



Possibilidades de usos educacionais de temas relacionados às Ciências da Terra

Possibilities of educational uses of topics related to Earth Sciences

Posibilidades de usos educativos de temas relacionados con las Ciencias de la Tierra

Michele Feitosa de Araujo¹  • Ricardo Roberto Plaza Teixeira² 

RESUMO

Este artigo objetiva investigar as possibilidades de uso de temas relacionados às Ciências da Terra em atividades de cunho educacional. Para fundamentar a investigação foi realizada uma ampla revisão teórica sobre diferentes tópicos relacionados ao estudo do planeta Terra. Três apresentações presenciais de divulgação científica envolvendo temas de Geologia foram organizadas pelos autores e realizadas em 2022. Foi elaborado um questionário para realizar uma avaliação diagnóstica das concepções dos participantes acerca dos temas tratados nestas apresentações. Este questionário foi respondido por um total de 45 participantes das apresentações realizadas que compuseram um público diversificado, com alunos do ensino médio e de cursos superiores. Os dados obtidos indicam a importância do trabalho, na educação básica, com temas associados ao estudo do planeta Terra, de seus constituintes, da sua história geológica, desde a sua origem até os dias atuais, e dos impactos das ações humanas no nosso planeta. O acesso a uma educação envolvendo conhecimentos de Geologia pode contribuir para uma maior consciência ambiental sobre as consequências de nossas atitudes cotidianas, valorizando o conceito de sustentabilidade.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Planeta; Geologia.

ABSTRACT

This article aims to investigate the possibilities of using themes related to Earth Sciences in educational activities. To support the investigation, a broad theoretical review was carried out on different topics related to the study of planet Earth. Three face-to-face science communication presentations involving Geology topics were organized by the authors and carried out in 2022. A questionnaire was prepared a questionnaire to carry out a diagnostic assessment of participants' conceptions about the topics addressed in these presentations. This questionnaire was answered by a total of 45 participants in the presentations who made up a diverse audience, with high school and university students. The data obtained indicate the importance of work, in basic education, with themes associated with the study of planet Earth, its constituents, its geological history, from its origins to the present day, and the impacts of human actions on our planet. Access to an education involving knowledge of Geology can contribute to greater environmental awareness about the consequences of our everyday attitudes, valuing the concept of sustainability.

Keywords: Science Teaching; Planet; Geology.

¹ Licencianda em Física no Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Caraguatatuba/SP – Brasil. E-mail: michele.feitosa@aluno.ifsp.edu.br

² Licenciado e Bacharel em Física, Licenciado e Bacharel em História, Mestre em Física, Doutor em Física e Professor Titular do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Caraguatatuba/SP – Brasil. E-mail: rteixeira@ifsp.edu.br

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo investigar las posibilidades de utilizar temas relacionados con las Ciencias de la Tierra en actividades educativas. Para sustentar la investigación se realizó una amplia revisión teórica sobre diferentes temas relacionados con el estudio del planeta Tierra. Los autores organizaron tres presentaciones presenciales de divulgación científica educativa que involucran temas de Geología y se llevaron a cabo en 2022. Se elaboró un cuestionario para realizar una evaluación diagnóstica de las concepciones de los participantes sobre los temas tratados en estas presentaciones. Este cuestionario fue respondido por un total de 45 participantes en las presentaciones realizadas quienes conformaron un público diverso, con estudiantes de secundaria y educación superior. Los datos obtenidos indican la importancia del trabajo, en la educación básica, con temas asociados al estudio del planeta Tierra, sus constituyentes, su historia geológica, desde sus orígenes hasta la actualidad, y los impactos de las acciones humanas en nuestro planeta. El acceso a una educación que involucre conocimientos de Geología puede contribuir a una mayor conciencia ambiental sobre las consecuencias de nuestras actitudes cotidianas, valorando el concepto de sostenibilidad.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias; Planeta; Geología.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da História da Terra pode ser investigada por meio de três grandes conjuntos de dados obtidos pela estratigrafia, pela paleontologia e pela geocronologia, que permitem uma reconstrução temporal dos acontecimentos geológicos na Terra, a partir de evidências experimentais.

A estratigrafia é um ramo da Geologia que estuda os sedimentos (incluindo minerais e fósseis), as camadas sedimentares e a ordem cronológica de sua formação, assim como as relações existentes com as rochas não sedimentares, que fornecem informações essenciais sobre o arranjo sequencial das formações rochosas e a identificação de tipos de rochas. O registro sedimentar mais fundamental consiste em uma série de camadas rochosas, formadas e localizadas de acordo com uma ordem temporal, segundo a qual a camada mais antiga se encontra na base (mais abaixo) e a camada mais nova se posiciona no topo (mais acima). O processo de afundamento gradual de uma grande porção da crosta terrestre (subsidência) pode, ao seu final, ser acompanhado pela entrada do mar; por sua vez, os momentos de sedimentação podem ser alternados por períodos de não-deposição, quando predomina a erosão.

Já a Paleontologia estuda os fósseis que informam a respeito da história da vida na Terra e podem ensinar sobre nossas origens e sobre os motivos da superfície do nosso planeta ser assim como é nos dias de hoje. O estudo dos vestígios de seres que viveram há muito tempo (milhões ou bilhões de anos) permite conhecer mais sobre a origem e a evolução do nosso planeta. Os conhecimentos de paleontologia possibilitam também estabelecer a posição temporal entre camadas rochosas, se baseando no raciocínio de que fósseis ocorrem nas camadas referentes às épocas em que viveram os respectivos organismos, do que se conclui que essas camadas surgem sempre na mesma ordem cronológica, onde quer que esses fósseis ocorram, o que permite elaborar uma cronologia relativa dos eventos que se sucederam no passado de nosso planeta. É importante destacar que a evolução biológica não foi uniforme (não ocorreu com a mesma velocidade) durante a história da Terra: ocorreram períodos em que muitos organismos vivos se extinguíram e outros grupos surgiram rapidamente ou se desenvolveram de maneira excepcional, bem como períodos de poucas mudanças.

Finalmente, a geocronologia se especializa no estudo da ciência que utiliza um conjunto de métodos de datação para determinar a idade das rochas, dos fósseis, dos sedimentos e, conseqüentemente, dos diferentes eventos que aconteceram na história da Terra. Estes conhecimentos foram

possibilitados a partir da descoberta do raio X, por Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), em 1895, e das radiações provenientes de sais de urânio, por Antoine Henri Becquerel (1852-1908), no ano seguinte, em 1896, com a realização dos primeiros experimentos sobre esse fenômeno natural.

Nos anos seguintes à descoberta da radioatividade, a partir do início do século 20, houve uma rápida evolução dos conhecimentos acerca das suas características e de suas aplicações, dentre as quais o processo de datação usando elementos radioativos. Os avanços científicos decorrentes do uso das séries radioativas como uma espécie de relógio natural, foram impactantes para a Geologia, mudando totalmente o que se sabia a respeito da História da Terra.

Geologia é a ciência da Terra e, portanto, estuda sua origem, sua formação, sua evolução ao longo do tempo, sua composição e as mudanças pelas quais ela passou devido a forças endógenas atuando a partir do interior da Terra e a forças exógenas (como a colisão de asteroides, por exemplo) atuando em sua superfície e que são provenientes de fora do planeta. A compreensão da Terra permite entender que nosso planeta funciona como um sistema cujas partes estão intensamente interconectadas: esta visão permite produzir conhecimentos que colaboram para a conservação dos diferentes habitats que sustentam a vida na Terra.

A Geologia baseia-se principalmente em observações e experimentos que ocorrem onde está o objeto de seu estudo. Os geólogos são profissionais que estudam a Terra, observando-a diretamente e realizando simulações tendo como referência o que acontece com o nosso planeta atualmente, bem como modelos inferidos a respeito de registros geológicos que são informações contidas e preservadas em rochas originadas em diferentes épocas no passado.

A evolução da Terra foi marcada por muitos eventos extremos e sem frequência determinada, mas que provocaram mudanças rápidas no sistema, pois ocorreram de maneira súbita, como no caso da colisão de meteoros incidentes sobre a Terra, de vulcões que entraram em erupção e de falhas geológicas que racharam o solo em terremotos. Além disso, ocorreram também mudanças lentas, ao longo de milhões de anos, como a movimentação ou deriva de continentes, o levantamento de montanhas e a erosão dos solos por sistemas fluviais (rios) que movimentaram grossas quantidades de sedimentos. Desta maneira, a percepção do "tempo" é muito importante no campo das Ciências da Terra, porque as escalas de tempo geológico são imensamente grandes, na escala de milhões de anos (mega-anos ou Ma; 1 Ma é igual a 1.000.000 anos) e até mesmo bilhões de anos (giga-anos ou Ga; 1 Ga é igual a 1.000.000.000 anos), ou seja, algo muito diferentes dos intervalos de tempo com os quais os seres humanos estão acostumados (Barriga, 2002).

Este artigo tem o objetivo de investigar as possibilidades de uso didático de temas relacionados ao estudo da história do nosso planeta, a Terra, a partir da investigação envolvendo a aplicação de três apresentações educacionais de divulgação científica a este respeito, realizadas em 2022. As apresentações implementadas e examinadas neste trabalho alcançaram as comunidades interna e externa ao IFSP e, portanto, procuraram integrar ensino, pesquisa e extensão.

Essa é uma pesquisa de avaliação diagnóstica que se justifica pela relevância crescente das questões ambientais e geológicas na formação de cidadãos conscientes e responsáveis, pois compreender fenômenos como mudanças climáticas, desastres naturais e a conservação dos recursos naturais é essencial para a construção de uma sociedade mais informada e preparada para enfrentar desafios globais.

Após a introdução, é realizada uma extensa fundamentação teórica, com ênfase no estudo de temas de Geologia e suas possibilidades de uso na educação, a partir da leitura e da sistematização de trabalhos acadêmicos relevantes acerca destas áreas, obtidos por meio de busca na internet usando a ferramenta "Google Acadêmico". Na sequência são explicitados os procedimentos metodológicos utilizados nas ações educacionais de divulgação científica realizadas. São, então, apresentados e discutidos os resultados obtidos com as respostas dadas pelos participantes das ações a um questionário elaborado para esta pesquisa com o objetivo de conhecer melhor as concepções e opiniões dos participantes dessas ações. Ao término, são feitas as considerações finais, com algumas reflexões e conclusões acerca de todo o trabalho realizado.

2. CIÊNCIAS DA TERRA

Há diversos tópicos que este artigo considera importante no que diz respeito às relações entre os fundamentos das Ciências da Terra e seus possíveis usos na educação: as características do ensino de Geologia, os conceitos de biosfera, atmosfera e hidrosfera, as camadas internas da terra (crosta, manto e núcleo), as ideias iniciais sobre a formação da Terra, as primeiras tentativas de determinação da idade da Terra, as noções gerais da ciência da Geologia, os dados existentes sobre a história geológica da Terra obtidos pela estratigrafia, pela paleontologia e pela geocronologia, os métodos de datação conhecidos, as informações sobre as reservas de águas subterrâneas, a horizontalidade e a verticalidade no estudo dos ambientes terrestres e o estudo dos impactos humanos sobre o nosso planeta. Estes diferentes tópicos serão tratados a seguir.

Há vários motivos para desenvolver conhecimentos associados à Geologia ao longo da educação básica e do ensino superior: o trabalho educacional com as Ciências da Terra pode ajudar a incutir atitudes solidárias nas novas gerações, a fortalecer uma perspectiva planetária para os problemas vivenciados pelos seres humanos e a desenvolver a capacidade de observação e o pensamento crítico sobretudo com respeito aos problemas enfrentados coletivamente pela humanidade. A visão de conjunto acerca da Terra, permite uma perspectiva temporal sobre as mudanças que influenciaram nosso planeta no passado e, por decorrência, que afetaram os seres vivos que o povoaram. O estudo da Geologia permite ainda um debate fundamentado em fatos acerca da importante questão do uso dos recursos disponíveis tendo em vista a ideia de sustentabilidade do planeta, permitindo uma reflexão crítica sobre as atividades humanas (Carneiro; Toledo; Almeida, 2004).

No que se refere às partes constituintes da Terra, a biosfera é definida como o conjunto de todos os seus ecossistemas: portanto, é um sistema terrestre que inclui todas as formas de vida, as relações estabelecidas entre elas e as interações com os outros subsistemas de nosso planeta, como a litosfera, a hidrosfera e a atmosfera. Desde o surgimento dos primeiros organismos unicelulares – há cerca de 4 bilhões de anos (Kellner, 2020) – a biosfera tem passado por modificações. Devido a isto, paralelamente, começando com uma composição rica em dióxido de carbono, a atmosfera foi passando por transformações e se tornando com o tempo rica em oxigênio a partir da disseminação dos primeiros organismos produtores de fotossíntese (Moreira, 2015).

A constituição da atmosfera de um determinado planeta é consequência de muitos aspectos específicos que o caracterizam, tais como sua origem, sua dimensão, sua densidade, sua posição relativa à estrela em torno da qual orbita e seu campo magnético: portanto, as propriedades de cada planeta produzem uma constituição distinta para a sua atmosfera (Chamberlain, 1978).

Em específico, a atmosfera terrestre é composta por radiação, gases e material particulado e aerossóis envolvendo nosso planeta, por cima de toda a superfície da crosta terrestre e dos seus oceanos. Os seus limites superiores não são bem definidos, pois com o aumento da altitude, a atmosfera vai se tornando cada vez mais tênue e perdendo densidade, de modo contínuo. Os gases mais presentes na atmosfera terrestre são o gás nitrogênio (N_2), com 78,09%, e o gás oxigênio (O_2), com 20,95% (Dias; Andrade-Neto; Militão, 2007). Existem, entretanto, outros gases presentes também que, apesar da participação relativa ser muito pequena (menor que 1%), desempenham um papel fundamental, tais como o argônio (Ar), o dióxido de carbono (CO_2) e o ozônio (O_3), dentre outros (Dias; Andrade-Neto; Militão, 2007): mesmo ocorrendo em pequenas concentrações, eles são fundamentais em fenômenos meteorológicos e, também, para a manutenção da vida.

As camadas nas quais a atmosfera está dividida são as seguintes, de baixo para cima, a partir da superfície terrestre: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera. A troposfera, com uma altitude de 20 km no equador e 8 km nos polos, contém cerca de 90% da massa da atmosfera; acima dela e até cerca de 50 km está a estratosfera, com contém a maior parte do ozônio da atmosfera, o qual é importante pelo fato de absorver parte da radiação ultravioleta proveniente do espaço e, portanto, colaborar para a preservação da vida (Dias; Andrade-Neto; Militão, 2007).

A hidrosfera é composta por toda a água presente no planeta Terra: oceanos, mares, lagos, rios, aquíferos, geleiras, calotas polares e inclusive a umidade do ar. A hidrosfera é dinâmica (Costa; Petsch; Rosa, 2020), pois está associada ao ciclo hidrológico, o movimento contínuo da água existente nos oceanos e mares (que cobrem cerca de 70% da superfície terrestre), nos continentes e na atmosfera; a presença de água líquida na Terra – algo fundamental para a existência de vida – só é possível devido à distância do nosso planeta até o Sol (Ferreira; Alves; Simões, 2008).

As três principais camadas interiores da Terra são delimitadas de acordo com sua densidade: 1. a crosta terrestre que é a parte externa da litosfera e tem uma espessura média de cerca de 40 km, está em contato com a atmosfera e é onde atuam os agentes externos que a modelam de forma contínua ao longo do tempo geológico; 2. o manto, que se encontra abaixo da crosta e tem uma espessura média de cerca de 3.000 km, é constituído de rochas em estado pastoso (o magma), na sua parte mais próxima da litosfera, sendo dividido em manto superior e inferior; 3. Abaixo da crosta e do manto terrestre, encontra-se o núcleo da Terra – dividido em núcleo interno e núcleo externo – com um raio da ordem de 3.400 km e constituído por uma liga metálica de ferro e níquel, a uma temperatura por volta de 3500°C (Veloso; Barreto; Oliveira, 2021).

Foi somente após a revolução científica do século 17 que se passou a pensar sobre a Terra utilizando para isso métodos científicos, para investigar a sua origem e buscar evidências experimentais a este respeito. Antes, prevalecia uma compreensão religiosa sobre o nosso “mundo” e o dilúvio bíblico era considerado o principal acontecimento que teria ocorrido com a Terra no passado. No entanto, Thomas Burnet (1635-1715) contestou, em certa medida, essa visão e imaginou que a água teria vindo de baixo: para ele, no momento da criação, a Terra era uma esfera perfeita e paradisíaca, coberta por uma crosta de matéria sólida, lisa e sem fissuras, com os oceanos fluindo embaixo dela. A inundação teria acontecido quando a crosta se partiu e fragmentos da Terra afundaram na água: os pedaços irregulares da carapaça original constituíram o relevo dos continentes terrestres observado hoje. Essa ideia, na época, atraiu a atenção até do próprio Newton que era seu contemporâneo (Moledo; Magnani, 2010).

Por sua vez, Gottfried Leibniz (1646-1716), sugeriu que todo o planeta, após a criação, esteve coberto por um imenso oceano que havia diminuído de nível gradativamente, fazendo com que surgisse a "terra firme": esse oceano possuía minerais dissolvidos nele e que, ao se depositarem, secaram e formaram as montanhas. Tal teoria de Leibniz ficou conhecida como Neptunismo, fazendo referência a Netuno o deus romano que representava os mares e oceanos. Por sua vez, o Plutonismo (Plutão era o deus romano do mundo subterrâneo) defendeu a ideia de que a Terra vinha de uma imensa massa de fogo que se resfriou gradativamente ao longo dos tempos: o centro de nosso planeta continuava sendo, para os defensores desta teoria, uma imensa fonte de calor. Assim, a terra firme dos continentes teria se originado de rocha fundida proveniente do mundo subterrâneo e que, ao emergir e se esfriar na superfície do planeta, se solidificou.

Ao longo do desenvolvimento histórico da formulação das teorias sobre a evolução da Terra, foram desenvolvidos conceitos como o Catastrofismo e o Atualismo. A ideia do Catastrofismo foi muito utilizada por muitos cientistas do século 19 e originariamente estava relacionada também com explicações de teor religioso, como o dilúvio, que teria eliminado muitas formas de vidas. Entretanto, Louis Agassiz (1807-1873) considerou que as grandes catástrofes foram causadas por glaciações que cobriram quase inteiramente o nosso planeta: para ele, só depois do último período glacial foi que o ser humano teria surgido. Um exemplo de uma hipótese científica que usa uma catástrofe, é a teoria da extinção dos dinossauros que aconteceu devido ao impacto de um grande asteroide sobre a Terra há cerca de 65 milhões de anos. Assim como este, existem diversos outros exemplos de aplicações da teoria do Catastrofismo dentro da Geologia Histórica.

Em contrapartida às visões religiosas com referências a criações divinas, James Hutton (1726-1797) produziu a ideia de que nenhum poder que não seja natural, deve ser usado para estudar a Terra. Estas concepções foram aos poucos sendo aceitas pelos cientistas e estão associadas ao Princípio de Uniformitarianismo e que depois foi denominado de Atualismo, segundo o qual, as leis da natureza observadas no presente, são basicamente as mesmas que operaram no passado: estas são as causas naturais agindo atualmente sobre a Terra, vindo daí o nome Atualismo. Por exemplo, as condições nas quais um determinado ser vivo vive no presente e as adaptações necessárias para que ele sobreviva, são similares àquelas em que ele vivia no passado. Assim, os mais de 4 bilhões de anos de existência da Terra foram suficientemente longos para que a evolução da vida ocorresse, até chegar às condições atuais (Salgado, 1994).

Na sequência histórica e de importância decisiva para o estudo da Terra, foi a publicação por Charles Lyell (1795-1875), em 1830, de seu livro "Princípios de Geologia" que defendia o princípio da uniformidade, a ideia de acordo com a qual os processos de sedimentação, erosão e mudança geológica são extremamente lentos. Ao longo da história de nosso planeta, as transformações foram muito graduais; por exemplo, os rios cavaram seus leitos ao longo de uma quantidade gigantesca de tempo e, da mesma forma, a crosta elevou-se muito vagarosamente, formando as montanhas das cordilheiras ao longo de milhões de anos (Moledo; Magnani, 2010).

Lord Kelvin (1842-1907), cujo nome de nascença era William Thomson, supôs que a Terra teria se formado pelo resfriamento de uma massa em fusão, levando algo da ordem de uma centena de milhões de anos aproximadamente para atingir sua temperatura atual: porém, essa estimativa da idade da Terra foi muito contestada por cientistas que consideravam ela pequena para explicar a evolução dos seres vivos e dos estratos geológicos que teria que levar muito mais tempo do que isso. Na virada do século 19 para o século 20, Marie Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906)

mostraram que na desintegração radioativa, havia geração de calor: era, assim, necessário revisar a idade da Terra obtida por Kelvin, pois esse fator não fora considerado (Marques, 2006). Uma referência útil sobre o debate científico a respeito da determinação da idade de nosso planeta é o artigo "Reverendo o debate sobre a idade da Terra" (Tort; Nogarol, 2013).

Artur Holmes (1890–1965) foi um dos pioneiros na busca por estimar a idade da Terra, baseando-se na técnica de datação radiométrica que permite uma quantificação numérica absoluta do tempo passado, obtida a partir de análises químicas de minerais e rochas e de medidas feitas com elementos radioativos. Em 1956, o geoquímico norte-americano Clair Patterson (1922-1995) conseguiu datar com grande precisão a idade da Terra em 4,56 bilhões de anos (Teixeira, 2014).

Existe um consenso científico razoável hoje de que a Terra se originou no sistema solar há cerca de 4,6 Ga (ou seja, 4,6 bilhões de anos), o que é deduzido por meio de meteoritos e rochas originados da poeira cósmica (Gee, 2024; Windley, 2024). Como existe a presença de elementos pesados nestes materiais, ele é proveniente de ciclos estelares anteriores, a partir de explosões de supernovas. No entanto, os materiais terrestres da época da formação da Terra são pouco conhecidos e, por isso, ignoramos muito, ainda, acerca da verdadeira Terra primordial, nas primeiras centenas de milhões de anos após a sua formação.

Um dos materiais mais antigos da Terra, sobre o qual se tem conhecimento, apresenta uma idade entre 4,3 e 4,4 Ga: são cristais de zircão dentro de rochas encontradas na Austrália. O zircão é um mineral geralmente presente em rochas ácidas que já passaram por uma evolução. Por outro lado, a razão isotópica e a presença de oxigênio nesses cristais de zircão sugerem que eles tenham se formado com a intervenção da água líquida, que por sua vez implica na presença de oceanos, uma informação relevante acerca da Terra primordial. Uma das rochas mais antigas já encontrada é o gnaiss de Acasta, com uma idade estimada de aproximadamente 3,96 Ga e foi encontrada no norte do Canadá. Por sua vez, a rocha sedimentar mais antiga encontrada na costa da Groenlândia Ocidental tem idade estimada de cerca de 3,8 Ga: ela é constituída dos mesmos minerais que continuam a se formar em rochas sedimentares até hoje, tais como os óxidos de ferro (magnetita e hematita), o sílex, a calcita e até sulfatos formados em ambientes sedimentares. Estes e outros sedimentos antigos apareceram intimamente relacionados com rochas de origem vulcânica em conjuntos submarinos aos quais denominamos "greenstone belts" ou faixas de rochas verdes (Barriga, 2002).

As águas subterrâneas são as principais reservas de água doce da Terra, necessárias para o abastecimento humano. Elas ocorrem em quase todos os ambientes geológicos e junto aos mais diversos tipos de rochas, seja em suas rachaduras ou em seus poros, em diferentes partes do globo. A recarga anual dos aquíferos subterrâneos é de cerca de 10 mil quilômetros cúbicos, que apesar de parecer grande, é uma porcentagem muito pequena de água armazenada em rochas. Contudo, em algumas áreas, os reservatórios subterrâneos de água são recarregados muito lentamente, como ocorre em regiões de climas áridos como no norte da África, em países com Chade, Egito e Líbia, e, também, no semiárido do nordeste brasileiro. Assim sendo, a exploração intensa para uso humano de reservatórios de água nessas e em outras localidades pode fazer com que os lençóis freáticos sejam esgotados. O volume total estimado de água existente na Terra é de cerca de 523 milhões quilômetros quadrados, dos quais cerca de 97,2% estão nos oceanos e mares interiores (tratando-se, portanto, de água salgada), 2,2% estão no gelo polar e nas geleiras de montanhas, e somente 0,6% está em rios, lagos e águas subterrâneas (Berbert, 2006).

Os ambientes terrestres podem ser abordados a partir das suas dimensões horizontais e verticais. Na horizontalidade enfatiza-se a relação existente entre a parte e o todo, de modo que fenômenos e objetos são contextualizados e localizados espacial e temporalmente, bem como comparados a outros locais a partir da sua posição, enfatizando a busca por padrões: neste caso, a espacialidade em cada lugar permite desenvolver a historicidade, o que possibilita entender os fenômenos em termos de relações causais presentes em um certo contexto. A verticalidade, por sua vez, enfatiza as características processuais dos fenômenos e das coisas, observando diferentes contextos da horizontalidade, procurando explicar os conjuntos de informações em termos de propriedades e categorias. Deste modo a horizontalidade ocorre a partir do particular e singular rumo à contextualização, enquanto a verticalidade ocorre a partir do global e geral rumo à descontextualização. Está dialética entre contextualização e descontextualização produz explicações úteis e uma visão historicamente situada (Compiani, 2007).

As formações sedimentares foram inicialmente depositadas em posição horizontal, pois o acúmulo de sedimentos ocorre mais frequentemente em um arranjo planar ou quase horizontal, devido à força gravitacional da própria Terra. Assim, este princípio constitui a base para qualquer interpretação de um ambiente rochoso estruturado em camadas. Quaisquer quedas de sedimentos que surgem são geralmente o resultado de inclinações que aparecem posteriormente, muitas vezes também devido à força da gravidade. Mesmo que algumas estruturas sejam encontradas em camadas sedimentares dispostas de modo inclinado, como as marcas de ondulações na areia da praia e algumas frentes de deposição nas margens de rios, seus limites são dados por superfícies que se mantiveram horizontais na sua origem, obedecendo ao princípio de que a deposição ocorreu em uma superfície plana definida pela ação gravitacional. As exceções existem, como lâminas de sedimentos inclinados em encostas de montanhas, as camadas sedimentares nas laterais de dunas de areia e os sedimentos marinhos localizados nas bordas de recifes subaquáticos: nestes casos, a inclinação original da camada não deve ser assumida como sendo próxima de zero.

No caso de a mesma sequência estratigráfica estar exposta em ambos os lados de um vale, isso deve ser interpretado como os restos de camadas sucessivas que anteriormente existiam na região onde o vale se abriu. As camadas sedimentares se formam como uma camada contínua e horizontal à medida que vão se depositando, terminando apenas quando se afinam até desaparecer ou por uma mudança gradativa para camadas de diferentes composições ou ainda quando encontram obstáculos, como linhas de costa que confinam a área de deposição. As bacias sedimentares se estabeleceram quando as camadas se depositaram ao longo de intervalos de tempo gigantescos. Adicionalmente, deve ser também considerado nas análises, o princípio de que qualquer rocha cortada por um corpo intrusivo ígneo ou por uma falha é mais antiga que esse corpo ígneo ou que essa falha (Carneiro; Mizusaki; Almeida, 2005).

Estudar sobre o passado do nosso planeta, nos ajuda como entender os problemas atuais enfrentados pela humanidade e a prevenir o nosso futuro. As Ciências da Terra são abrangentes no que diz respeito ao seu escopo, pois fornecem elementos e fatos sobre sua superfície, meio ambiente, topografia, solo, oceanos e clima. O comportamento antropogênico (originado pela ação humana) cria impactos crescentes ao longo do tempo, com a expansão da população humana, como é o caso do aumento da produção de lixo. Por exemplo, estima-se que, em média, atualmente, os seres humanos usem, por ano, 10 a 12 toneladas de matérias-primas minerais e 800 metros cúbicos de água; além disso, a quantidade de rejeitos produzidos anualmente é de cerca de uma tonelada per capita. Foram necessárias milhares de gerações para a população mundial de seres humanos atingir

a situação atual e para encontrar um equilíbrio sustentável nas ações da humanidade, os conhecimentos científicos são fundamentais no que diz respeito a estudar as possibilidades existentes para o futuro da Terra (Cordani, 1995).

Os impactos das atividades humanas nos ecossistemas têm aumentado exponencialmente e o uso excessivo de recursos naturais faz com que muitos indicadores de saúde saiam da zona de segurança. Na atualidade, a maior parte dos continentes é ocupada por atividades dos homens, devido sobretudo à agricultura, à industrialização e à urbanização: estamos vivendo em uma nova era geológica, o Antropoceno, na qual as ações humanas afetam globalmente o nosso planeta (Artaxo, 2014). A humanidade tem a capacidade tecnológica para parar e reverter os impactos destrutivos das suas ações sobre a Terra, assim como tem também em suas mãos o poder de escolher fazer isso, mas esta, obviamente, é uma decisão complexa e não trivial envolvendo questões econômicas, problemas sociais, hábitos arraigados, valores e posicionamentos políticos (Williams JR., 1999).

Diversos problemas ambientais, como as mudanças climáticas associadas ao aquecimento global e os desafios relacionados com a sustentabilidade da vida, são consequência de diferentes aspectos da interação dinâmica do homem com o planeta em que vive. Diferentemente das extinções em massa naturais causadas no passado terrestre, que tiveram causas naturais, a extinção em massa que estamos presenciando atualmente ocorre devido a causas definitivamente relacionadas às mudanças provocadas pelas ações humanas na biosfera do planeta. Portanto, uma visão sistêmica das Ciências da Terra colabora para promover novos conhecimentos relativos ao uso racional e equilibrado dos recursos naturais do planeta, mas, para isso, é preciso que aconteça uma mudança nos modelos econômicos de desenvolvimento (Piranha; Carneiro, 2009).

A humanidade guiada por sua capacidade crescente de dominar as condições do meio que a cerca, passou a ser uma das maiores ameaças à natureza e de tanto agredir os ecossistemas acaba por causar um enorme impacto destrutivo no ambiente, com consequências nefastas para os próprios seres humanos. A periculosidade dessa ação do homem sobre a natureza gerou a necessidade de serem criadas regras para disciplinar a maneira como a humanidade interage com seu habitat natural, limitando atuações ambientalmente danosas e tendo como objetivo a preservação dos ecossistemas da Terra para a atual e as futuras gerações (Janke; Roncaglio, 2012).

3. METODOLOGIA

Esta foi uma pesquisa básica de caráter exploratório, com o objetivo de descrever as percepções e levantar as opiniões dos participantes para fornecer uma visão abrangente do contexto estudado, e do tipo survey, com o uso de questionários, em termos procedimentais; como durante a sua execução, foram coletados dados quantitativos em uma amostra obtida por conveniência, os resultados não têm a pretensão de possuir rigor estatístico, servindo apenas como possíveis indicadores de padrões e tendências que poderão ser conformados por meio de investigações adicionais (Pereira; Ortigão, 2016). Para a fundamentação foi realizado um trabalho de investigação bibliográfica envolvendo a seleção criteriosa de fontes relevantes (como livros, artigos, teses e dissertações), a análise crítica dessas fontes, a organização das informações obtidas, a interpretação dos dados coletados e a inclusão de referências detalhadas das fontes consultadas.

Para investigar as possibilidades didáticas existentes em apresentações de ensino e de divulgação científica envolvendo a Geologia e a história do planeta Terra, foram organizadas pelos autores deste

artigo três ações de cunho educacional no segundo semestre de 2022, todas elas de modo presencial. Para a realização dessas atividades foram elaboradas apresentações (com uma série de slides) usadas como instrumento pedagógico para expor uma introdução ao tema que possibilitasse refletir sobre diversos aspectos da história de nosso planeta, desde sua formação até os dias de hoje, bem como sobre os conhecimentos científicos estabelecidos atualmente sobre a composição e a estrutura da Terra. Todas essas apresentações foram realizadas no âmbito de ações educacionais de divulgação científica tendo como ponto de partida o campus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), instituição na qual os autores deste artigo atuam.

Duas apresentações ocorreram no mês de outubro de 2022 (uma no período noturno e outra no período matutino) para alunos do próprio IFSP durante a "Semana Nacional de Ciência e Tecnologia – SNCT". A terceira apresentação, ocorrida em novembro de 2022, teve um caráter extensionista e foi realizada para os alunos da escola interna a uma unidade da Fundação CASA - Centro de Atendimento Socioeducativo ao Adolescente, que abriga e atende jovens autores de atos infracionais sentenciados com medidas socioeducativas de privação e restrição de liberdade no estado de São Paulo, em uma visita dos autores a esta unidade.

Ao término dessas três apresentações presenciais – que foram pontuais e únicas, ou seja, que foram realizadas apenas uma vez para cada público específico – seus participantes responderam às perguntas de um questionário que foram elaboradas previamente para compreender melhor as concepções deles sobre os temas tratados. As respostas fornecidas pelos participantes serão analisadas neste artigo. Ao todo, 45 participantes responderam ao questionário nas três apresentações.

Durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFSP-Caraguatatuba ocorrida em outubro de 2022 aconteceram duas apresentações sobre a História da Terra e temas de Geologia, a primeira no período noturno de uma terça-feira e a segunda no período matutino de uma quinta-feira. O público presente nesses dois primeiros casos foi constituído sobretudo por estudantes de cursos de graduação do próprio IFSP-Caraguatatuba, com 16 participantes na apresentação realizada no período noturno e 12 participantes na apresentação realizada no período matutino. Ambas as apresentações que foram realizadas pela primeira autora deste trabalho – sob a orientação do segundo autor – duraram cerca de 60 minutos e contaram com aproximadamente 30 slides. Durante as apresentações, por meio de um projetor (datashow), foram exibidas imagens explicativas, bem como trechos dos vídeos "Como saber a idade de um planeta?"³, com cerca de 4 minutos de duração, e "A história completa da Terra em 11 minutos!"⁴.

No que diz respeito à ação realizada em uma visita, em novembro de 2022, a uma unidade da Fundação CASA, para alunos da escola existente no interior desta unidade, essa apresentação contou com 17 participantes que eram alunos de ensino médio naquela instituição. Neste caso, a apresentação foi mais curta e contou com cerca de 25 minutos de duração e foram priorizados os slides mais importantes usados nas duas primeiras apresentações. Durante o transcorrer de uma manhã de quinta-feira, entre 10 horas e meio-dia, esta foi a segunda apresentação de um conjunto com o total de quatro apresentações de divulgação científica versando sobre diferentes temas, para o mesmo público (com 17 participantes), mas ministradas cada uma por diferentes apresentadores.

³ Disponível em: <<https://youtu.be/LOhNfiIH71s>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

⁴ Disponível em: <<https://youtu.be/AVwsDQgAJzU>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

Os slides foram apresentados por meio de um notebook acoplado a uma televisão de tela plana grande que exibiu as imagens. Neste caso, não foram apresentadas cenas de vídeos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três apresentações realizadas e investigadas neste artigo envolveram basicamente temas relacionados à História da Terra e à Geologia; isto se refletiu também nas questões disponibilizadas nos questionários. Como o questionário respondido pelos participantes foi o mesmo em todas as três apresentações, os resultados do total das 45 pessoas que responderam serão analisados em conjunto.

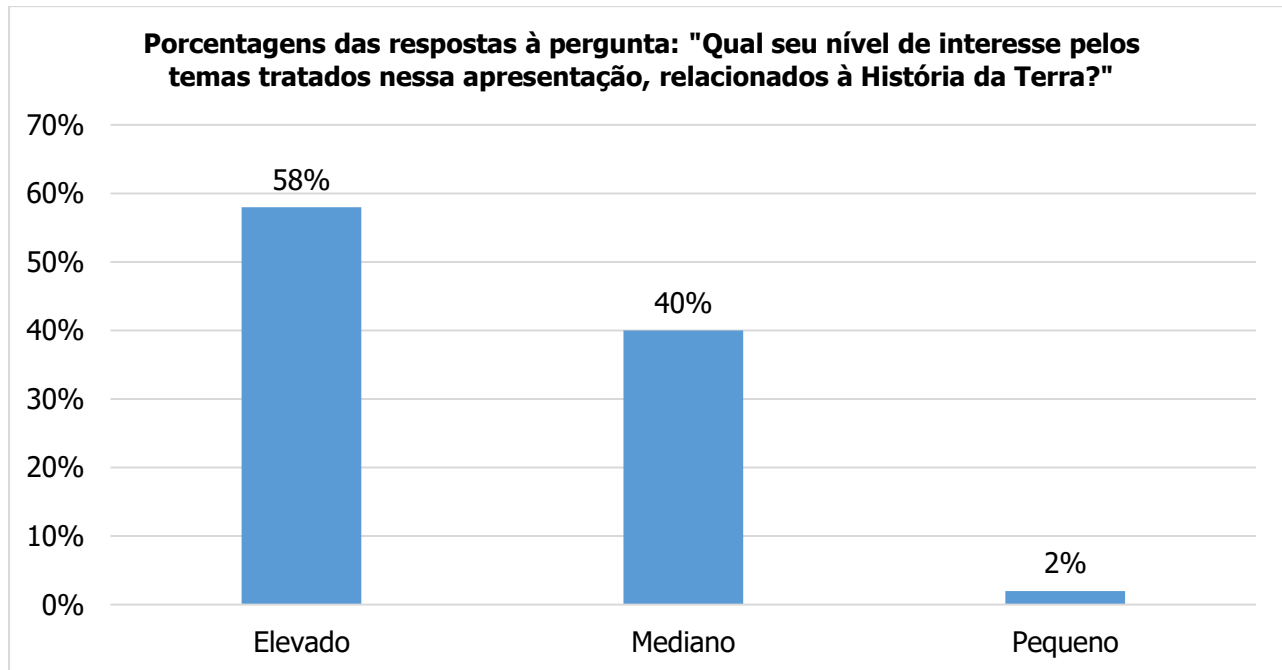
É importante salientar que a amostra com N=45 participantes que responderam ao questionário nas três apresentações realizadas e que será analisada neste artigo foi obtida por conveniência: portanto, os resultados apresentados aqui não têm qualquer pretensão de rigor estatístico. Entretanto devido à diversidade dos públicos alcançados pelas apresentações investigadas, as respostas fornecidas pelos participantes podem contribuir para indicar algumas tendências e padrões, o que pode ser útil tanto para a elaboração de novas pesquisas acerca deste tema, quanto para professores que leiam este artigo e pretendam realizar ações educacionais similares.

As duas primeiras questões disponibilizadas no questionário tinham o objetivo de caracterizar o perfil do público que participou das apresentações e os seus dados serão analisados a seguir. No que diz respeito ao gênero dos 45 participantes, a distribuição foi: 77% se identificaram como de gênero masculino, 23% como de gênero feminino; entretanto, é importante destacar que na apresentação feita na Fundação CASA, todos os 17 participantes foram do gênero masculino. Sobre a faixa etária dos 45 participantes: 33% deles tinham entre 13 e 17 anos, 49% tinham entre 18 e 29 anos, 16% tinham entre 30 e 59 anos e 2% tinham 60 anos ou mais.

As demais perguntas estavam relacionadas aos temas dessa pesquisa e tinham o objetivo de entender as concepções dos participantes sobre a História da Terra e temas de Geologia. Com este objetivo foram feitas seis questões fechadas (com alternativas) e duas questões abertas (discursivas), cujas respostas serão analisadas a seguir.

A primeira pergunta fechada apresentada aos participantes e que será analisada a seguir foi: "Qual seu nível de interesse pelos temas tratados nessa apresentação, relacionados à História da Terra?" As opções de respostas fornecidas foram: "Elevado"; "Mediano"; "Pequeno". Para esta pergunta, 58% responderam que o interesse era elevado, 40% que era mediano e 2% que era pequeno (Figura 1). É importante, sobretudo nos primeiros contatos com a Geologia, inspirar a motivação e a curiosidade dos alunos pelo assunto, porque pode proporcionar uma alfabetização sobre a natureza em termos globais (Kaspchak; Laurindo, 2014).

Figura 1 – Distribuição percentual das respostas à pergunta: “Qual seu nível de interesse pelos temas tratados nessa apresentação, relacionados à História da Terra?” (N=45)



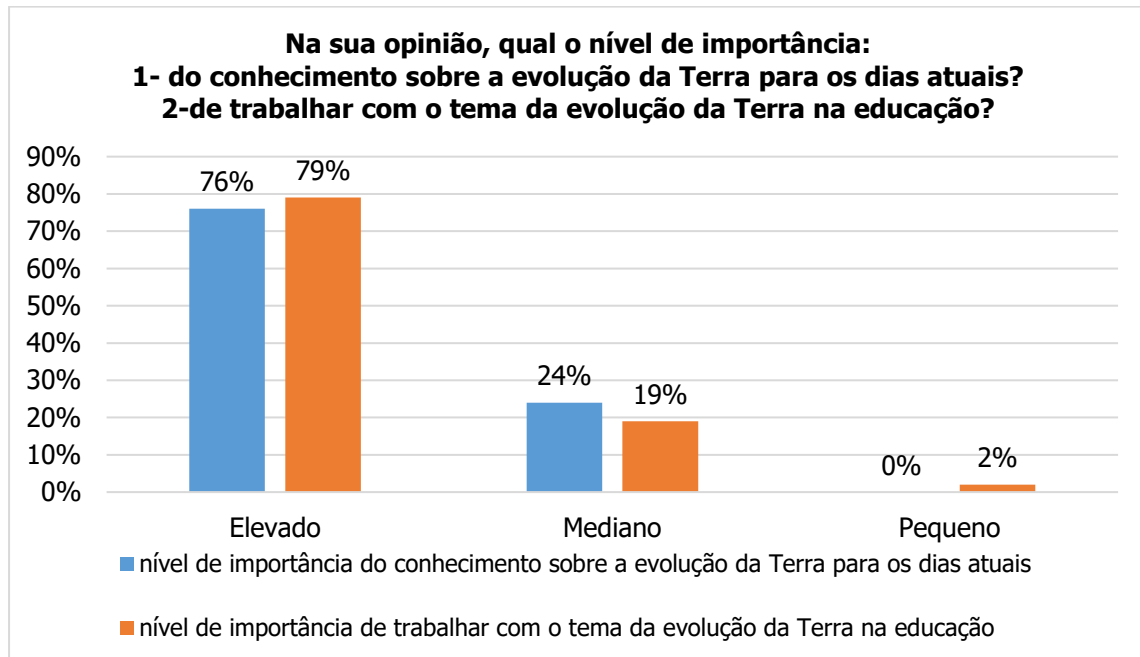
Fonte: Autores (2024).

A segunda e a terceira perguntas têm semelhanças e as porcentagens das respostas dadas para elas serão mostradas de modo conjunto na Figura 2.

A segunda pergunta fechada apresentada aos participantes foi: “Na sua opinião, qual o nível de importância do conhecimento sobre a evolução da Terra para os dias atuais?” As opções de respostas fornecidas foram: “Elevado”; “Mediano”; “Pequeno”. Neste caso, 76% dos participantes consideraram este nível de importância como sendo elevado, contra 24% que o consideraram mediano; nenhum participante respondeu que o nível de importância era pequeno. A geologia desenvolve conhecimentos que são empregados em diversos setores de importância econômica vital para qualquer nação, tais como na construção civil, na exploração de recursos minerais, na produção de energia geotérmica (energia produzida pelo calor do interior da Terra), na defesa do patrimônio geológico e no ordenamento do território, dentre outros (Barbosa; Ferreira; Barra, 1999).

A terceira pergunta fechada apresentada aos participantes – que tinha similaridades com a segunda questão, mas era um pouco diferente, pois fazia referência ao trabalho com a temática na educação – foi: “Na sua opinião, qual nível de importância de trabalhar com o tema da evolução da Terra na educação?” As opções de respostas fornecidas foram: “Elevado”; “Mediano”; “Pequeno”. Neste caso, 79% dos participantes consideraram como de nível elevado a importância em trabalhar sobre a evolução da Terra na educação, contra 19% com afirmaram considerar isto de importância mediana e 2% que achavam que a importância era pequena. A este respeito, o artigo “Dez motivos para a inclusão de temas de geologia na educação básica” (Carneiro; Toledo; Almeida, 2004) elenca vários argumentos para a importância do trabalho educacional com as Ciências da Terra.

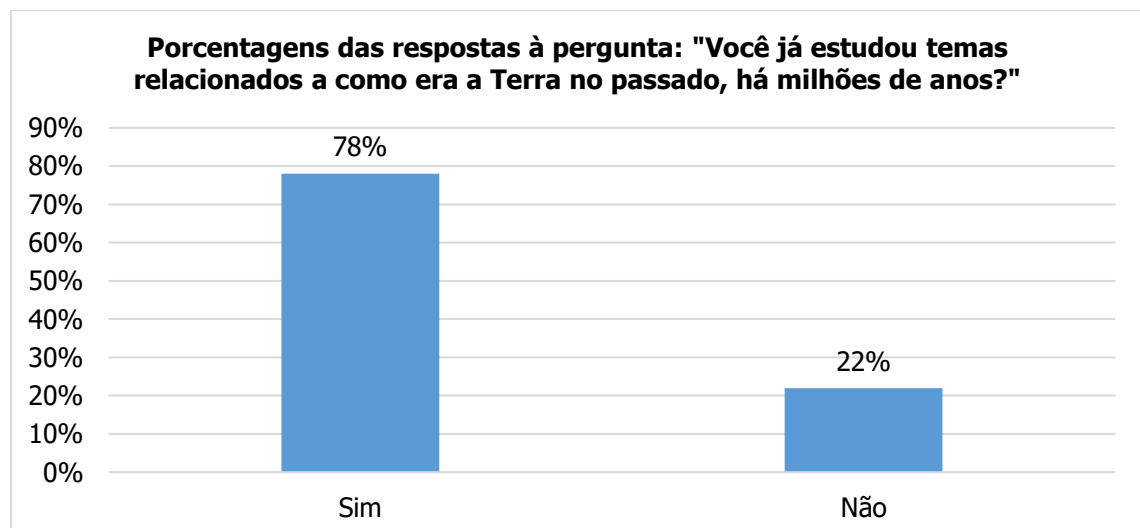
Figura 2 – Distribuição percentual das respostas à pergunta: “Na sua opinião, qual nível de importância: 1- do conhecimento sobre a evolução da Terra para os dias atuais? 2- de trabalhar com o tema da evolução da Terra na educação?” (N=45)



Fonte: Autores (2024).

A quarta pergunta fechada apresentada aos participantes foi: “Você já estudou temas relacionados a como era a Terra no passado, há milhões de anos?” As opções de respostas fornecidas foram: “Sim”; “Não”. A ampla maioria (78%) respondeu afirmativamente, contra 22% de participantes nas apresentações que responderam negativamente (Figura 3). Uma das maiores contribuições do ensino de Geologia está na construção pelos estudantes de padrões de referência que possibilitem uma compreensão do ambiente físico local e de suas relações com o contexto social, econômico e cultural, expandindo-se até chegar à concepção da Terra como um sistema complexo e dinâmico (Guimarães, 2004).

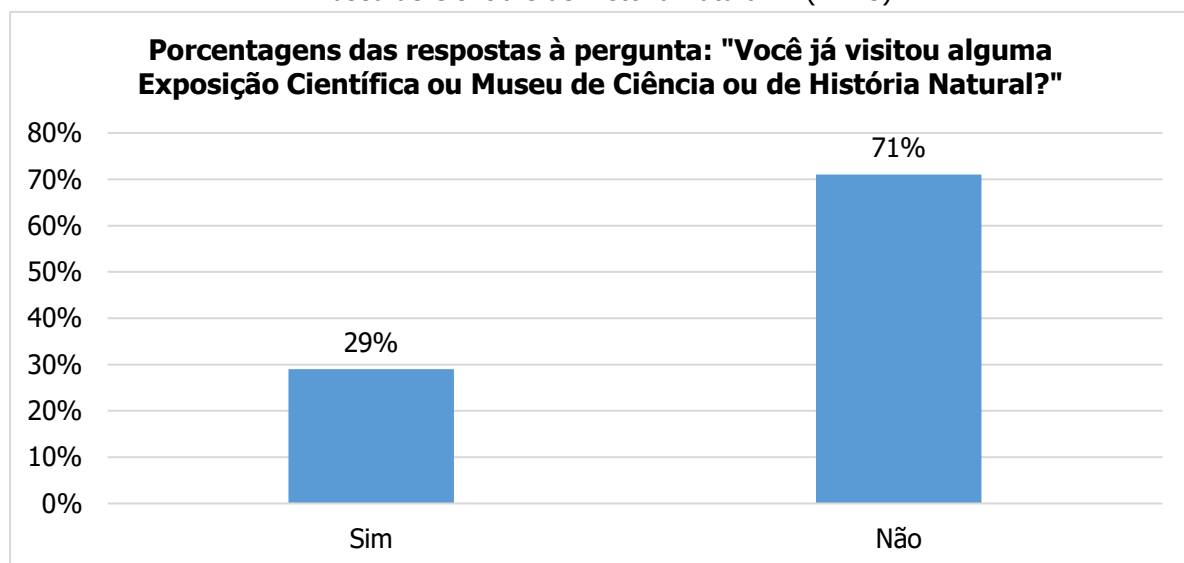
Figura 3 – Distribuição percentual das respostas à pergunta: “Você já estudou temas relacionados a como era a Terra no passado, há milhões de anos?” (N=45)



Fonte: Autores (2024).

A quinta pergunta fechada apresentada aos participantes foi: "Você já visitou alguma Exposição Científica ou Museu de Ciência e de História Natural?" As opções de respostas fornecidas foram: "Sim"; "Não". A ampla maioria (71%) respondeu afirmando nunca ter ido a uma Exposição Científica ou Museu de Ciência e de História Natural, contra 29% que afirmaram já ter visitado alguma instituição de divulgação da ciência como estas (Figura 4). Sobretudo em grandes cidades (este não é o caso do município de Caraguatatuba, onde a presente pesquisa foi desenvolvida), há um crescente interesse do público por visitar museus de ciências e estes ambientes podem de fato colaborar para a melhoria da qualidade da educação científica, mas para que isso se efetive, é importante refletir acerca do tipo de aprendizagem que acontece durante as visitas a estas instituições (Figueroa; Marandino, 2013).

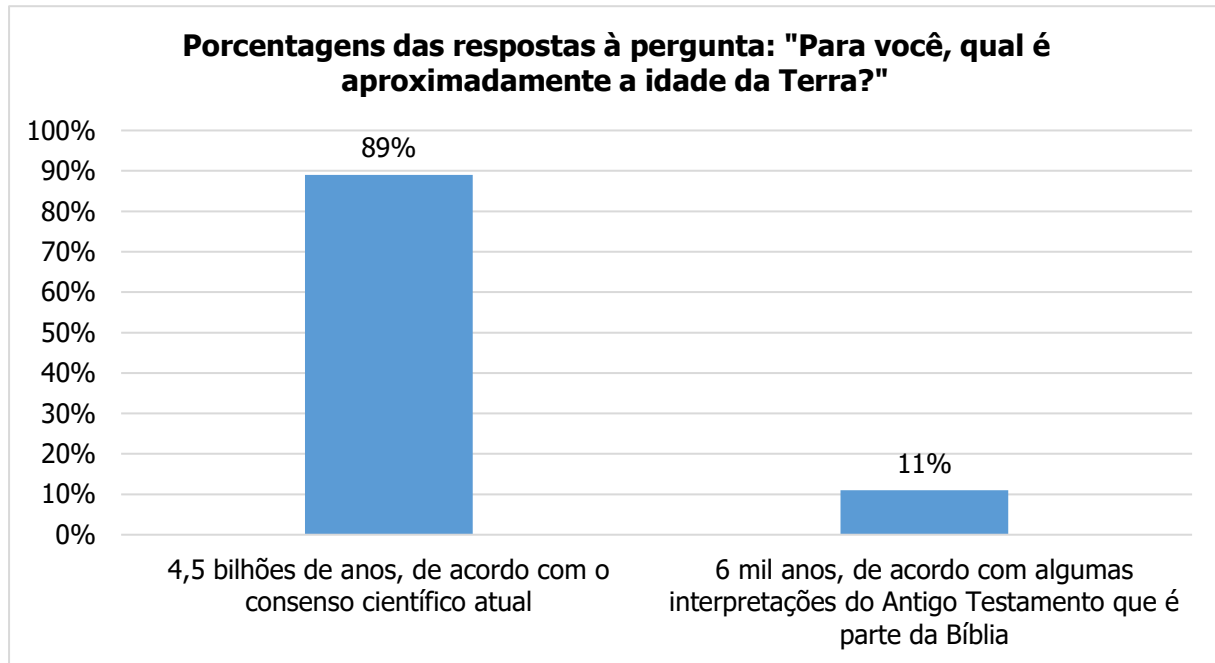
Figura 4 – Distribuição percentual das respostas à pergunta: "Você já visitou alguma Exposição Científica ou Museu de Ciência e de História Natural?" (N=45)



Fonte: Autores (2024).

A sexta pergunta fechada apresentada aos participantes foi: "Para você, qual é aproximadamente a idade da Terra?" As opções de respostas fornecidas foram: "4,5 bilhões de anos, de acordo com o consenso científico atual"; "6 mil anos, de acordo com algumas interpretações do Antigo Testamento que é parte da Bíblia"; "Outra opção" (neste caso, havia um espaço para o participante escrever qual seria esta outra opção). Para esta questão, 89% dos participantes responderam que a idade da Terra seria de cerca de 4,5 bilhões de anos, algo condizente com o consenso científico atual, enquanto 11% dos participantes responderam que a idade da Terra seria de 6 mil anos, algo que está de acordo com algumas interpretações mais literais do Antigo Testamento; ninguém respondeu escolhendo a alternativa "Outra opção" (Figura 5). Durante a Idade Média, as ideias vinculadas à religião a respeito da Idade da Terra foram as predominantes; a ideia de que nosso planeta poderia ser muito mais antigo só emergiu com o advento do pensamento científico moderno, sobretudo a partir do século 17 (Araújo; Mól, 2015). A unidade de tempo mais utilizada em Geologia é o milhão de anos (1 Ma): para compreender estes valores numéricos expressivos, difíceis de serem visualizados e incomuns no dia a dia, é útil o uso de analogias, bem como de estratégias como a "dilatação" da escala de tempo (Latas *et al.*, 2013).

Figura 5 – Distribuição percentual das respostas à pergunta: "Para você, qual é aproximadamente a idade da Terra?" (N=45)



Fonte: Autores (2024).

A seguir analisaremos as respostas dadas para as duas questões abertas. A primeira pergunta aberta foi: "Acerca de qual dos temas abordados nessa apresentação você já tinha tido conhecimento antes?" Algumas das respostas mais significativas dadas pelos participantes a esta pergunta são apresentadas a seguir: "A evolução da Terra"; "Sobre Pangeia"; "A idade da terra, a evolução e sobre a formação dos continentes"; "Sobre como o sistema solar se formou e sobre as transformações da Terra e a evolução humana"; "Sobre as crostas que temos no nosso planeta"; "Sobre a era glacial e sobre as placas tectônicas"; "Sobre a composição da Terra, a idade do planeta e a formação do planeta"; "Sim, ouvi temas sobre a época dos dinossauros, mas acho que precisamos aprender sobre todas as descobertas"; "Sobre o grande continente inicial, sobre a era glacial e algumas outras eras, sobre quase tudo já havia ouvido em algum lugar"; "Deriva continental e idade do planeta"; "Da separação dos continentes como a Pangeia"; "Sobre a história da Terra mas de forma mais rasa"; "As eras, pangeia e a idade da Terra"; "Sobre a Geologia do nosso planeta"; "Placas tectônicas, cordilheiras etc."; "Eu tinha conhecimento sobre o processo de formação da Terra, período mesozoico e formação dos continentes"; "Origem da Terra"; "A origem dos continentes e fases da Terra".

A segunda pergunta aberta foi: "Por qual dos temas abordados nessa apresentação, você sentiu mais interesse por aprender mais?" Algumas das respostas mais significativas dadas pelos participantes a esta pergunta são apresentadas a seguir: "Era glacial e surgimento da água"; "A origem da vida"; "Evolução da vida"; "Acho importante a questão de conhecermos o nosso planeta, como também a questão da conscientização para cuidarmos do nosso local"; "Sobre a formação de vida no nosso planeta"; "As eras, o movimento das placas"; "Achei muito interessante saber sobre a idade das rochas"; "Os métodos utilizados para saber a idade da Terra"; "A consciência da sustentabilidade"; "As primeiras eras geológicas"; "Sobre a evolução dos seres vivos"; "Sustentabilidade"; "Origem da vida na Terra, origem dos continentes"; "Época dos dinossauros"; "Gostaria de me aprofundar mais em relação à deriva dos continentes"; "Sobre os elementos que formam a Terra"; "A composição da Terra, mais especificamente o núcleo e a relação com o campo magnético"; "Sobre como a estrutura da Terra se formou, gostei bastante de saber sobre as várias eras da Terra"; "Como surgiu a água

na Terra”; “Como era a Terra inicialmente, principalmente na era glacial”; “Terremotos e placas tectônicas”; “Tudo”.

Levando em consideração as reações dos participantes observadas pelos autores deste artigo durante as apresentações, em geral, dentre os temas que se mostraram como os mais interessantes e mais produtivos em termos educacionais nas apresentações realizadas, se destacaram: métodos para descobrir a idade da Terra, os períodos geológicos, a formação dos continentes e os conhecimentos sobre as placas tectônicas. Via de regras, os participantes se mostraram interessados pelos temas abordados e demonstraram considerar importante tanto o estudo científico a respeito do planeta Terra, quanto o ensino de conhecimentos produzidos pelas Ciências da Terra na educação básica.

Os resultados obtidos são consistentes com trabalhos que apontam que o ensino das Geociências na formação dos indivíduos não deve se limitar ao aspecto científico, sendo crucial investir também em seu caráter formativo desde os níveis mais elementares do ensino (Constante; Vasconcelos, 2010). Deste modo, atividades educativas sobre o nosso planeta podem servir como importantes estímulos motivacionais no processo de ensino e aprendizagem de conceitos mais abstratos, o que demonstra a importância de promover a ampliação do espaço e tempo dedicados à sua utilização na prática pedagógica para integrar novas atitudes e valores com referência às relações entre seres humanos e a Terra, bem como para promover uma visão renovada e interdisciplinar da Geologia como uma ciência histórica, interpretativa e abrangente da natureza (Compiani, 2005).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, exploramos algumas das possibilidades de uso educacional de temas relacionados às Ciências da Terra, incluindo a compreensão dos processos geológicos, a análise da história da Terra e os impactos humanos associados à exploração de recursos naturais. Também discutimos como esses temas podem ser utilizados para promover o desenvolvimento de habilidades importantes, como a análise crítica e o pensamento científico.

O ensino de temas de Geologia na educação básica pode ser visto como um campo fértil para o desenvolvimento de uma compreensão mais profunda do nosso planeta e suas complexas interações naturais. Ao incorporar tópicos relacionados às Ciências da Terra em diferentes níveis de ensino, é possível fornecer aos estudantes conhecimentos que lhes permitam entender melhor o mundo que os rodeia.

O trabalho educacional com as Ciências da Terra é desafiador e para ser realizado de modo adequado é importante que os professores tenham uma formação sólida sobre os temas envolvidos. No entanto, com a abordagem correta e o apoio adequado, os desafios para a sua implementação podem ser superados e os estudantes podem se beneficiar significativamente com o processo de aprendizagem resultante.

A incorporação de temas relacionados às Ciências da Terra na educação pode ajudar a promover uma compreensão mais profunda e integrada sobre o nosso planeta, algo profundamente necessário tendo em vista o crescimento dos impactos ambientais das ações humanas. Ao fornecer aos estudantes a oportunidade de explorar esses temas de maneira interativa, é possível ajudá-los a desenvolver uma maior consciência acerca das consequências das nossas atitudes sobre toda a biosfera.

De modo geral, as respostas dadas às perguntas pelos participantes indicam a relevância de atividades didáticas com temas relacionados à Geologia em diferentes níveis de ensino. Entretanto, este trabalho apresenta algumas limitações, como a restrição da amostra e o enfoque limitado a determinadas metodologias educacionais, o que pode limitar a generalização dos resultados. Além disso, a análise não abrangeu todas as variáveis envolvidas nos usos educacionais das Ciências da Terra. Recomenda-se, portanto, a elaboração de novas pesquisas para aprofundar o entendimento sobre alguns dos temas tratados neste artigo e para explorar metodologias que possam ser usadas em atividades de ensino sobre o nosso planeta.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo fomento concedido para esta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, D. F.; MÓL, G. S. A Radioquímica e a Idade da Terra. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, p. 164-171, 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/03-QS-07-13.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2024.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? **Revista USP**, n. 103 (Dossiê Clima), p. 13-24, 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99279>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

BARBOSA, B.; FERREIRA, N.; BARRA, A. Importância da geologia na defesa do patrimônio geológico, no geoturismo e no ordenamento do território. **Geonovas**, n. 13, p. 22-33, 1999. Disponível em: <<https://repositorio.ineg.pt/handle/10400.9/843>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

BARRIGA, F. J. A. S. As escalas da evolução do Planeta e a Terra Primitiva. **Gazeta da Física**, v. 35, p. 34-37, 2002. Disponível em: <<https://origemvida.angelfire.com/origem07.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

BERBERT, C. O. Ciências da Terra para a sociedade: o Ano Internacional do Planeta Terra. **Revista USP**, n. 71, p. 70-80, 2006. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/13552/15370>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

CARNEIRO, C. D. R.; MIZUSAKI, A. M. P.; ALMEIDA, F. F. M. A determinação da idade das rochas. **Terra e didática**, v. 1, n. 1, p. 6-35, 2005. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637442>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

CARNEIRO, C. D. R.; TOLEDO, M. C. M.; ALMEIDA, F. F. M. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 553-560, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/directbitstream/f57881f5-5b8a-4862-b3bd-d6d35e842369/1447671.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2024.

CHAMBERLAIN, J. W. **Theory of planetary atmospheres**: an introduction to their physics and chemistry. New York, U.S.A.: Academic Press, 1978.

COMPIANI, M. Geologia/Geociências no Ensino Fundamental e a Formação de Professores. **Geologia – Publicação Especial USP**, v. 3, p. 13-30, 2005. Disponível em:

- <https://www.researchgate.net/publication/274359097_GeologiaGeociencias_no_Ensino_Fundamental_e_a_Formacao_de_Professores>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- COMPIANI, M. O Lugar e as escalas e suas dimensões Horizontal e Vertical nos trabalhos práticos: Implicações para o ensino de Ciências e Educação Ambiental. **Ciência e Educação**, v. 13, n. 1, p. 29-45, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/MstbqkJbxNMTkN3rJ76q6rc/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 26 abr. 2024.
- CONTANTE, A.; VASCONCELOS, C. Atividades lúdico-práticas no ensino da geologia: complemento motivacional para a aprendizagem. **Terrae Didactica**, v. 6, n. 2, p. 101-124, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637467>>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- CORDANI, U. G. As Ciências da Terra e a mundialização das sociedades. **Estudos Avançados**, v. 9, p. 25, p. 13-27, 1995. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/R3Vj77thGhnwrsXZ6QqyYHL/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2024.
- COSTA, R. M.; PETSCH, C.; ROSA, K. K. O lugar como potencialidade no ensino de hidrosfera. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, v. 10, n. 20, p. 411-434, 2020. Disponível em: <<https://www.revistaedugeo.com.br/revistaedugeo/article/view/810>>. Acesso em: 28 abr. 2024.
- DIAS, A. A. C.; ANDRADE-NETO, A. V.; MILITÃO, M. S. R. A atmosfera terrestre: composição e estrutura. **Caderno de Física da UEFS**, v. 5, n. 1/2, p. 21-40, 2007. Disponível em: <<http://dfisweb.uefs.br/caderno/vol5n12/Atmosfera.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- FERREIRA, S.; ALVES, M. I. C.; SIMÕES, P. P. Ambientes e vida na terra – os primeiros 4.0 Ga. **Estudos do Quaternário**, Porto, n. 5, p. 99-116, 2008. Disponível em: <<http://apeq.pt/estudosdoquaternario/index.php/eq/article/view/68>>. Acesso em: 28 abr. 2024.
- FIGUEROA, A. M. S.; MARANDINO, M. Os modelos pedagógicos na aprendizagem em museus de ciências. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, Águas de Lindóia, SP, 2013. Disponível em: <<http://www.geenf.fe.usp.br/v2/wp-content/uploads/2015/10/R0994-1.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2024.
- GEE, H. **Uma história (muito) curta da vida na Terra: 4,6 bilhões de anos em doze capítulos (!)** São Paulo: Fósforo Editora, 2024.
- GUIMARÃES, E. M. A contribuição da geologia na construção de um padrão de referência do mundo físico na educação básica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 1, p. 87-94, 2004. Disponível em: <<https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9501>>. Acesso em: 26 abr. 2024.
- JANKE, N.; RONCAGLIO, C. **Desenvolvimento sustentável**. Curitiba: IESDE, 2012.
- KASPCHAK, L. A. C.; LAURINDO, R. M. Relato de experiência oficina de geologia aplicada ao terceiro ciclo do ensino fundamental. **Anais do II Seminário Estadual PIBID do Paraná**, Foz de Iguaçu, PR, 2014. Disponível em: <<https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/3217/PIBID1%2c2242-2246.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23 abr. 2024.

KELLNER, A. W. A. As evidências dos primeiros seres vivos. **Ciência Hoje**, n. 363, mar. 2020. Disponível em: <<https://cienciahoje.org.br/artigo/as-evidencias-dos-primeiros-seres-vivos/>>. Acesso em: 25 jun. 2024.

LATAS, J. *et al.* Matemática do planeta Terra – Descobrir o planeta Terra: o Tempo e o Espaço em Geologia. **Educação e Matemática**, n. 122, p. 13-19, 2013. Disponível em: <<https://em.apm.pt/index.php/em/article/view/2108>>. Acesso em: 22 abr. 2024.

MARQUES, L. S. O Interior da Terra. **Revista USP**, n. 71, p. 20-29, 2006. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/13547/15365>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MOLEDO, L.; MAGNANI, E. A estrutura da Terra e a teoria da deriva continental. **Comciência**, 2010. Disponível em: <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000600010&lng=pt&nrm=is&tlng=pt>. Acesso em: 28 abr. 2024.

MOREIRA, C. Biosfera. **Revista de Ciência Elementar**, v. 3, n. 2, 2015. Disponível em: <<https://rce.casadasciencias.org/art/2015/113/>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

PEREIRA, G.; ORTIGÃO, M. I. R. Pesquisa quantitativa em educação: algumas considerações. **Periferia**, v. 8, n. 1, p. 66-79, 2016. Disponível em: <>. Acesso em: 26 jun. 2024.

PIRANHA, J. M.; CARNEIRO, C. D. R. O ensino de Geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 1, p. 129-137, 2009. Disponível em: <<https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7634>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

SALGADO, M. L. **História Ecológica da Terra**. São Paulo: Blucher, 1994.

TEIXEIRA, W. **Tempo Geológico: A História da Terra e da Vida**. Tópico 11, p. 242-243, 2014.

TORT, A. C.; NOGAROL, F. Revendo o debate sobre a idade da Terra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 1603, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xK6Yn75njvPz3BqgTHKXWrJ/?lang=pt>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

VELOSO, P. H. F.; BARRETO, A. A.; OLIVEIRA, M. O. S. Modelo Didático: As camadas internas da Terra. **Anais do II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia**, 2021.

WILLIAMS JR., R. S. The modern Earth narrative: natural and human history of the Earth. In: FRODEMAN, R. (ed.). **Earth matters: the Earth Sciences, philosophy and the claims of community**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999.

WINDLEY, B. F. Geologic history of Earth. **Encyclopedia Britannica**, 2024. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/geologic-history-of-Earth>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

Submissão: 14/05/2024

Aceito: 26/08/2024