto também fornecido pela geodiversidade. Contudo, compostos de magnésio já são usados para fazer capas de smartphones, isto porque o magnésio é quase tão leve quanto o plástico, mais rígido e resistente, bom dissipador de calor. Fornece também boa proteção contra interferência eletromagnética e apresenta total reciclabilidade.

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| 6<br>C<br>Carbono | 12<br>Mg<br>Magnésio |
| 35<br>Br<br>Bromo | 27<br>Co<br>Cobalto  |

Já as capas de plásticos incluem compostos retardantes de chama como o bromo, enquanto o níquel pode ser incluído para reduzir a interferência eletromagnética.



# Geodiversidade e mercado mundial

Como já vimos, os dispositivos de alta tecnologia não poderiam existir sem commodities minerais, ou seja, rochas, minerais e combustíveis fósseis como o petróleo. Assim, a contribuição da geodiversidade para o fornecimento de serviços de provisão está diretamente relacionada ao uso econômico desses recursos extrativos que não são renováveis.

A mineração, força vital da economia mundial, em 2019 extraiu 17.2 trilhões\* de quilogramas de matéria-prima de acordo com a World Mining Data 2019. Em seguida, referimos algumas dessas matérias-primas fornecidas pela geodiversidade:

Metais básicos: chumbo; zinco; cobre; estanho; alumínio.

Metais preciosos: ouro; prata; platinóides.

Ferro e metais de ferroligas: ferro; cromo; manganês; vanádio; volfrâmio; molibdênio; níquel; cobalto; Nióbio; columbio.

Metais especiais e terras-raras: lítio; berílio; tântalo; cério; rubídio; escândio; zircônio; háfnio; germânio; gálio; índio; cádmio; selênio e rênio; bismuto; telúrio e mercúrio; antimônio; titânio; e outros.

Produtos energéticos: urânio; tório; carvão; linhita; turfa; rochas betuminosas (óleo); petróleo; gás; não devemos esquecer a energia geotérmica que é providenciada pela atividade geológica.



\*imagem meramente ilustrativa

\*17.200 000 000 000 kg





Minerais para uso químico: boratos; barita; fluorita; magnésio; sulfato de sódio; carbonato de sódio; pirita; enxofre; sal-gema; estrôncio; zeólitas.

Minerais cerâmicos e refratários: argilas comuns; argilas de queima branca; dolomite; feldspato; nefelina; caulim; cianita.

Agro-Minerais: fosfato; potássio; magnésio; gesso; cal; areia; e turfa.

Matérias-primas de construção e rochas ornamentais: agregados; pedras ornamentais; gesso; anidrita; cimento calcário; calcário para cal; e mármore.

Metais, pedras preciosas e semipreciosas: ouro, prata, diamante, etc.

Rochas, minerais especiais e outros industriais: minerais abrasivos (granada e estauroлита); amianto; atapulgita; sepiolite; bentolite; calcita (carga para papel); diatomita; grafite; mica; perlite; quartzo maciço (blocos) para ferrosilício, para uso óptico e piezoelétrico; sílica; areia de sílica; talco; vermiculita e wollastonita;

Percebe-se, então, que a mineração é fundamental para o nosso dia a dia. A geodiversidade fornece os metais e minerais necessários para fazer a vida moderna funcionar desempenhando funções críticas em infraestrutura, maquinário, energia limpa, tecnologia e saúde.



# Geodiversidade e construção civil

A construção civil tem papel fundamental no desenvolvimento de um país pois impulsiona o desenvolvimento urbano, diminui o déficit habitacional, amplia o saneamento básico, melhora as condições de saúde, contribui com o PIB e gera empregos e renda.

A construção de prédios, barragens, túneis, portos, canais, reservatórios, pontes, estradas, ferrovias, campos de aviação etc. dependem das características da geodiversidade do local como o substrato rochoso, o relevo, as condições hidrológicas, a sismicidade, o clima, entre outros. As obras são realizadas a partir de fundações de rocha ou terra, servindo-se de uma grande variedade de materiais provenientes da geodiversidade devido as suas diversas características. A escolha dos materiais apropriados deve considerar também os impactos que a obra irá sofrer no futuro.

São muitas as rochas e minerais usados na construção civil, quer para a estrutura quer para os ornamentos. São habituais as areias e outros agregados que em conjunto com o cimento formam o concreto.; granito, arenito, calcário e mármore são as mais conhecidas pedras de construção e de acabamento; a argila é modelada e cozida para fazer tijolos, telha e cerâmica; a gipsita é um mineral de gesso,

material usado para diversos fins; o vidro é feito de areia fundida; o asfalto é um produto da refinação do petróleo e importante na construção de estradas.





|    | Material de Construção     |   | Matéria prima geológica                             |
|----|----------------------------|---|---|
| 1  | Tijolo e Telha             |    | Argilas   |
| 2  | Bloco                      |    | Areia, Brita e Calcário                             |
| 3  | Fiação Elétrica            |    | Cobre e petróleo                                    |
| 4  | Lâmpada                    |    | Quartzo, tungstênio e alumínio                      |
| 5  | Fundação (Concreto)        |    | Areia, brita, calcário e ferro                      |
| 6  | Ferragens                  |    | Ferro, alumínio, cobre, zinco e níquel              |
| 7  | Vidro                      |    | Areia, calcário, feldspato e talco                  |
| 8  | Louça Sanitária            |    | Caulim, calcário, feldspato e talco                 |
| 9  | Azulejo                    |  | Caulim, calcário, feldspato e talco                 |
| 10 | Piso cerâmica              |  | Argila, Caulim, feldspato e talco                   |
| 11 | Isolantes                  |  | Quartzo e feldspato ou agregado Mica                |
| 12 | Impermeabilizante (Betume) |  | Folhelho pirobotuminoso e petróleo                  |
| 13 | Pintura / Tinta            |  | Calcário, talco, caulim, titânio e óxidos metálicos |

Consegues agora olhar para uma moradia e entender de onde provêm os materiais usados na sua construção? Nota que excetuando as madeiras (portas, soalho...), tudo o mais advém de uma mina ou pedreira onde foram extraídas as matérias-primas de origem geológica.





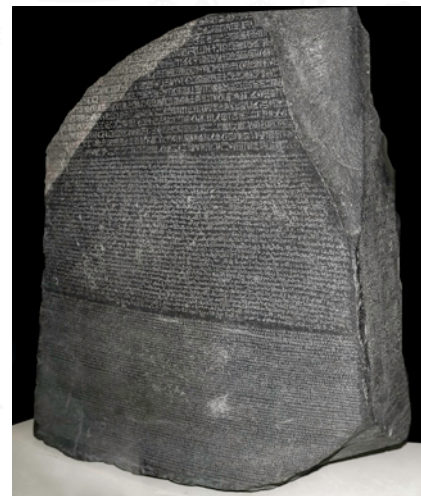
# Geodiversidade e cultura

As rochas estiveram, desde os primórdios da humanidade, ligadas ao nosso patrimônio cultural, em imponentes construções, em elementos decorativos, na história escrita, em cosméticos e pigmentos, nas religiões, nas religiões, nos esportes etc.

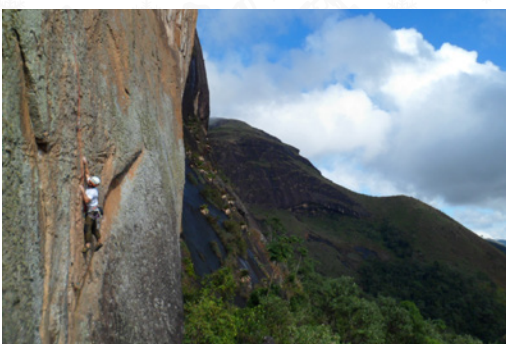
Vejamos agora alguns exemplos da diversidade de materiais usados em construções famosas. Os calcários foram usados para a construção das grandes pirâmides do Egito, Petra, na Jordânia, foi esculpida em arenitos vermelhos, Stonehenge, na Inglaterra, em arenitos de cor cinza. Os mármore destacam a grandiosidade do Taj Mahal na Índia e os granitos são abundantes na Grande Muralha da China e na cidade Inca de Machu Picchu no Peru. O Coliseu na Itália, como muitos outros casos, foram construídos com diferentes rochas como o calcário e o granito.

Existem ainda muitos outros exemplos de registros históricos que salientam a geodiversidade. A Pedra Roseta, produzida em granodiorito, teve importância fundamental para a compreensão de línguas antigas por conter um texto, datado de 196 ac, escrito em grego, demótico e caracteres hieroglíficos. As pinturas rupestres da Serra da Capivara no Brasil e nas cavernas de Lascaux na França têm registradas cenas de diversos aspectos da vida cotidiana e do universo sim-

bólico de nossos ancestrais pré-históricos. O Código de Hamurabi, tallado numa grande rocha de diorito, continha as 282 leis da antiga Babilônia, século XVIII a.c.







No artesanato, além das famosas esculturas em rochas, existe a arte da Ciclogravura no Brasil que consiste na confecção de gravuras em garrafas utilizando areias coloridas. Monges tibetanos também investem horas na criação de mandalas (dul-tson-kyil-khor) incríveis feitas com areias coloridas. Porém, assim que a arte fica pronta, ela é destruída e as areias são jogadas no rio mais próximo como forma, simbólica, de espalhar a paz e a cura mentalizada pelos monges ao mundo.

Nos costumes religiosos a geodiversidade está presente. No Japão, o Yamabushi, é a prática de caminhar nas montanhas para alcançar iluminação espiritual. No cristianismo e judaísmo, Deus muitas vezes se comunica com os homens no alto de montanhas ou em cavernas. Segundo suas escrituras, os dez mandamentos foram dados por Deus diretamente a Moisés no Monte Sinai, entalhados em duas tábuas de granito. O Monte Uluru, na Austrália, um grande monolito em arenito vermelho, representa o centro do mundo para aborígenes que acreditam que em toda essa região existe uma grande energia que vem dos espíritos ancestrais que eles chamam de tempo da criação.

Nos esportes os elementos da geodiversidade são de extrema importância para o montanhismo, o alpinismo, o snowboard, o surf, o sandboard, o rafting, a escalada, o rapel, o trekking, o bungee jumping, o cascading, o caving ou a orientação, entre outros.



# Geodiversidade no cotidiano

As rochas e minerais estão presente em produtos e serviços que utilizamos no nosso dia a dia, mas muitos de nós não dão a devida importância, levando em consideração suas propriedades, suas características e suas participações na promoção de nosso conforto e bem-estar.

Veja onde a geodiversidade está presente no dia a dia de uma pessoa.

**Voce será agora capaz de identificar a origem do que o rodeia ?**

Esteja atento e verá que a maioria dos objetos, bens e serviços têm uma estreita relação com a geodiversidade.

**6:00 - Despertador** – quartzo, ferro, cromo, níquel e molibdênio...

**6:30 - Cerâmica** – quartzo, argila, feldspato, areia, gesso...

**6:35 - Creme dental** – mica e flúor...

**7:00 - Roupas** – fibras naturais produzidas com fertilizantes minerais, fibras sintéticas de derivados de petróleo e aviamentos em metal ou plástico...

**7:40 - Transporte** – alumínio, aço, cobre, terras-raras...

**8:40 - Computadores** – terras-raras, cobre, ouro, alumínio, quartzo...

**12:00- Almoço** – Argila, feldspato, aço, fertilizantes minerais, sal...

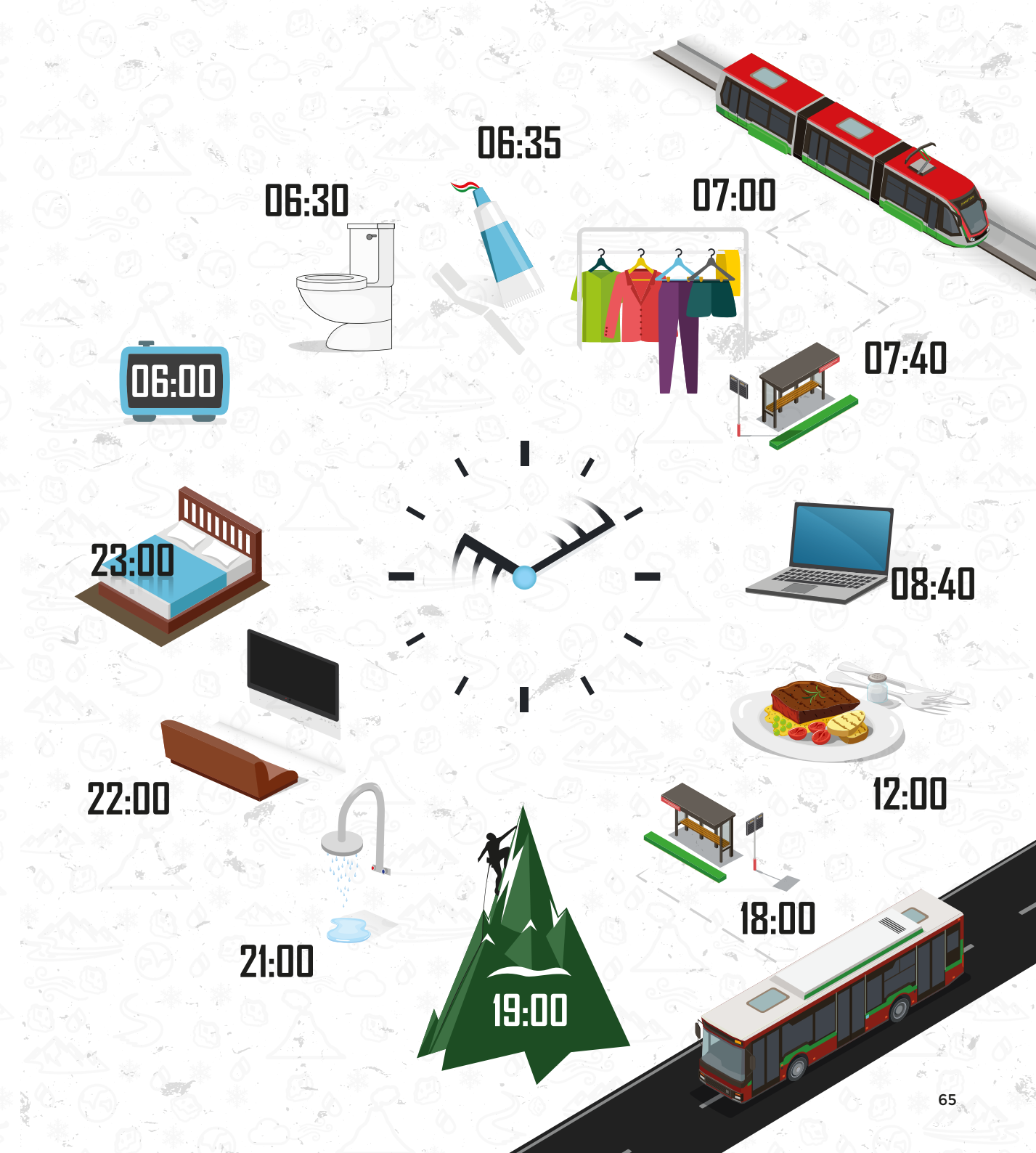
**18:00- Transporte** – Ferro, cromo, magnésio, fibras sintéticas, petróleo...

**19:00- Escalada** – Parede de rocha ou concreto, cordas de fibras sintéticas derivados de petróleo, ganchos de metal e cal...

**21:00- Chuveiro** – aço, tungstênio, cobre, plástico...

**22:00- Eletrodomésticos** - Cobre, ferro, estanho, petróleo, silício e terras-raras...

**23:00- Móveis** - Hidrocarbonetos, cobre, alumínio, ligas de ferro...







# Geodiversidade e segurança

A segurança é um conceito amplo e sem um significado único. O dicionário define como: conjunto das ações e dos recursos utilizados para proteger algo ou alguém; o que serve para diminuir os riscos ou os perigos; aquilo que serve de base ou que dá estabilidade ou apoio.

Logo, no contexto geossistêmico, podemos dizer que a geodiversidade garante a segurança coletiva, como nestes exemplos:

- da drenagem, filtragem e estocagem de água
- da regulação  $\left\{ \begin{array}{l} \text{da quantidade e qualidade da água disponível} \\ \text{climática do planeta} \end{array} \right.$
- da manutenção do Efeito estufa
- da disponibilização de nutrientes para estuários garantindo a fertilidade dos oceanos
- da produção e manutenção de solo fértil para agricultura
- do relevo favorável a produção de energia
- da provisão de recursos energéticos
- da disponibilização de sumidouros (aterros sanitários, armazenamento de resíduos radioativos e cemitérios)



- da regulação dos riscos naturais como inundações, movimentos de terra, secas e erosão costeira.
- do suporte de plataformas de transporte e de plataformas para infraestruturas (estradas, barragens, produção de energia renovável etc.) que impulsionam o desenvolvimento urbano.
- do provimento de materiais de construção e minerais industriais e metálicos que impulsionam a tecnologia.
- do suporte direto e indireto na provisão de alimentos.
- do apoio ao bem-estar, a saúde, a recreação, ao lazer e a história de nossa espécie.
- do fornecimento de dados científicos que enriquecem o nosso conhecimento sobre a história do planeta e os efeitos da interação de seus sistemas.

Os exemplos anteriores permitem perceber que nós dependemos da geodiversidade de muitas maneiras diferentes e que seus recursos garantem nosso bem-estar e, arduamente, sustentam nosso atual estilo de vida. Compreender os sistemas da Terra, como eles interagem e, principalmente, entender as possíveis consequências de nossas ações torna-se vital para nossa sobrevivência.



\*imagem meramente ilustrativa





\*imagem meramente ilustrativa

# Geodiversidade e os impactos da humanidade

Nossas atividades têm influenciado significativamente nas taxas de muitos dos processos naturais. Atuamos como um agente causador de interferências nos sistemas naturais da Terra. Isto porque, à medida que as populações humanas e o consumo de recursos naturais aumentam, também aumentam nossos impactos.

Além da diminuição da capacidade de regeneração, o planeta perde a competência no amortecimento de extremos o que aumenta a incidência de desastres naturais que resultam do impacto de um fenômeno natural extremo sobre uma comunidade, o que causa sérios danos às propriedades e vítimas que ultrapassam a capacidade de autorrecuperação das comunidades afetadas, exigindo ajuda externa.

As atividades antrópicas estão causando influência na frequência e intensidade de alguns eventos naturais como: inundações, deslizamentos de terra, secas, incêndios florestais e erosão. Os riscos aumentam à medida que as populações se expandem para áreas vulneráveis ou se concentram nelas.



A ocupação de áreas inadequadas, tais como leitos e margens de rios associadas a impermeabilização do solo causam graves inundações porque inabilitam o solo e as rochas de absorverem e armazenarem a água das chuvas e, conseqüentemente, sem estoque de água subterrânea para abastecer os rios as secas se tornam mais severas.

O desmatamento expõe o solo cultivável à erosão causando a necessidade do uso de técnicas agrícolas que encarecem o valor dos alimentos.

A ocupação desordenada de terrenos com declividade perigosa somadas a extrações de material geológico ocasionam movimentos de massa fatais.

Não é possível eliminar os fenômenos naturais. Porém, a Ciência pode amenizar seus impactos, assim como, reavaliar e repensar nossas ações podem evitar um declínio dos recursos naturais que são a nossa fonte de sobrevivência.

Além disso, é muito importante o empenho de todos pelo desenvolvimento de políticas cientificamente bem embasadas que reduzam os riscos e produzam ações mais efetivas na proteção do meio ambiente.



imagem meramente ilustrativa





\*imagem meramente ilustrativa

# Geodiversidade e Geoconservação

Vimos muitas das contribuições da geodiversidade que garantem o bem-estar humano. Alguns de seus recursos não são renováveis (petróleo, metais, pedras preciosas etc.) e outros recursos são renováveis porque proporcionam benefícios à sociedade sem que sejam removidos dos locais de ocorrências originais.

O patrimônio geológico é um exemplo de recurso natural, não renovável, que possui necessidade de conservação, principalmente se ameaçado por atividades humanas, podendo ser perdido ou danificado. Isto porque o patrimônio geológico representa a memória da Terra, é o conjunto de sítios geológicos de grande importância para a Ciência pois constituem documentos que testemunham a história da Terra, ou seja, a sua geodiversidade.

A geoconservação é o conjunto de ações, técnicas e medidas usadas para garantir a conservação, e até mesmo a reabilitação, do patrimônio geológico sujeito a ameaças.

Você, provavelmente, percebeu que a geodiversidade possui uma gama de valores e serviços ecossistêmicos importantes e dignos de proteção, cujos recursos e processos são sensíveis a perturbações e que, em áreas sujeitas a atividades humanas, podem ser facilmente



degradados se não forem gerenciados adequadamente.

As estratégias desenvolvidas pela geoconservação asseguram a manutenção das condições físicas naturais que regulam o planeta, dos elementos geológicos que suportam as condições de vida, do fornecimento das mais variadas matérias-primas e do desenvolvimento cultural relacionado a geodiversidade.





# Conclusão

Vimos que para promover a conservação dos ecossistemas e manter os serviços que garantem o nosso bem-estar é necessário entender os fenômenos da Terra por completo, pois ela é o resultado das interações entre vários sistemas como: atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera. Se um sistema é afetado, todos os outros sofrerão impacto e o equilíbrio natural será danificado.

A geodiversidade tem grande participação em todos os sistemas da Terra e está, intimamente, presente em todos os momentos de nossas vidas. Promover a conservação da geodiversidade deve ser uma prioridade para todos nós. Para tal, é necessário entender a geodiversidade, identificar suas contribuições e gerir de forma sustentável seus serviços.

Agora que você já conhece os serviços, os processos e os bens que a geodiversidade fornece para garantir o funcionamento do planeta, compartilhe esse conhecimento com outras pessoas.



# Lista de imagens

**Pág. 18** **Figura 1: Funções ecossistêmicos**

Autor - TEEB; Fonte - TEEB

**Pág. 22** **Figura 2: Hadeano**

Autor - Tim Bertelink; Fonte - Mundo pre-historico

**Pág. 26** **Figura 3: Serviços ecossistêmicos**

Autor - TEEB; Fonte - TEEB

**Pág. 30** **Figura 4: Corpos d'água**

Autor - Nouri Atchabao; Fonte - Vecteezy.com

**Pág. 33** **Figura 5: Produção primária**

Autor - annieart0; Fonte - Vecteezy.com

**Pág. 34** **Figura 6: Energia elétrica**

Autor - Graphics RF; Fonte - Vecteezy.com

**Pág. 37** **Figura 7: Ciclo da água**

Autor - Neivaldo L. R. de Oliveira; Fonte - Wikimedia commons

**Pág. 38** **Figura 8: Ciclo do carbono**

Autor - FischX; Fonte - Wikimedia commons

**Pág. 41** **Figura 9: Indústria alimentícia**

Autor - FORTEPAN / Erdei Katalin; Fonte - Wikimedia commons

**Pág. 45** **Figura 10: Mina**

Autor - Free-Photos; Fonte - Pixabay

**Pág. 53** **Figura 11: Bolsa de valores Nova York**

Autor - Carol M. Highsmith; Fonte - Picryl

**Pág. 54** **Figura 12: Metais preciosos**

Autor - JamesDeMers; Fonte - Pixabay

**Pág. 57** **Figura 13: Ponte Camboja - construção**

Autor - Damien\_farrell; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 14: Canteiro de obras - trator**

Autor - Pandora Board; Fonte - Pixy.org

**Figura 15: Túnel Russo - construção**

Autor - STALFORM Engineering; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 16: Canteiro de obras em Luanda - Vista aérea**

Autor - Man-ucommons; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 17: Cidade - Vista aérea**

Autor - Pixnio; Fonte - Pixnio.com

**Pág. 61** **Figura 18: Machu Picchu - Peru**

Autor - LoggaWiggler; Fonte - Pixabay

**Figura 19: Al Khazneh - Jordânia**

Autor - Pandora Board; Fonte - Pixy.org

**Figura 20: Taj-Mahal - Índia**

Autor - Joel Godwin; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 21: Rosetta Stone - Museu Britânico**

Autor - Awikimate; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 22: Código de Hammurabi - Museu do Louvre**

Autor - Mbzt; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 24: Pintura em Lascaux II**

Autor - Jack Versloot; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 25: Serra da Capivara - Several Paintings 2b**

Autor - Desconhecido; Fonte - Wikimedia commons

**Pág. 62** **Figura 26: Ciclogravura**

Autor - Ana Paula Hirama; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 27: Uluru - Austrália**

Autor - Dietmar Rabich; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 28: Rafting - Rio Apurimac**

Autor - Nigel Wilson; Fonte - Wikimedia commons



**Figura 29: Caverna**

Autor - Gérard JAWORSKI; Fonte - Pixabay

**Figura 30: Escalada - Monte Parnaso**

Autor - HelioBeiroz; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 31: Mandala de areia - Ritual budista**

Autor - Mai Le; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 32: Yamabishido - Monges da montanha/Japão**

Autor - Kenshiro Karayama; Fonte - Wikimedia commons

**Figura 33: Ski**

Autor - Robinseed; Fonte - Wikimedia commons

**Pág. 66 Figura 34: Transporte e deposição de sedimentos**

Autor - The Ohio State University; Fonte - The Ohio State University

**Pág. 69 Figura 35: Meditação**

Autor - Simon Migaj; Fonte - Unsplash

**Pág. 70 Figura 36: Resíduos nucleares**

Autor - enriquelopezgarre; Fonte - Pixabay

**Pág. 73 Figura 37: Favela - Niteroi/RJ, Brasil**

Autor - Zimbres; Fonte - Wikimedia commons

**Pág. 74 Figura 38: Geoconservação**

Autor - Bcerrato1; Fonte - Wikimedia commons

**Pág. 76 Figura 39: Geoconservação - Arouca Geoparque**

Autor - Arouca Geoparque; Fonte - cm-arouca.pt

**Pág. 78 Figura 40: Sistemas Terra**

Autor - Educational Web Adventures, LLP; Fonte - eduweb.com

# **Geodiversidade nossa de cada dia**

