

UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM DO TEMA

“MUDANÇAS CLIMÁTICAS”

PARA PROFESSORES DE BIOLOGIA A PARTIR DA
PERSPECTIVA DO ENSINO DE CIÊNCIAS POR
INVESTIGAÇÃO

Filipi Magalhães
Sonia Vasconcelos
Christiane C. Santos

UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM DO TEMA

“MUDANÇAS CLIMÁTICAS”

**PARA PROFESSORES DE BIOLOGIA A PARTIR DA
PERSPECTIVA DO ENSINO DE CIÊNCIAS POR
INVESTIGAÇÃO**



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

Chanceler

Dom Jaime Spengler

Reitor

Evilázio Teixeira

Vice-Reitor

Jaderson Costa da Costa

CONSELHO EDITORIAL

Presidente

Carla Denise Bonan

Editor-Chefe

Luciano Aronne de Abreu

Adelar Fochezatto

Antonio Carlos Hohlfeldt

Cláudia Musa Fay

Gleny T. Duro Guimarães

Helder Gordim da Silveira

Lívia Haygert Pithan

Lucia Maria Martins Giraffa

Maria Eunice Moreira

Maria Martha Campos

Norman Roland Madarasz

Walter F. de Azevedo Jr.

*Filipi Magalhães
Sonia Vasconcelos
Christiane C. Santos*

UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM DO TEMA
“MUDANÇAS CLIMÁTICAS”
PARA PROFESSORES DE BIOLOGIA A PARTIR DA
PERSPECTIVA DO ENSINO DE CIÊNCIAS POR
INVESTIGAÇÃO

 **ediPUCRS**

PORTO ALEGRE
2020

© EDIPUCRS 2020

ILUSTRAÇÃO E CAPA Renan Alves, ediPUCRS (adaptação)

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO Fábio Rapello Alencar, ediPUCRS (adaptação)

EDIÇÃO DE VÍDEOS Wanessa do Bomfim Machado

REVISÃO Gaia Revisão Textual

Edição revisada segundo o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.



Este livro conta com um ambiente virtual, em que você terá acesso gratuito a conteúdos exclusivos.

Acesse o QR Code e confira!



Editora Universitária da PUCRS

Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 33
Caixa Postal 1429 – CEP 90619-900
Porto Alegre – RS – Brasil
Fone/fax: (51) 3320 3711
E-mail: edipucrs@pucrs.br
Site: www.pucrs.br/edipucrs

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M188p Magalhães, Filipi

Uma proposta de abordagem do tema "mudanças climáticas" para professores de biologia a partir da perspectiva do ensino de ciências por investigação / Filipi Magalhães, Sonia Vasconcelos, Christiane Coelho Santos. – Porto Alegre : EDIPUCRS, 2020.
Recurso on-line (78 p.)

Modo de acesso: <<https://editora.pucrs.br/>>
ISBN 978-65-5623-113-6

1. Mudanças climáticas. 2. Educação (Metodologia de Ensino).
3. Ciências – Ensino. I. Vasconcelos, Sonia. II. Santos, Christiane Coelho. III. Título.

CDD 23. ed. 372.35

Loiva Duarte Novak CRB 10/2079
Setor de Tratamento da Informação da BC-PUCRS.

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfílmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial, bem como a inclusão de qualquer parte desta obra em qualquer sistema de processamento de dados. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do *Código Penal*), com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenizações diversas (arts. 101 a 110 da Lei 9.610, de 19.02.1998, Lei dos Direitos Autorais).

SUMÁRIO

NOTA INTRODUTÓRIA | 7

1 UM PANORAMA ACADÊMICO GERAL – ENSINO DE CIÊNCIAS E
BIOLOGIA BASEADO NA INVESTIGAÇÃO | 17

2 ELABORANDO UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM BASE NA
ABORDAGEM DE INVESTIGAÇÃO CRIATIVA | 29

3 PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA
ABORDAGEM DE INVESTIGAÇÃO CRIATIVA | 41

REFERÊNCIAS | 61

SOBRE OS AUTORES E COLABORADORES | 73

NOTA INTRODUTÓRIA

“O consenso científico é esmagador: o planeta está ficando mais quente, e os humanos estão por trás disso”
(NUNEZ, 2019, tradução nossa).

Em 2019, foi divulgado, o relatório denominado *Percepção Pública da C&T no Brasil – 2019*, pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), uma organização que tem como missão

subsidiar processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI [Sistema Nacional de Ciências, Tecnologia e Inovação] (CGEE, 2019a, p. 1).

Esse relatório tem um papel crucial para que esse panorama seja conhecido e, a partir dele, sejam delineadas políticas públicas direcionadas ao fortalecimento da ciência na sociedade. Um dos objetivos é aprimorar “ações de popularização científica e de educação em ciências, assim como contribuir com a formulação de políticas públicas voltadas para essa temática” (CGEE, 2019a, p. 7). Como principais resultados, o documento destaca que, comparando com as pesquisas anteriores, os brasileiros continuam demonstrando interesse por temas científicos, embora com pouca apropriação desse conhecimento. O cientista aparece como uma fonte confiável de informações, embora não a mais confiável: “Os cientistas não estão em primeiro lugar entre as fontes confiáveis de informação, mas praticamente nunca aparecem entre as fontes NÃO confiáveis” (CGEE, 2019b).

Os dados mostram que as fontes de informação que os entrevistados mais confiam, em primeiro lugar, são os jornalistas (26%) e os médicos (26%), seguidos pelos religiosos (15%) e os cientistas de universidades ou institutos públicos de pesquisa (12%). Já a segunda opção de maior confiança são os médicos com 23%, os religiosos com 14%, os cientistas de universidades ou institutos públicos de pesquisa com 13% e os jornalistas com 12% (CGEE, 2019b, p. 12).

Na seção “Principais resultados” desse relatório do CGEE, há um detalhamento sobre esses dados. Um ponto para o qual o relatório do CGEE chama a atenção é a manutenção do interesse dos brasileiros por temas científicos, como o meio ambiente, por exemplo. Entretanto, importa aqui destacar que

declarar interesse significa, de forma mais precisa, a percepção da relevância social ou prestígio da área, indicando a forma como os brasileiros atribuem importância para o tema e não significa, necessariamente, ler, participar ou se informar, embora a correlação exista (CGEE, 2019a, p. 14).

Dessa forma, permanece fundamental o papel de cientistas, educadores e gestores no desenvolvimento de estratégias que ampliem a compreensão pública sobre temas científicos.

Um dos temas que merece especial atenção no Brasil e no mundo está relacionado às “mudanças climáticas”, uma vez que se acumulam evidências de que a intervenção humana estaria associada ao aquecimento global (REUSSWIG, 2013). Essa hipótese está respaldada por boa parte da literatura científica, sendo corroborada em extensas revisões sobre resultados de pesquisa publicados nos últimos anos. Um deles foi publicado por Cook *et al.* (2013), tendo sido conduzido por um grupo de pesquisadores de diferentes países – Austrália, Estados Unidos, Reino Unido e Canadá.

Cook *et al.* (2013) analisaram 11.944 resumos científicos, publicados no período de 1991 a 2011, e identificaram que apenas 0,7% rejeitavam o aquecimento global antropogênico (*anthropogenic global warming* – AGW), ou seja, influenciado por atividades humanas. Os demais trabalhos apontavam para nenhum posicionamento definido (66,4%), para incerteza (0,3%) e respaldo para AGW (32,6%). Esse é apenas um dos vários estudos citados pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, 2019a).

Outras publicações e órgãos de consolidada confiabilidade científica no mundo, como o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

(*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), sugerem evidências de que é necessária máxima atenção e medidas urgentes para reduzir os impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2019). No Brasil, relatórios e projeções divulgadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vêm corroborando essa necessidade, como, por exemplo, o relatório *Dangerous Climate Change in Brazil* (Mudanças climáticas perigosas no Brasil) (INPE; MET OFFICE HADLEY CENTRE, 2011).

Esse estudo avaliou vários fatores que incluem variabilidades naturais do clima ao longo de diferentes períodos, mas também extremos do clima e o papel das florestas na mitigação do problema. O relatório descreve que o “desmatamento apresenta uma ameaça mais imediata à Amazônia”, destacando que, considerando seu ciclo hidrológico, a região “recicla até 50% de sua precipitação, e que se apenas 30% da Amazônia for desmatada, será incapaz de gerar chuvas suficientes para se sustentar [...]” (INPE; MET OFFICE HADLEY CENTRE, 2011, p. 48, tradução nossa). Em um cenário mais amplo, registros a partir de 1880 indicam que a temperatura média da Terra subiu mais de 1 grau Celsius (cerca de 2º Fahrenheit) (NASA, 2019b). No entanto, é importante esclarecer que:

Isso não significa que as temperaturas não flutuaram entre as regiões do globo ou entre as estações do ano e as horas do dia. Mas, analisando as temperaturas médias em todo o mundo, os cientistas demonstraram uma tendência ascendente inconfundível. Essa tendência é parte da mudança climática, que muitas pessoas consideram sinônimo de aquecimento global. Os cientistas preferem usar “mudanças climáticas” quando descrevem as mudanças complexas que vêm afetando os sistemas meteorológicos e climáticos do nosso planeta. As mudanças climáticas abrangem não apenas o aumento da temperatura média, mas também eventos climáticos extremos, mudanças nas populações e habitats da vida selvagem, elevação dos mares e uma série de outros impactos (NUNEZ, 2019, tradução nossa).

Neste *e-book*¹, privilegiaremos, portanto, a expressão “mudanças climáticas” em boa parte de sua construção, uma vez que conduziu a revisão da literatura acadêmica disponibilizada no Google Acadêmico – Google Scholar – e na base Scopus, uma base de dados que indexa artigos de cerca de 17.000 periódicos científicos em todas as áreas. Como será descrito no Capítulo 1, investigamos publicações acadêmicas sobre “mudanças climáticas” no período de 1989 a 2019, no contexto do ensino e com um olhar investigativo para a educação em ciências, especialmente na área de biologia. Buscamos oferecer um panorama do cenário brasileiro, mas não limitado a ele por meio dessa mesma estratégia de busca no Google Acadêmico. Essa base concentra trabalhos acadêmicos e inclui literatura escolar e material acadêmico variado, como relatórios e citações. O objetivo é oferecer uma proposta didática ao professor de biologia – e de outras áreas que desejem explorar a temática na educação básica – com base numa revisão atualizada da literatura relacionada.

Aqui é importante pontuar o conceito de investigação no contexto da educação em ciências. Como descrito por Martins-Loução *et al.* (2020), o conceito de educação em ciências baseada na investigação (*Inquiry-Based Science Education* – IBSE) pressupõe que, para que haja motivação e interesse dos alunos nas aulas, os conteúdos científicos devem focar não apenas no conhecimento temático, mas também como eles se relacionam com os problemas da vida cotidiana. Para entendermos de onde surgem e como podem ser resolvidos, por exemplo, problemas ambientais em nosso planeta, uma abordagem pedagógica explorando os contextos em que se inserem as questões científicas deve ser privilegiada em detrimento de um que estimule a memorização mecânica de conceitos (MARTINS-LOUÇÃO *et al.*, 2020).

O que a literatura vem demonstrando é que, em relação ao interesse dos alunos em ciências, a pedagogia do ensino que privilegia os questionamentos,

¹ Este *e-book* é associado à dissertação de Filipi Magalhães, no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), concluída em 2019 na UFRJ, sob a orientação das professoras Sonia Vasconcelos e Christiane C. Santos.

como é o caso da proposta IBSE, seria um caminho para aprimorar a educação científica. Enquanto destacam essa questão, Martins-Loução *et al.* (2020) salientam que, na Europa, por exemplo, foi somente após o relatório Rocard, publicado em 2007, que as escolas foram aconselhadas a adotar o IBSE como uma abordagem metodológica para estimular o interesse dos estudantes pela ciência (EUROPEAN COMMISSION, 2007). Osborne e Dillon (2008), que publicaram o documento *Science Education in Europe: Critical Reflections. A report to Nuffiel Foudation*, são citados pelos autores. De forma geral, os autores corroboram as conclusões em vários artigos científicos, apontando que aprender ciência por meio da investigação impacta positivamente o interesse na aprendizagem, a participação nas aulas e a motivação dos alunos em relação a questões científicas (OSBORNE; DILLON, 2008).

Como apresentado nos artigos que compõem a construção deste material, pesquisas em diferentes países vêm indicando que a abordagem IBSE promove uma compreensão mais ampla sobre a importância e a natureza da ciência, sobre a interpretação de evidências e controvérsias científicas. Entretanto, um retrato sugerido pela apresentação da temática “mudanças climáticas” em uma amostra de livros didáticos de biologia, por exemplo, parece tender a uma perspectiva acrítica sobre o problema (DELAQUA; BASSOLI, 2013).

Rumenos (2016, p. 6), em sua dissertação *O tema mudanças climáticas nos livros didáticos de ciências da natureza para o Ensino Fundamental II: um estudo a partir do PNLD 2014*, indica que, de forma geral, nas coleções analisadas, quando se trata da “[...] temática das complexidades e controvérsias [...]”, são pouco exploradas “[...] questões relativas à criticidade face aos fenômenos ambientais e sua relação com o atual modo de produção e atuação de ordem política e ética, visando buscar a formação em seu aspecto crítico”.

Buscando expandir as possibilidades de tratamento do problema na educação básica, este *e-book* oferece uma oportunidade para que seja possível ao professor de ciências e biologia explorar essa temática na sala de aula de forma não apenas investigativa, estimulando não só a criticidade, mas também a criatividade, tanto de professores quanto de alunos.

No Capítulo 2, apresentamos uma proposta sobre como desenvolver uma sequência didática investigativa, que poderá auxiliar professores de biologia (e de outras disciplinas) interessados nessa estratégia.

No Capítulo 3, propomos uma sequência didática, buscando estimular o pensamento criativo e crítico dos alunos sobre a temática explorada. Essa sequência didática incorpora características descritas por Toulmin e Motokane (conforme Capítulo 2 sobre a sequência didática). O material foi apreciado por um grupo de quatro professores de biologia com experiência na educação básica nas redes municipal, estadual, federal e privada e por um pesquisador atuante no campo da divulgação científica. Essa exposição do *e-book* para além do contexto do ensino de biologia se deu pelo fato de o tema ser de interesse público e ter o potencial de contribuir para a compreensão pública da ciência, via abordagem do tema “mudanças climáticas”.

A sequência didática proposta combina a apresentação de tópicos centrais sobre “mudanças climáticas”, principais evidências, hipóteses predominantes, bem como algumas incertezas científicas associadas. A ideia é o professor elaborar, juntamente com os alunos, uma proposta criativa para falar sobre “mudanças climáticas” para o público em geral.

De forma a auxiliar o professor a desenvolver essa sequência, apresentamos dois vídeos de especialistas: um pesquisador da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) apresentando o conceito de criatividade na perspectiva das neurociências e uma pesquisadora da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) ilustrando preocupações com mudanças climáticas com base em dados científicos sobre a Antártica nos últimos anos. Esses vídeos poderão ser usados pelos professores para suas próprias reflexões e práticas, bem como para promover a discussão com os alunos. Ao final da sequência didática, os alunos responderiam à seguinte pergunta: “Eu deveria me importar com as mudanças climáticas? Por quê?” As respostas devem ser coletadas de forma que os alunos elaborem, em uma atividade colaborativa, uma resposta conjunta. Devem indicar os pontos que consideram respaldar um posicionamento ou outro, listando algumas evidências e incertezas científicas – dos cientistas e dos próprios alunos.

Por um lado, a concepção desse material se alinha com uma preocupação atrelada ao ensino de ciências investigativo – a de que o questionamento é um exercício crucial para a compreensão do processo científico. Entretanto, para além desse exercício, a proposta contida neste *e-book* busca provocar uma aproximação com a ideia de investigação criativa. Para exemplificar, Hung e Ko (2017) citam os Padrões Nacionais de Educação Científica (*National Science Education Standards*) das escolas estadunidenses:

em comparação com o ensino anterior baseado em investigação, as ênfases de investigação devem ser mais voltadas para atividades que investigam e analisam questões científicas e menos atividades que demonstram e verificam conteúdo científico, *mais sobre ciência como argumento e explicação e menos sobre ciência como exploração e experimento* (tradução e grifo nossos).

Essa abordagem de investigação criativa nos parece promissora para explorar o tema “mudanças climáticas”. Enfatizando o processo criativo enquanto trabalham quatro componentes – exploração, explicação, comunicação e avaliação –, os professores ampliam oportunidades de estimular o pensamento criativo. Esse exercício investigativo de construção da ciência “como argumento e explicação” trabalha hipóteses, confirmações e refutações, permitindo a compreensão do próprio processo que legitima (ou não) uma evidência científica.

Essa compreensão do processo científico ainda parece distante do público no Brasil, como mostram os resultados do relatório do CGEE. Dessa forma, desejamos que este material potencialize o papel dos professores de ciências, especialmente os de biologia, nesse contexto. Como menciona o citado relatório, “A afirmação que, ao longo dos anos, se mantém como a de maior consenso entre os brasileiros é a de que ‘a maioria das pessoas é capaz de entender o conhecimento científico, se bem explicado [...]’”, com 82% de concordância dos respondentes (CGEE, 2019a, p. 21).

1

UM PANORAMA ACADÊMICO GERAL – ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA BASEADO NA INVESTIGAÇÃO

“Ao mesmo tempo que desenvolvem grandes ideias científicas, os alunos devem desenvolver ideias sobre ciências. Tem papel central a compreensão da importância das evidências para respaldar o desenvolvimento das ideias científicas dos alunos, levando posteriormente ao reconhecimento da base de evidências que sustentam as grandes ideias”

(HARLEN, 2010, p. 56, tradução nossa).

Este capítulo apresenta um breve panorama, a partir de uma perspectiva quantitativa, da produção acadêmica sobre o tema mudanças climáticas, incluindo o aquecimento global, no ensino investigativo de ciências e biologia. O quantitativo de publicações em um período de 30 anos (1989-2019) foi obtido após uma coleta de dados nas bases Scopus e Google Scholar, com o objetivo de identificar material acadêmico internacional e nacional. Nessa análise, selecionamos 49 publicações, sendo 21 pela base Scopus e 28 pela base Google Scholar.

Produções acadêmicas na base Scopus

Como descrito no Sistema da Elsevier (2019a), a base Scopus concentra quase 25.000 títulos:

Scopus é o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares: revistas científicas, livros, processos de congressos e publicações do setor. Oferecendo um panorama abrangente da produção de pesquisas do mundo nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais, artes e humanidades.

A base Scopus (Figura 1) disponibiliza uma ferramenta que analisa os resultados das buscas, gerando gráficos que possibilitam observar a distribuição das publicações. Além de detalhes como ano de publicação, autores, afiliação acadêmica, país/território, é possível identificar área de conhecimento e fonte (s) de financiamento (Figura 1).

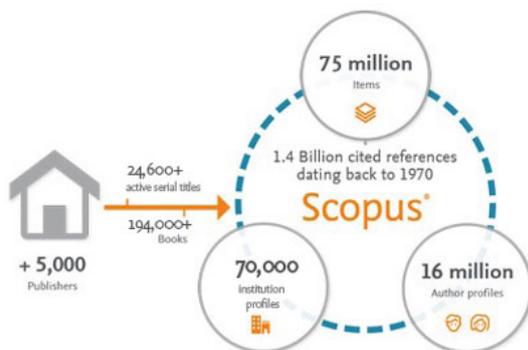


Figura 1 – Funcionamento da base Scopus

Fonte: Elsevier (2019b).

O site de busca na base Scopus é apresentado em língua inglesa. Quanto ao material indexado, apesar de serem encontradas publicações em português, são publicações em periódicos em inglês que prevalecem na base. Utilizamos, portanto, como itens de busca: “*climate change*”, “*inquiry*” e “*teaching*” (“mudanças climáticas”, “investigação” e “ensino”). Nessa pesquisa, foram encontradas 50 publicações, que foram analisadas pelos três organizadores deste *e-book*, cujos critérios, aplicados de forma independente, permitiram o refinamento da seleção do material, levando a um total de 21 publicações, como listado na Figura 2, a seguir.

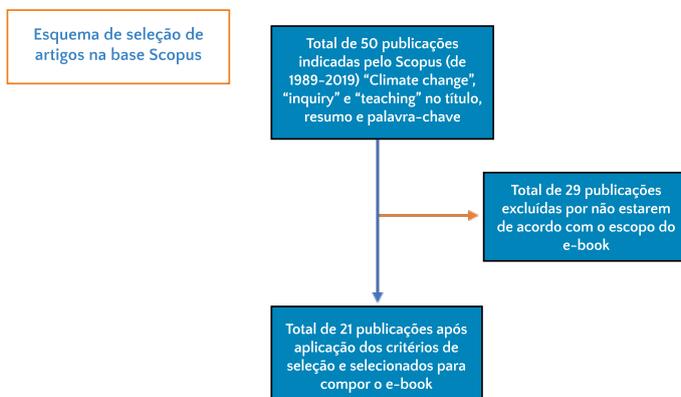


Figura 2 – Esquema de seleção dos documentos pela Scopus (1989-2019)

Fonte: Os autores (2019), a partir dos dados gerados pela base Scopus.

Quando analisamos o gráfico sobre os documentos por ano de publicação, identificamos que os anos que mais tiveram publicações foram 2015 e 2016. Esses dados podem representar uma maior preocupação no meio acadêmico sobre o ensino de mudanças climáticas de forma investigativa no ensino básico (Figura 3).



Figura 3 – Distribuição das publicações por ano na base Scopus

Fonte: Os autores (2019), a partir dos dados gerados pela base Scopus.

Na análise quanto ao tipo de documento, não tivemos uma grande variação após as seleções. Os artigos acadêmicos representam 85,7%; e livros, revisões e documentos de conferências representaram 4,8% em cada categoria (Figura 4).

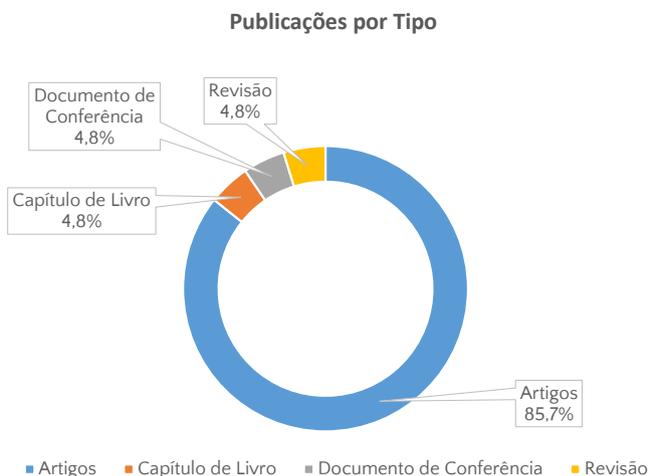


Figura 4 – Distribuição das publicações por tipo de documentos na base Scopus

Fonte: Os autores (2019), a partir dos dados gerados pela base Scopus.

Em relação ao número de publicações por país, os Estados Unidos representam mais da metade das publicações mundiais sobre o tema, com 12 das 21 publicações selecionadas. O Canadá aparece em segundo lugar, contendo 4 das 21. O Brasil aparece somente com uma publicação, intitulada “International perspectives on the pedagogy of climate change”, que foi fruto de uma parceria entre seis países: Alemanha, Arábia Saudita, Brasil, China, Estados Unidos e México (Figura 5).

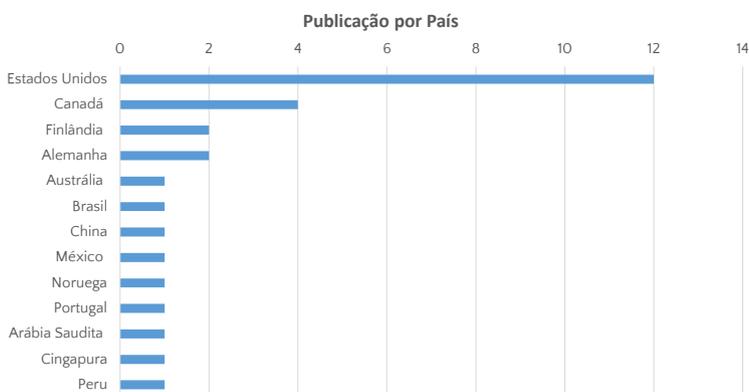


Figura 5 – Distribuição das publicações por país na base Scopus

Fonte: Os autores (2019), a partir dos dados gerados pela base Scopus.

Analisando as publicações por área do conhecimento, a categorização dos periódicos se concentra na área das Ciências Sociais, visto que essa é a área que abrange publicações com foco em educação. As Ciências Sociais representam 38,3% dos artigos (18 de 21), ou seja, somente três publicações não entraram na classificação das Ciências Sociais, apesar de serem voltadas à educação. Essa não categorização pela Scopus ocorreu pelo fato de que dois documentos – “International perspectives on the pedagogy of climate change” e “Lessons learned through our climate change professional development program for middle and high school teachers” – foram publicados em revistas sem ênfase em educação, *Journal of Cleaner Production* e *Physical Geography*, respectivamente, e um documento, “Bringing global climate change education to middle school classrooms: An example from Alabama”, que se trata de um capítulo de um livro intitulado *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation* (Figura 6).

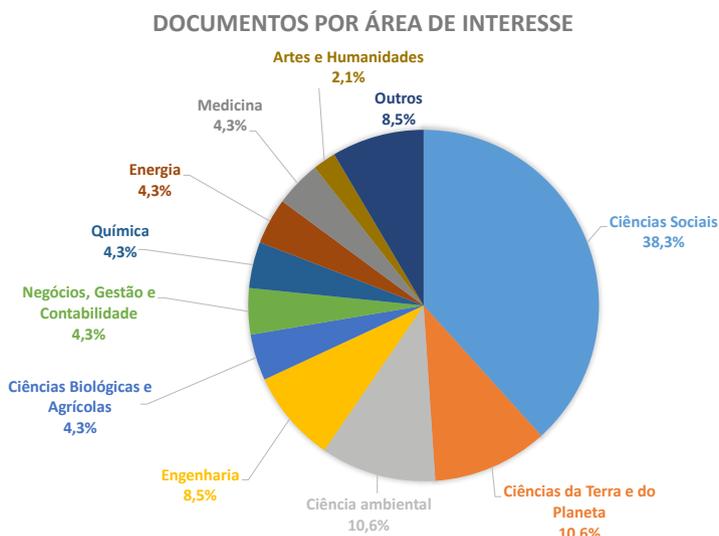


Figura 6 – Distribuição das publicações por área de interesse na base Scopus
Fonte: Os autores (2019), a partir dos dados gerados pela base Scopus.

Das publicações analisadas, 14 tinham foco no aluno, abordando metodologias focadas no ensino ou analisando o conhecimento dos alunos sobre a temática. Outros seis artigos tinham como foco os professores, sendo que cinco eram focados em professores regentes, fazendo um levantamento do conhecimento, método didático ou por meio de formações continuadas, e um focado em licenciandos. Uma das publicações fazia uma revisão narrativa sobre o tema.

Produções acadêmicas na base Google Acadêmico

O Google Acadêmico é uma base que fornece uma ampla gama de trabalhos acadêmicos, como artigos, teses, livros, resumos de eventos acadêmicos, relatórios de pesquisa, documentos de repositórios *on-line* e outros. Uma vantagem é a grande quantidade de produções em português,

o que dá uma dimensão sobre as produções feitas no Brasil. Com o filtro de pesquisa avançada, podemos refinar a pesquisa, colocando alguns limites.

No site do Google Scholar, todas as buscas foram realizadas utilizando dois termos, de cinco escolhidos: “mudanças climáticas”, “aquecimento global”, “ensino”, “ensino de ciências” e “ensino de biologia”. Foram realizadas cinco buscas, cada uma usando combinações diferentes de tópicos.

Na primeira, foram utilizados os termos “aquecimento global” e “ensino de ciências”, e a busca foi limitada somente ao título das publicações. Foram localizados um total de quatro publicações, e, depois de aplicados os critérios de seleção, duas publicações foram selecionadas.

A segunda busca utilizou os termos “aquecimento global” e “ensino de biologia” e também foi limitada ao título. Foi localizada apenas uma citação, que foi descartada, uma vez que não era acessível.

Na terceira busca, foram utilizados os termos “aquecimento global” e “ensino de biologia”, mas, nesse caso, os termos poderiam estar em qualquer lugar do artigo. Em 1º de agosto de 2019, foram identificadas um total de 725 publicações, sendo a busca repetida em 17 de agosto de 2019, que retornou 733 documentos. Dessas 733 publicações, foram selecionadas apenas 16, por estarem dentro do escopo deste *e-book*.

A quarta busca utilizou os termos “mudanças climáticas” e “ensino” e ficou limitada ao título do artigo. Nessa busca, foram encontradas 28 publicações, sendo selecionadas cinco após a aplicação dos critérios de inclusão.

Na quinta e última busca, foram utilizados os termos “aquecimento global” e “ensino”, também limitados ao título, tendo sido encontradas 39 publicações, em que cinco foram selecionadas.

No total, pelo Google Scholar, foram encontradas 805 publicações, das quais 28 foram selecionadas. Dentre as 777 que foram excluídas da seleção, encontramos documentos que não se enquadravam no escopo deste *e-book* ou incluíam citações e *links* corrompidos (Figura 7).

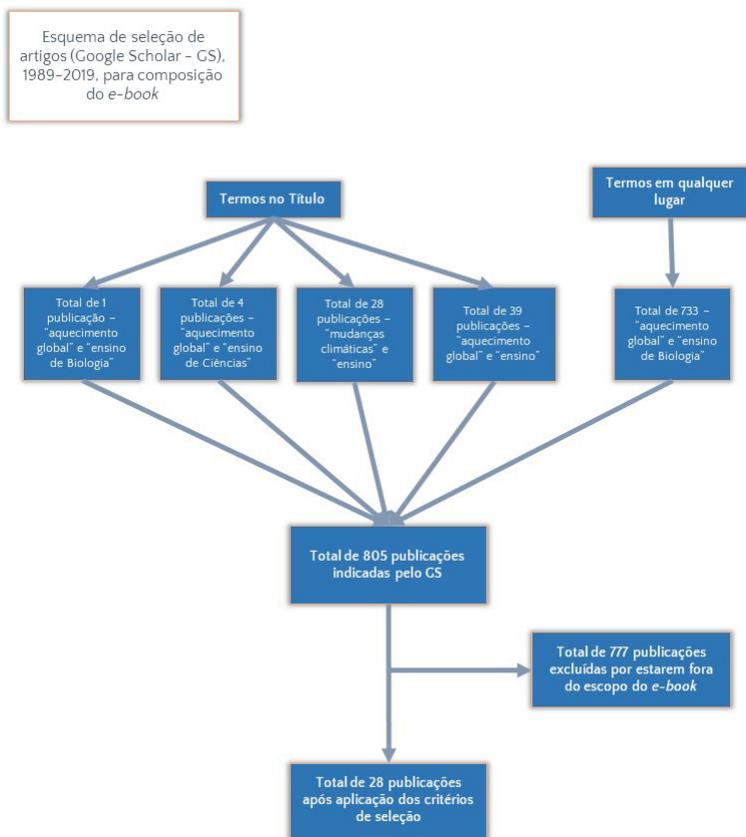


Figura 7 – Esquema de seleção de documentos pelos Google Acadêmico para o período de 1989 a 2019

Fonte: Os autores (2019), a partir dos dados gerados pelo Google Acadêmico.

Quando analisamos o gráfico com os resultados dos documentos selecionados do Google Scholar por ano, identificamos que aquele com maior número de publicações é o de 2010, com uma queda nas publicações nos anos seguintes (Figura 8).



Figura 8 – Distribuição das publicações por ano na base Google Acadêmico
Fonte: Os autores (2019), a partir dos dados gerados pelo Google Acadêmico.

Quanto ao tipo de documento, nas análises feitas por meio Google Scholar, podemos perceber que os artigos científicos representam a maior parte das publicações (29%). O tipo de documento que tem o segundo maior número de publicações é o relativo a conferências (25%). Em relação aos outros tipos de documento, podemos observar uma grande fatia de produções acadêmicas (46%, em que: tese = 7%; dissertação = 18%; e TCC = 21%) (Figura 9).

Ao analisarmos o foco das publicações, identificamos que 21 delas são focadas nos alunos, analisando metodologias, sequências didáticas ou a compreensão dos alunos sobre o assunto. O foco em professores foi identificado em quatro publicações, em que duas focavam em licenciandos, uma em professores regentes e uma em ambos os casos. A revisão da literatura era o foco de três artigos, sendo duas revisões dos livros didáticos e uma revisão de teses e dissertações.

DOCUMENTOS POR TIPO - GOOGLE SCHOLAR

■ Artigos ■ Dissertação ■ Tese ■ TCC ■ Conferências

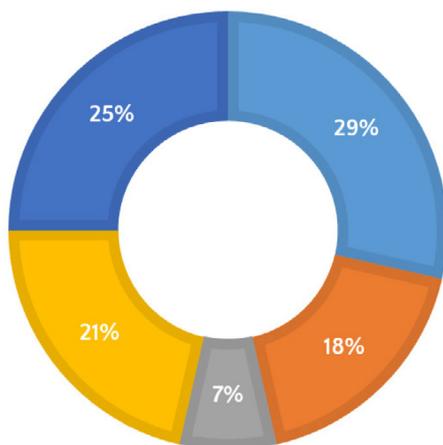


Figura 9 – Documentos por tipo coletados no Google Acadêmico (n=805)
Fonte: Os autores (2019), a partir dos dados gerados pelo Google Acadêmico.

2

ELABORANDO UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM BASE NA ABORDAGEM DE INVESTIGAÇÃO CRIATIVA

“O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (‘saber’) que envolve a interação entre ideias ‘logicamente’ (culturalmente) significativas, ideias anteriores (‘ancoradas’) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o ‘mecanismo’ mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos”

(AUSUBEL, 2003, p. IV).

“Décadas após o argumento de Joseph Schwab de que a ciência deveria ser ensinada como uma ‘investigação da investigação’ e quase um século desde que John Dewey defendeu a aprendizagem em sala de aula como um processo de investigação centrado no aluno, a ciência da escola ainda luta para alcançar essa perspectiva da alfabetização científica”
(ERDURAN; OSBORNE; SIMON, 2005, p. 381, tradução nossa).

Neste capítulo, iremos apresentar uma proposta de como elaborar uma sequência didática sobre o tema “mudanças climáticas” com base na abordagem de investigação criativa. O foco é mais voltado para a análise de questões científicas “[...] e menos atividades que demonstram e verificam conteúdo científico, mais sobre ciência como argumento e explicação” (HUNG; KO, 2017, p. 353).

A sequência didática seria “[...] um modo de o professor organizar as atividades de ensino em função de núcleos temáticos e procedimentais” (ARAÚJO, 2013, p. 323). Zabala (1998, p. 18), um dos autores mais citados sobre sequências didáticas, define essa atividade como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos [...]”. Essas são questões gerais que permeiam sequências didáticas em várias áreas e perspectivas de ensino. Para o desenvolvimento de uma sequência didática investigativa criativa para o tema “mudanças climáticas”, proposta neste material, é importante ressaltar dez características apresentadas por Motokane (2015), que indicaremos na sequência.

Elementos para o planejamento de uma sequência didática investigativa criativa

Motokane (2015, p. 128), com base em Kuhn (1993), Driver, Newton e Osborne (2000) e Osborne, Erduran e Simon (2004), esclarece que “o desenvolvimento de habilidades argumentativas em aulas de ciências é uma

necessidade premente apontada e defendida por vários pesquisadores”. O autor considera que “[...] a produção de argumentos em sala de aula oferece uma forma de entendermos como é a apropriação do conhecimento científico e ajuda-nos a identificar quais são as dificuldades que os alunos apresentam na produção do texto escrito” (MOTOKANE, 2015, p. 128). Para ele, “ao exercitar suas habilidades argumentativas, os alunos aprendem como é a estrutura de um argumento e podem utilizá-la para a construção de opiniões mais bem-fundamentadas. Isso ocorre de diversas formas nas SDIs [Sequências Didáticas Investigativas] [...]” (MOTOKANE, 2015, p. 128).

Essa perspectiva nos parece alinhada com a de Hung e Ko (2017), quando ressaltam a importância de estimular a “ciência como argumento e explicação”. Novamente, consideramos que essa perspectiva é apropriada e promissora para o desenvolvimento de uma sequência com foco em “mudanças climáticas”. Para Motokane (2015, p. 129), o padrão de Toulmin, que consideramos para explorar o tema “mudanças climáticas” na sequência didática que será proposta no Capítulo 3, é bastante utilizado em estudos que discutem estratégias para estimular o pensamento crítico na educação em ciências.

Como descreve Motokane (2015, p. 129), a ideia de incorporar qualificadores ou refutações promoveria “[...] uma compreensão clara do papel dos modelos na ciência e a capacidade de ponderar diante de diferentes teorias a partir das evidências apresentadas por cada uma delas [...]”. Nesse sentido, os seguintes elementos compõem o argumento a ser trabalhado com os alunos (MOTOKANE, 2015, p. 129, grifos do original):

- **Dado** ou informações factuais que se invocam para validar a afirmação.
- **Conclusão**, que é a tese estabelecida.
- **Garantias**, que são proposições que autorizam as relações entre os dados e a conclusão.
- **Apoios**, que são os conhecimentos formais que asseguram as garantias.

- **Qualificadores modais**, que são elementos que dão suporte às conclusões, tornando-as mais fortes.
- **Refutadores**, que consistem nas circunstâncias ou nas condições para as quais as garantias não se aplicam.

Nesse contexto, apresentam-se extratos de textos que foram analisados e classificados por Motta (2014 *apud* MOTOKANE, 2015, p. 131, grifos do original) em uma situação de análise de uma questão científica:

Dado que (dado): O número de plantas é de mais ou menos 13 na floresta.

As árvores são mais altas na floresta.

A floresta é um local fresco.

No canal a serrapilheira variou de 1 cm até 14 cm.

Assim (conclusão): A floresta tem maior diversidade.

Já que (garantias): Árvores mais altas possibilitam mais vida.

Locais frescos são locais de maior diversidade.

No canal as pessoas jogam folhas enquanto na floresta a serrapilheira é produzida naturalmente.

A menos que (refutador): Alguém tenha se confundido na coleta de dados.

Note que, nesse processo de construção com os alunos,

[...] as demonstrações, explicações, justificativas, abstrações e questionamentos do professor são fundamentais no processo [...]. Isto não quer dizer que ele deva dar sempre a resposta pronta. Tão importante quanto seu fornecimento de informações e pistas, é a promoção de situações que incentivem a curiosidade [...] (REGO, 2013, p. 115-116).

Motokane (2015) ressalta que uma sequência didática investigativa apresenta como característica dez pontos importantes (Quadro 1):

Características		Importância
1	Participação ativa do aluno.	Para que o aluno possa discutir, propor problema e resoluções juntamente com seus colegas.
2	Atividades com começo, meio e fim.	Possibilitam fechamento e sistematização de cada aula.
3	Conceitos científicos presentes no conteúdo programático, como foco da aprendizagem.	Estimulam o uso das sequências didáticas investigativas pelos professores.
4	Produção de textos que são corrigidos e partilhados em sala aula.	Permite a aquisição de elementos da linguagem científica pelos alunos.
5	Leituras de textos.	Complementam informações, sistematizam conhecimentos, promovem novos questionamentos e aproximam o assunto ao dia a dia do aluno.
6	Questão problematizadora com base na ciência.	Serve como ponto de partida para as atividades.
7	Ter um conjunto de dados claros.	Ajuda na interpretação dos dados para embasar a conclusão.
8	Materiais de apoio de diferentes tipos.	Ajudarão o aluno a construir as justificativas no campo de conhecimento científico.

Características		Importância
9	Professor como mediador em todas as atividades e produções.	Essa mediação ajuda o aluno a utilizar a terminologia e os conceitos adequados, além de proporcionar o compartilhamento das informações entre eles.
10	Flexibilidade de inclusões e adaptações.	Dessa forma, pode ser adaptado a qualquer realidade de escola e turma.

Quadro 1 – Itens importantes para o desenvolvimento de um sequência didática investigativa

Fonte: Os autores (2019), com base em Motokane (2015, p. 133-134).

Trabalhando com pré e pós-concepções

Nas sequências didáticas, a ideia de trabalhar com as pré e pós-concepções permite ao professor um melhor delineamento da atividade. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. VIII), “Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele já sabe e baseie nisso seus ensinamentos”.

Segundo Rego (2013, p. 108, grifos nossos), “ensinar o que o aluno já sabe ou aquilo que está totalmente longe da sua possibilidade de aprender é *totalmente ineficaz*”. Alegro (2008) argumenta que em um processo de aprendizagem significativa, tanto o conhecimento prévio como o novo conhecimento são modificados, pois um acaba tendo influência sobre o outro. Ausubel complementa (2003, p. 156):

Estas ideias preconcebidas são extraordinariamente tenazes e resistentes à mudança, devido à influência de factores tais

como a primazia e a frequência e porque estão, geralmente, ancoradas a ideias preconcebidas altamente relacionadas, estáveis e antecedentes de natureza inclusiva (por exemplo, proposições gerais e não qualificadas expressivas de uma relação positiva, em vez do inverso, predicadas numa causalidade única e não múltipla, ou numa variabilidade dicotômica e não contínua).

O levantamento das concepções pode ser realizado utilizando diversos métodos. O método mais tradicional é a utilização de um questionário com perguntas direcionadas a cada tópico do assunto. Essas perguntas podem ser aplicadas de forma individual ou em grupo. Na forma individual, tem a vantagem de ser mais precisa do que em grupo, visto que o aluno que não conhece ou domina o assunto pode não trazer suas dúvidas para a aula. Além do questionário, que seria o pré-teste, há outros métodos que também se mostram bastante interessantes.

Ausubel (2003, p. 156) sugere que o levantamento dos conhecimentos prévios pode ser feito “através de pré-testes, entrevistas clínicas ou mapas de conceitos apropriados”. As entrevistas clínicas são procedimentos feitos por psicólogos e psicanalistas que utilizam técnicas de investigação para conhecer melhor seus pacientes, logo, esse método não condiz com a prática pedagógica da maioria dos professores.

Os mapas de conceitos ou mapas conceituais são mapas (diagramas) construídos em que os conceitos e as definições estão ligados uns aos outros, utilizando palavras ou frases que fazem a conexão entre esses conceitos, podendo até formar novas frases. Por intermédio desse mapa, podemos ter uma ideia de conceitos que são próximos ou distantes entre si. Como descreve Alegro (2008, p. 49), os mapas conceituais foram desenvolvidos por Novak e sua equipe de pesquisa durante a década de 1970 com base nas teorias de Ausubel (2003) sobre aprendizagem significativa. Novak e Canas (2010, p. 18) discutem a “teoria subjacente

aos mapas conceituais”, em que mencionam a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) descrita por Vygotsky (1978):

Vygotsky (1978) introduziu a ideia de que a linguagem e o diálogo social podem auxiliar no aprendizado, especialmente quando os membros do grupo social estão mais ou menos na mesma Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Ele descreve a ZDP como um nível de compreensão para um determinado assunto, a partir do qual o aprendiz pode progredir por conta própria, com o mínimo de ajuda de um professor.

Os mapas conceituais são muito úteis para a avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos, pois teremos uma visão sobre quais conceitos eles possuem e quais conexões mentais conseguem fazer.

Desenvolvendo mapas conceituais

Aguiar e Correia (2013, p. 147) oferecem orientações sobre como fazer bons mapas conceituais, estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento:

O conceito “Teoria de Ausubel” é o conceito mais geral ou “raiz” do MC [Mapa Conceitual], sendo esse o ponto de partida de leitura da rede proposicional. Esse conceito é progressivamente diferenciado até chegar ao último nível hierárquico, representado pelo conceito “atividades de treinamento”. Esse é o conceito mais específico do MC [...].

O desenvolvimento dos mapas conceituais é considerado um potencial fomentador do pensamento criativo, uma vez que estimula, pelos estudos de Ausubel (2003) e Novak (2010), uma espécie de “reconciliação integrativa”, na qual as dimensões afetiva e cognitiva, por exemplo, são combinadas às de significado e experiência (AGUIAR; CORREIA, 2013). Assista ao vídeo [Estimulando a criatividade: uma perspectiva das neurociências](#), do professor Alfred Sholl.



Figura 10 – Imagem do vídeo *Estimulando a criatividade: uma visão da neurociência*.
Fonte: Estimulando... (2019)

Para elaboração de uma sequência didática ancorada na proposta de investigação criativa, o espaço com os alunos deve ser fomentador de criticidade para análise e questionamentos para a elaboração de argumentos científicos. Entendemos que esse processo de construção por meio da utilização de mapas conceituais parece consistente.

Com vistas a promover esse ambiente de questionamento científico, adotaremos a Aprendizagem Colaborativa Expandida (ACE), que é uma possibilidade apresentada por Aguiar e Correia (2013, p. 151) e balizada em Novak (2010) e Vygotsky (1978):

A Aprendizagem Colaborativa Expandida (ACE) envolve a revisão por pares de MCs elaborados de forma colaborativa [...]. A revisão por pares é pouco explorada, apesar de ser uma forma de romper com o paradigma tradicional da avaliação na sala de aula. Ela apresenta duas características que merecem destaque:

- a redução da assimetria de poder entre professor e alunos,
- a possibilidade de interação aluno-aluno, permitindo colaboração entre sujeitos que estão em zonas de desenvolvimento proximal (ZDP) similares.

A Figura 11, a seguir, ilustra a ACE:

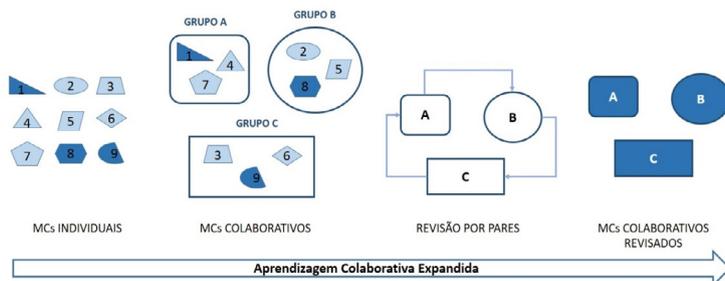


Figura 11 – Etapas da ACE como atividade de treinamento em mapeamento conceitual

Fonte: Os autores (2019), adaptada de Aguiar e Correia (2013).

Legenda: (1) elaboração dos mapas conceituais (MCs) individuais (figuras diferentes indicam modelos mentais idiossincráticos); (2) formação dos grupos A-C (cada grupo possui pelo menos um aluno que domina o conteúdo – figuras escuras) para elaboração de MCs colaborativos; (3) expansão da colaboração pela revisão por alunos de outros grupos; e (4) retorno dos MCs comentados aos autores para revisão final.

3

**PROPOSTA DE UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA
BASEADA NA ABORDAGEM DE
INVESTIGAÇÃO CRIATIVA**

1º momento: o que são mudanças climáticas?

Essa pergunta inicial busca fazer um levantamento do conhecimento prévio dos alunos e introduzir a ideia de construir um mapa conceitual. As respostas dos alunos deverão ser registradas no quadro, independentemente de serem corretas, a não ser que a turma intervenha para corrigir antes. Respostas como “é quando o clima muda” podem surgir, mas não devem ser descartadas. A provocação inicial pode ser feita por meio do vídeo [Berkeley Earth’s Global Warming Movie for 2018](#) (BERKELEY..., 2019) sobre anomalias na temperatura do planeta desde o século XIX, disponível no YouTube.

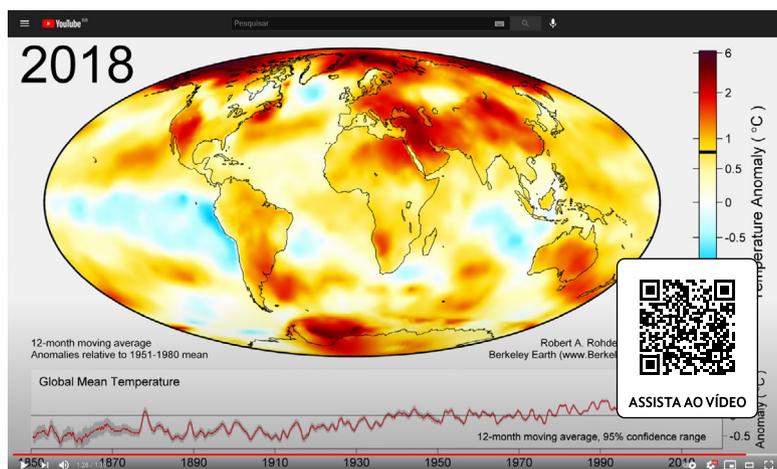


Figura 12 – Imagem do vídeo *Berkeley Earth’s Global Warming Movie for 2018*
Fonte: Berkeley... (2019).

Você poderá provocar os alunos fazendo perguntas como: “o aquecimento global está relacionado com as mudanças climáticas?”; “quais as consequências do aquecimento global?”; “o aquecimento global é algo natural?”; “o ser humano tem influência?”

Com as respostas dos alunos, monte um mapa conceitual no próprio quadro, registrando tudo para poder usar no final da aula (Figura 13). Esse registro pode ser no próprio caderno dos alunos e/ou por meio de foto. Caso você tenha dúvidas sobre questões práticas para desenvolver um mapa conceitual, além da discussão presente no capítulo anterior, recomendamos que acesse o vídeo [Como fazer um mapa conceitual](#), do canal Lucidchart Português (COMO... 2018), e se familiarize com a construção de mapas conceituais antes de desenvolver esta sequência.

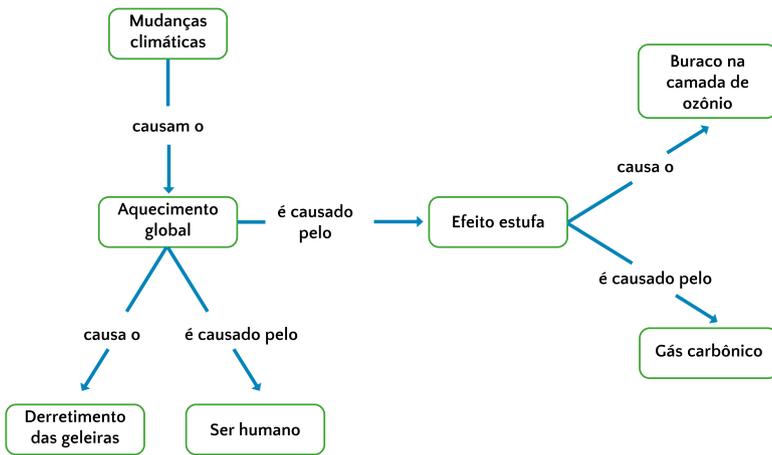


Figura 13 – Quadro fictício contendo um mapa conceitual elaborado com concepções prévias dos alunos. Notem algumas concepções equivocadas e limitadas
Fonte: Os autores (2019).

2º momento: exibição de vídeo

Exiba o vídeo [Mudanças climáticas](#) (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2017), para que os alunos possam enriquecer o mapa conceitual iniciado. Após o vídeo, um debate pode ser realizado sobre as informações contidas, assim os alunos serão estimulados a comentar e debater os pontos que mais chamaram a sua atenção.



3º momento: estudo de casos

Nesse momento, os alunos serão divididos em grupos. Cada grupo terá que desenvolver uma hipótese para explicar/solucionar o problema apresentado no caso relatado por você. Aqui é interessante que todos os grupos trabalhem com o mesmo caso, para estimular o intercâmbio de informações. Para cada caso, será interessante que seja disponibilizado um gráfico com dados que tenham relação com o assunto. Com base em todas as informações disponibilizadas, os alunos devem formular hipóteses sobre a questão posta.

Após elaborarem a hipótese, você poderá incentivá-los a trocar informações com outros grupos, para introduzir a ideia de trocas de informações e colaboração existente no meio científico, mas esse intercâmbio deverá ser mediado pelo professor para evitar que um grupo copie todas as informações do outro sem se preocupar em analisar seus dados. Os alunos também serão estimulados a criar soluções para cada caso. Na aula seguinte, os alunos terão que apresentar dados e argumentos para apresentar uma proposta de resolução para os casos sugeridos a seguir. Esses casos deverão ser entregues aos alunos, exceto os comentários, pois servem como base para sua utilização. Em cada caso, será interessante que você estimule os alunos a refletirem sobre os possíveis impactos para a vida dos seres humanos.

Caso 1: os combustíveis fósseis estão relacionados com o aumento da potência dos furacões?

Durante uma pesquisa sobre as mudanças climáticas do planeta, um leitor de uma revista, na qual você e sua equipe são os cientistas responsáveis pela coluna de ciências, encontrou uma reportagem em um site de notícias e queria saber se haveria alguma relação entre os dados contidos nestes. Ele enviou um e-mail com um trecho da reportagem, alguns comentários e pediu um posicionamento sobre o assunto. Com esse material, você irá esclarecer se tem alguma relação e o porquê.

Subsídios de combustíveis fósseis estão destruindo o mundo, diz secretário-geral da ONU

Subsídios que fomentam o uso de combustíveis fósseis estão ajudando a “destruir o mundo” e são uma maneira ruim de aplicar o dinheiro dos contribuintes, disse o secretário-geral da Organização das Nações Unidas (ONU), António Guterres, nesta terça-feira (28). [...]

“Não há nada mais errado do que isso. O que estamos fazendo é usar o dinheiro dos contribuintes, o que significa nosso dinheiro, para fortalecer furacões, para espalhar inundações, para derreter geleiras, para descolorir corais. Em uma palavra: para destruir o mundo”, disse António Guterres, secretário-geral da ONU.

Figura 14 – Trecho da reportagem do portal G1 “Subsídios de combustíveis fósseis estão destruindo o mundo, diz secretário-geral da ONU”

Fonte: Subsídios... (2019).

O leitor não compreendeu qual seria a relação entre a utilização dos combustíveis fósseis com o fortalecimento dos furacões. Baseado nos dados enviados pelo leitor, em suas pesquisas e em seus conhecimentos sobre mudanças climáticas, elabore uma hipótese sobre a existência ou não dessa relação, indique indícios que comprovem essa hipótese e possíveis soluções para evitar o aumento da potência dos furacões.

Comentário sobre a atividade “Caso 1”

Para os alunos desenvolverem suas respostas, conhecimentos adquiridos nas aulas de ciências, biologia e química e a análise de gráficos serão necessários. Você pode usar um dos gráficos abaixo, demonstrando o nível de CO_2 na atmosfera, mais especificamente na troposfera, que é a camada mais próxima à superfície terrestre.

No primeiro gráfico (Figura 15), indique a variação ao longo de milhares de anos atrás. Esses dados foram obtidos por meio de análises das geleiras da Groelândia e Antártica. Segundo o site da NASA (2019f), “evidências antigas também podem ser encontradas em anéis de árvores, sedimentos oceânicos, recifes de coral e camadas de rochas sedimentares”.



Figura 15 – Evidências de que o CO_2 atmosférico tem aumentado desde a Revolução Industrial

Fonte: NASA (2019f).¹

¹ As imagens do site da NASA incluídas neste e-book são de domínio público, como confirmado por Holly Shaftel (*website editor*), em 3 de setembro de 2019, em resposta à consulta que fizemos. Nesse caso, apenas a referência, para o crédito devido à fonte, é necessária.

O gráfico (Figura 15), com base na comparação de amostras atmosféricas contidas nos núcleos de gelo e em medições diretas mais recentes, fornece evidências de que o CO₂ atmosférico tem aumentado desde a Revolução Industrial.

No segundo gráfico (Figura 16), é demonstrada a variação do CO₂ ao longo dos últimos 15 anos.

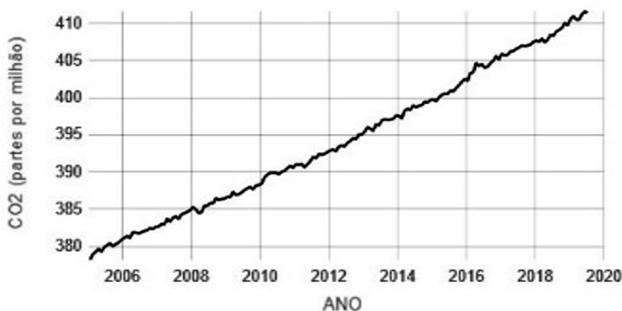


Figura 16 – Medição de quantidade de gás carbônico na atmosfera entre os anos de 2005 e 2019

Fonte: Adaptado de NASA (2019c).

No gráfico, a seguir (Figura 17), que também foi elaborado pela NASA (2019d) com base nas medições de temperaturas realizadas por cinco organizações pelo mundo, é possível observar a variação das médias de temperatura globais, terrestre e oceânicas, ao longo dos últimos 139 anos. Pode-se observar que nesse período ocorreu uma variação térmica de 1,5 °C (entre -0,5°C e 1,0 °C), tendo, nos últimos anos, as maiores médias de temperatura (os dados mais recentes são até 2018. Todos os 10 anos mais quentes do recorde de 139 anos ocorreram desde 2005).

Um Mundo de Acordo: As Temperaturas estão Subindo

Anomalia de Temperaturas Globais (°C)

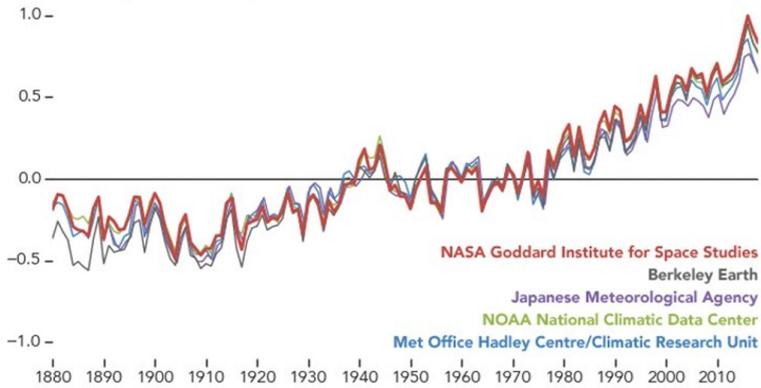


Figura 17 – Dados de temperatura terrestre e oceânica mostram o aquecimento rápido nas últimas décadas

Fonte: Adaptado de NASA (2019d).

Furacões são ciclones tropicais com ventos acima de 119 km/h. Os ciclones tropicais são formados quando a temperatura do mar aumenta. Com esse aumento, a água evapora; chegando na alta atmosfera, esse vapor de água esfria e condensa-se em forma de nuvens. Quando o ar quente da superfície do mar sobe, no local fica uma região com pouco ar, também chamado de baixa pressão. O ar dos locais próximos mais frios, que possui uma maior pressão, se desloca para o local de menor pressão, porém esse ar também fica quente e úmido e acaba subindo. Conforme mais ares quentes e úmidos sobem, mais nuvens são formadas. Esse sistema de nuvens e ventos giram por causa do calor e do movimento de ar dos oceanos, que aumenta com a temperatura. Conforme ganham velocidade, um olho é formado no centro da tempestade. Para que um furacão aconteça, é necessário que a água do oceano esteja acima dos 27 °C. A Figura 18, na seqüência, mostra um esquema sobre a formação de furacões.

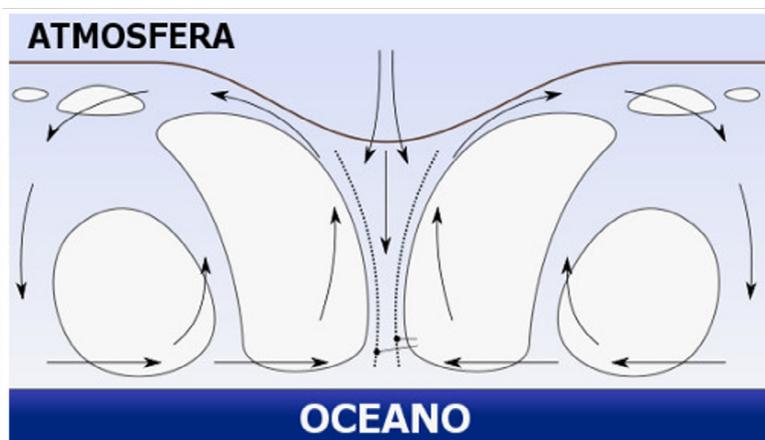


Figura 18 – Esquema sobre a formação dos furacões

Fonte: Batista (2019).

Pode ser importante incentivar os alunos a relembrem conceitos sobre combustão, pois dessa forma eles irão ligar a queima de combustíveis fósseis com a liberação de CO_2 na atmosfera. Nesse momento, podem ser abordados de forma rápida, a nível de curiosidade, os tipos de energias.

Para a criação do argumento pelos grupos, sugerimos a utilização dos elementos que compõem um argumento proposto por Toulmin (*apud* MOTOKANE, 2015), apresentado no capítulo 2. A seguir, sugerimos um padrão de argumentação utilizando esses elementos:

DADO QUE a combustão de combustíveis fósseis libera gás carbônico. O nível de CO_2 na atmosfera tem aumentado desde a Revolução Industrial. A temperatura do planeta e dos oceanos tem aumentado nos últimos anos. Os furacões são formados sobre as águas quentes do oceano e aumentam com a temperatura. **ASSIM** o aumento da potência dos furacões está relacionado ao aumento da queima de combustíveis fósseis. **JÁ QUE** as águas oceânicas estão ficando mais quentes **POR CONTA** da quantidade de CO_2 que a combustão dos combustíveis fósseis tem liberado na atmosfera. **A MENOS QUE** os dados estejam incorretos.

É importante que você incentive os alunos a explorarem possíveis alternativas para prevenir o aumento da potência dos furacões por meio de debates dentro do grupo, e não por pesquisa na Internet.

Caso 2: o que causa o aumento do nível do mar?

Vocês estão passeando por uma cidade litorânea e observam uma construção que não deveria estar dentro da água. Nesse momento, uma mulher de uns 60 anos, vendo suas curiosidades, conta que aquela estrutura, uns 30 anos atrás, ficava fora da água e colocou a culpa no aumento do nível do mar. Indignados, vocês vão procurar mais informações na Internet e nos livros sobre o caso.

Com base nas informações coletadas, quais hipóteses vocês poderiam criar sobre o porquê de a estrutura estar agora dentro da água? Como podemos testar a veracidade dessa hipótese? É possível evitar a intensificação do aumento do nível do mar? Se sim, como? Qual o impacto na vida dos seres humanos, considerando aspectos biológicos, sociais e econômicos?

Comentário sobre a atividade “Caso 2”

Nessa atividade, os alunos devem ser estimulados a buscarem informações mais precisas, pois é muito provável que queiram fazer o argumento final afirmando ser por conta do derretimento das geleiras, mas os estudos mostram que este não é o único fator. Incentivá-los a criar o argumento sobre o derretimento das geleiras utilizando como base os dados sobre massas contidas e fotos ao longo dos anos é importante para a criação da argumentação científica defendida por Hung e Ko (2017).

Nesse caso, o vídeo [Antártica e mudanças climáticas: evidências e incertezas](#), da professora Erli Schneider Costa (ANTÁRTICA..., 2019), disponível no YouTube, poderia ser utilizado como provocação aos alunos em algum momento da atividade, como, por exemplo, antes de iniciá-la. Após a exibição desse vídeo, estimular o debate sobre como é desenvolvida a ciência do clima, destacando, por exemplo, a natureza desse tipo de pesquisa e como seus resultados podem estar relacionados

com conceitos de evolução. Você pode explorar como diferentes “[...] ecossistemas podem ser especialmente sensíveis às mudanças climáticas e responder diferentemente em diferentes escalas temporais” (TURNER *et al.*, 2013, tradução nossa).



Figura 19 – Imagem do vídeo *Antártica e as mudanças climáticas: evidências e incertezas*

Fonte: Antártica... (2019).

A primeira informação que poderia ser utilizada é o gráfico da Figura 20, em que é demonstrada a variação do nível do mar ao longo dos últimos anos.

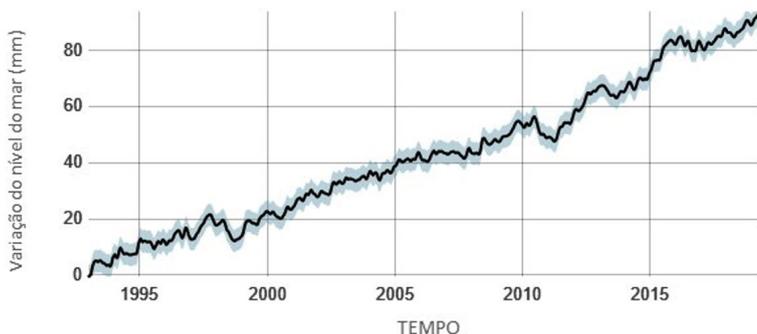


Figura 20 – Variação do nível do mar entre o ano 1993 e 2019. A taxa de variação anual é de 3,3 mm por ano

Fonte: NASA (2019d).

Informações sobre a água, como disponibilidade e propriedades físico-químicas, devem ser buscadas pelos alunos como forma de compreensão e refinamento em seus argumentos. Por exemplo: estima-se que 97,5% da água em nosso planeta é água salgada e 2,5% é “água doce”, e dessa “água doce”, 69,2% estão nas geleiras e neves eternas. Essa informação é importante para a criação do argumento científico a ser desenvolvido pelos alunos. A Figura 21, a seguir, mostra essa distribuição.

Distribuição de água no planeta

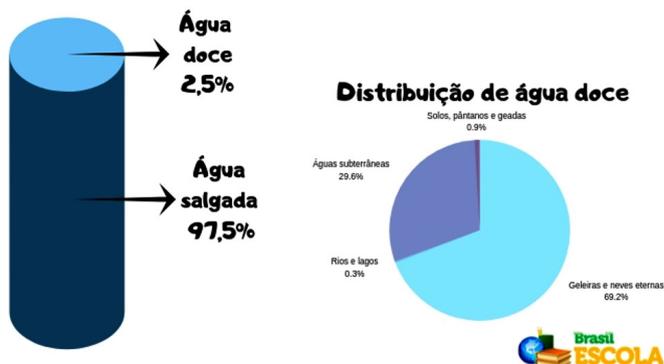


Figura 21 – Distribuição de água no planeta

Fonte: Sousa e Sardinha (2019).

Visto que a maior parte da “água doce” do planeta é encontrada nas geleiras, vale a pena buscar maiores informações sobre a situação destas. No site da NASA, há uma imagem comparando a calota de gelo sobre o Ártico no ano de 1979 com a calota de gelo em 2018. Essas imagens podem ser reproduzidas na forma de vídeo pelo próprio site (NASA, 2019e). Parte dessa geleira está sobre as águas do oceano Ártico e parte sobre porções de terra, como, por exemplo, a Groelândia.



Figura 22 – Registro de satélite do gelo no Ártico no mês de setembro dos anos 1979 e 2018

Fonte: NASA (2019e).

No site da NASA, você pode encontrar dois gráficos que demonstram a variação de massa das camadas de gelo da Antártica e Groelândia durante 16 anos (Figura 23). Seria importante lembrar os alunos que a massa da camada de gelo é a água congelada presente nessas camadas.

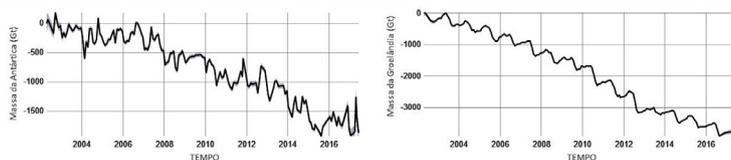


Figura 23 – Variação em massa das camadas de gelo, entre os anos de 2002 e 2017, da Antártica (esquerda) e Groelândia (direita). Na Antártica, a taxa de variação foi de -127 Gigatoneladas (Gt) por ano, e na Groelândia foi de -286 Gt por ano
Fonte: NASA (2019f).

Dependendo do ano escolar da turma, o conceito de “dilatação volumétrica dos líquidos” poderá ser abordado ou não. Esse conceito é fundamental para que o aluno entenda que o aumento da temperatura dos oceanos causa a dilatação da água e, conseqüentemente, o aumento do nível do mar. Essa regra, “dilatação volumétrica dos líquidos”, que é aplicada à água a partir dos 4 °C, é assim descrita:

A dilatação sofrida pelos líquidos é chamada de dilatação volumétrica. Nesse tipo de dilatação, todas as dimensões de um corpo ou fluido, como líquidos e gases, sofrem aumentos significativos em resposta a um aumento de temperatura. Tal fenômeno surge em razão da agitação térmica das moléculas do corpo: quanto maior a temperatura, maior é a amplitude da agitação dessas moléculas, que passam a deslocar-se em um espaço maior (HELERBROCK, 2019).

Novamente, utilizando os elementos que compõem um argumento proposto por Toulmin (MOTOKANE, 2015), você pode usar o seguinte argumento como padrão:

DADO QUE a temperatura terrestre e dos oceanos está aumentando. As geleiras estão derretendo. As calotas do Ártico estão diminuindo ao longo dos anos. As geleiras da Groelândia e Antártica estão perdendo massa. A maior parte da água doce do planeta é encontrado nas geleiras. A água se expande com o calor, ASSIM o aumento do nível do mar é causado pelo derretimento das geleiras e pela expansão da água. JÁ QUE as geleiras estão derretendo e a água expandindo POR CONTA do aumento da temperatura global e da dilatação volumétrica dos líquidos. A MENOS QUE outros fatores tenham maior influência.

Assim como no Caso 1, procure incentivar os alunos a criarem soluções para minimizar o aumento do nível do mar, utilizando-se de debates, e não da Internet.

4º momento: leitura dos textos e discussão

Cada grupo vai expor para a turma o seu estudo de caso, analisar os gráficos recebidos, trazer as informações adicionais que pesquisaram, suas ideias e hipóteses. Além dos argumentos em forma de texto criados e da análise dos gráficos, você pode apresentar a Figura 24, elaborada pela organização World Wildlife Fund (WWF), para enriquecer o debate. Nessa imagem, são comparados os efeitos de um possível aquecimento global de 1,5 °C com um aumento de 2 °C. O comentário sobre as informações e as fontes estão presentes na página da própria organização.

Ao utilizar a imagem, é importante que os impactos sociais e econômicos tenham destaque no debate. Nesse caso, você poderá estimular o debate com perguntas como: “quais as consequências sobre a população humana?” e “quais as consequências sobre a população mais pobre?”

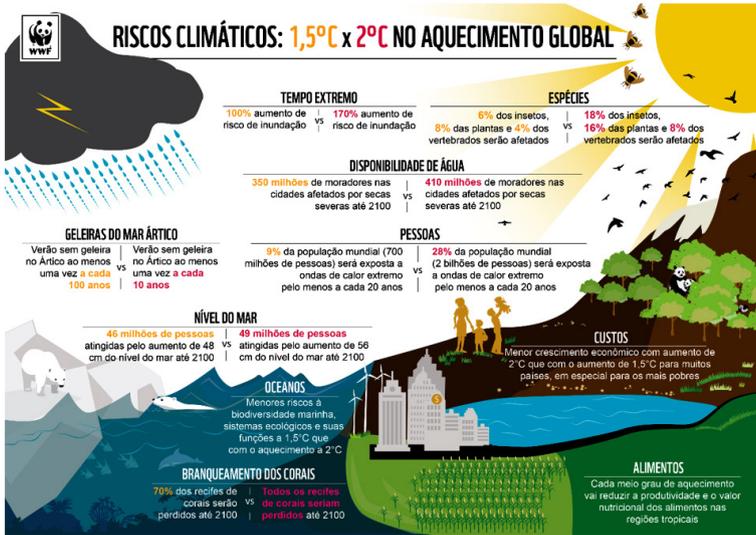


Figura 24 – Consequências do aquecimento global

Fonte: WWF (2018).

Para essa etapa, os alunos devem ser estimulados a se engajarem em conversas para gerar hipóteses testáveis, como indicado em Windschitl, Thompson e Breiten (2008, p. 957-959, tradução e grifos nossos):

O objetivo das conversas para “gerar hipóteses testáveis” é usar o modelo para articular um possível conjunto de relações ou eventos para teste. É importante que a hipótese seja testável, mas esse critério é secundário à ideia de que a hipótese deve fazer sentido no contexto de um entendimento maior do fenômeno. [...] argumentos causais devem ser construídos que não apenas tentem validar a existência de padrões nos dados, mas, finalmente, apoiar ou refutar afirmações sobre os processos [...] um argumento autêntico tem quatro características: primeiro, descreve uma explicação potencial para o fenômeno de interesse; segundo, usa os dados

coletados como evidência para apoiar essa explicação; terceiro, reconhece outras explicações possíveis que se ajustariam aos dados; e, finalmente, descreve se e como o modelo inicial do fenômeno deve mudar à luz das evidências [...]. Essa estrutura é baseada em elementos da estrutura de argumento de Toulmin (1958) [...] para uso em ambientes educacionais. Essas adaptações incluíram dois objetivos gerais do discurso: (1) articulação de reivindicações causais que explicam o fenômeno de interesse em que as cadeias da lógica coexistem sensatamente; e (2) uso de evidências para apoiar ou refutar essas reivindicações, incluindo declarações de como os dados se relacionam com reivindicações.

5º momento: mapa conceitual

Tendo como ponto de partida o primeiro mapa conceitual elaborado pela turma no início da aula, cada grupo irá criar/modificar o mapa conceitual baseado nos conhecimentos adquiridos durante as aulas. Para estimular o potencial crítico e criativo dos alunos, eles devem eleger (e justificar a escolha com argumentos) o mapa conceitual que melhor explica o problema. A partir desse mapa conceitual selecionado, o grupo deve explicar como se relacionam com um ou mais gráficos apresentados. Devem tentar explicar como o dado científico os auxiliou a esclarecer dúvidas e quais as que ainda têm – você pode aproveitar essa oportunidade para falar sobre como os cientistas desenvolvem hipóteses e como lidam com as dúvidas, chamando a atenção para o que poderíamos chamar de “consensos” e sobre controvérsias sobre as mudanças climáticas.

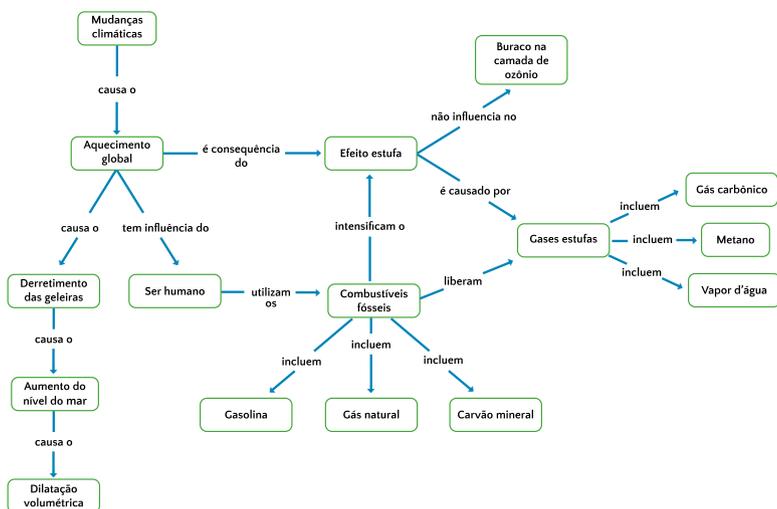


Figura 25 – Quadro fictício contendo um mapa conceitual reelaborado com base no realizado pelos alunos no início da sequência didática, considerando os conhecimentos construídos ao longo da atividade

Fonte: Os autores (2019).

6º momento: “eu deveria me importar com as mudanças climáticas? Por quê?”

Essa seria a pergunta que os alunos responderiam ao final da sequência. As respostas devem ser elaboradas pelos alunos em uma atividade colaborativa, ou seja, devem chegar a uma resposta conjunta, construindo um argumento científico. Devem indicar os pontos que consideram respaldar um posicionamento ou outro, listando algumas evidências e algumas incertezas científicas – dos cientistas e dos próprios alunos.

Proposta de avaliação

De forma a estimular a produção colaborativa e o posicionamento investigativo dos alunos, propõe-se uma avaliação conjunta dos argumentos científicos desenvolvidos ao final da atividade. Sozinhos no primeiro momento, os alunos elaboram critérios para essa apreciação, levando em consideração as questões trabalhadas ao longo da sequência. Em seguida, fazem as avaliações em articulações com o professor, a fim de eleger o melhor argumento científico apresentado, de acordo com esses critérios. Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de cada etapa de ensino deve ser uma fonte de consulta considerada pelo professor.

Para concluir, é importante destacar que:

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta (BRASIL, 2018, p. 9).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, 2013.
- ALEGRO, R. C. *Conhecimento prévio e aprendizagem significativa de conceitos históricos no Ensino Médio*. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Marília, SP, 2008.
- ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. *Variabilidade, tendência, anomalia e mudança climática*. 2010. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/Variabilidade_e_mudanca_climatica.pdf>. Acesso em: 14 out. 2020.
- ANTÁRTICA e mudanças climáticas: evidências e incertezas. *Wanessa Machado*, 13 set. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=TPwCHNR-twpl&feature=youtu.be>>. Acesso em: 14 set. 2020.
- ARAÚJO, D. L. O que é (e como faz) sequência didática? *Entrepalavras*, v. 3, n. 1, p. 322-334, 2013.
- ARAÚJO, D. P. F.; SANTOS M. B. P. Aquecimento global: uma proposta de metodologia de ensino de ciências aplicada em um colégio do município de Niterói, estado do Rio de Janeiro. *REMPEC – Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 3, n. 2, p. 38-49, 2010.
- ARAÚJO, M. P. *Uso da argumentação como ferramenta na educação biológica: o caso do aquecimento global*. 2014. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2014.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva*. Tradução de Lídia Teopisto. Santa Marta de Corroios, Portugal: Plátano Editora, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Tradução de Eva Nick et al. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BATISTA, R. Como se formam os furacões? *Brasil Escola*, [2019?]. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/curiosidades/como-se-formam-os-furacoes.htm>>. Acesso em 14 de out. 2020.
- BECHER, P. F.; DONEDA, D.; RAMOS, M. R. S.; PANIZ, C. M. Desenvolvimento de oficina a partir de um trabalho integrado. *CCNEXT – Revista de Extensão*, v. 3, n. ed. especial, p. 768-772, 2016.
- BERKELEY Earth's Global Warming Movie for 2018. *Robert Rohde*, 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JObGveVUz7k>>. Acesso em 14 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio*. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_ver-saofinal_site.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020

BUSH, D.; SIEBER, R.; SEILER, G.; CHANDLER, M. University-level teaching of Anthropogenic Global Climate Change (AGCC) via student inquiry. *Studies in Science Education*, v. 53, n. 2, p. 113-136, 2017.

_____; _____. The teaching of anthropogenic climate change and earth science via technology-enabled inquiry education. *Journal of Geoscience Education*, v. 64, n. 3, p. 159-174, 2016.

CASTEK, J.; DWYER, B. Think globally, act locally: Teaching climate change through digital inquiry. *Reading Teacher*, v. 71, n. 6, p. 755- 761, 2018.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). *Percepção pública da C&T no Brasil – 2019: resumo executivo*. Brasília, DF, 2019a. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/CGEE_resumoexecutivo_Percepcao_pub_CT.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. *Percepção pública da C&T no Brasil – 2019: home*. Brasília, DF, 2019b. Disponível em: <<http://cdi.mecon.gov.br/bases/docelec/az4487.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

CHAGAS, M. M. S. *O uso do blog como ferramenta das TICs para o ensino de climatologia com enfoque em aquecimento global*. 2011. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

COMO fazer um mapa conceitual. *Lucidchart Português*, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E>>. Acesso em: 14 out. 2020.

COOK, J. *et al.* Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, 2013. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/2/024024/pdf>>. Acesso em: 28 out. 2020.

COOK, J.; NUCCITELLI, D.; GREEN, S. A.; RICHARDSON, M.; WINKLER, B.; PAINTING, R.; WAY, R.; JACOBS, P.; SKUCE, A. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, v. 8, n. 2, 2013.

DELAQUA, F. A.; BASSOLI, F. Ciência acrítica: o aquecimento global nos livros didáticos de Biologia. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, IX, Girona, 2013. *Anais [...]*. Girona, 2013.

DELGADO, P. C. S. *Licenciandos do Pibid e o aquecimento global: redes de actantes na elaboração de atividades didáticas*. 2016. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

DELGADO, P. C. S.; COUTINHO, F. A. Licenciandos do Pibid e o ensino de controvérsias: as relações entre ciência e política no ensino de ciências. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, X, Águas de Lindoia, SP, 2015. *Anais [...]*. Águas de Lindoia, SP, 2015.

DUSO, L. *Contribuições de projetos integrados na área das ciências da natureza à alfabetização científica de estudantes do Ensino Médio*. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DUSO, L.; BORGES, R. M. R. Contribuições de um projeto integrado sobre aquecimento global para desenvolver a consciência dos temas atuais nos estudantes. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, VIII, Campinas, SP, 2011. *Anais [...]*. Campinas, SP, 2011.

_____; _____. O envolvimento dos estudantes em projeto interdisciplinar frente à problemática das mudanças climáticas. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA*, II, Ponta Grossa, PR, 2010. *Anais [...]*. Ponta Grossa, PR, 2010.

ELSEVIER. *Scopus*. 2019a. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>>. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. *Scopus – Expertly curated abstract & citation database*. 2019b. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/solutions/scopus>>. Acesso em: 28 out. 2020.

ERDURAN, S.; OSBORNE, J.; SIMON, S. The Role of Argumentation in Developing Scientific Literacy. *In: BOERSMA, K.; GOEDHART, M.; JONG, O.; EIJKELHOF, H. (eds). Research and the Quality of Science Education*. [S.l.]: Springer, Dordrecht, 2005. p. 381-394.

ESTIMULANDO a criatividade: uma perspectiva das neurociências. *Mudanças climáticas para aulas da educação básica*, 19 set. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=OAczpiy8-LI&feature=youtu.be>>. Acesso em: 14 set. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf>. Acesso em: 14 out. 2020.

FLENER-LOVITT, C. Using the socioscientific context of climate change to teach chemical content and the nature of science. *Journal of Chemical Education*, v. 91, n. 10, p. 1587-1593, 2014.

FOGGIATTO, K. R. A. *Blog educacional de mudanças climáticas: ferramenta tecnológica para a prática docente de professores de ciências dos anos iniciais do Ensino Fundamental*. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação e Novas Tecnologias) – Centro Universitário Internacional – Uninter, Curitiba, 2017.

FREITAS, M. S. *Estratégia didática para o ensino dos conhecimentos relacionados às mudanças climáticas globais*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino Tecnológico) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2015.

GAUTIER, C.; REBICH, S. The use of a mock environment summit to support learning about global climate change. *Journal of Geoscience Education*, v. 53, n. 1, p. 5-15, 2005.

GUIMARÃES, A. P. M. *et al.* O aquecimento global como conteúdo norteador para ensinar sobre visão sistêmica do planeta Terra no Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IX, Águas de Lindoia, SP, 2013. *Anais [...]*. Águas de Lindoia, SP, 2013.

HARLEN, W. Principles and big ideas of science education. *Association for Science Education*. 2010. Disponível em: <<https://www.interacademies.org/sites/default/files/publication/principles-and-big-ideas-of-science-education.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2020.

HELERBROCK, R. *Dilatação dos líquidos*. [2019?]. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/dilatacao-liquidos.htm#:~:text=A%20dilata%C3%A7%C3%A3o%20aparente%20dos%20l%C3%ADquidos,l%C3%ADquido%2C%20nenhum%20l%C3%ADquido%20dever%C3%A1%20transbordar>>. Acesso em: 14 out. 2020.

HUNG, J. F.; KO, C. H. The Effectiveness of Creative Inquiry Model on Experimental Teaching. *US-China Education Review B*, v. 7, n. 8, 2017.

HUNTOON, J. E.; RIDKY, R. K. Examining long-term global climate change on the web. *Journal of Geoscience Education*, v. 50, n. 5, p. 497-514, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); MET OFFICE HADLEY CENTRE. *Dangerous climate change in Brazil: a Brazil-UK analysis of Climate Change and Deforestation impacts in the Amazon*. 2011. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/relatorio/Climate_Change_in_Brazil_relatorio_ingl.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Global Warming of 1.5 °C*. [2019?]. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/sr15/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

JOHNSON, R. M. *et al.* Lessons learned through our climate change professional development program for middle and high school teachers. *Physical Geography*, v. 29, n. 6, p. 500-511, 2008.

JUNGES, A. L.; MASSONI, N. T. O consenso científico sobre aquecimento global antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o ensino dessa temática. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, 455-491, 2018.

KORSAGER, M.; SLOTTA, J. D. International peer collaboration to learn about global climate changes. *International Journal of Environmental and Science Education*, v. 10, n. 5, p. 717-736, 2015.

LEE, M.-K. *et al.* Bringing global climate change education to middle school classrooms: An example from Alabama. In: CHEN, W.-Y.; SUZUKI, T.; LACKNER, M. *Handbook of climate change mitigation and adaptation*. 2. ed. [S.l.]: Springer, 2017. p. 1127-1147.

LIMA, W. S. *Educação ambiental no Ensino Fundamental: as mudanças climáticas no contexto da aprendizagem significativa*. 2013. Monografia (MBA em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MACHADO, A. R.; ZANON, L.; SANGIOGO, F. Problematização na produção da situação de estudo “aquecimento global” numa escola de Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VIII, Campinas, SP, 2011. *Anais [...]*. Campinas, SP, 2011.

MAGNAVITA, F. B. *Consequências do aquecimento global para a biodiversidade baseado no universo da nova educação ambiental, enfocando valores do desenvolvimento sustentável*. 2008. Monografia (Especialização em Educação Ambiental) – Universidade Cândido Mendes, Salvador, 2008.

MARTINS-LOUÇÃO, M. A. *et al.* Inquiry-based science learning in the context of a continuing professional development programme for biology teachers. *Journal of Biological Education*, v. 54, 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00219266.2019.1609566>>. Acesso em: 28 out. 2020.

MILAZZO, A. D. D.; CARVALHO, A. A. F. Uma relação entre a teoria gaia, o aquecimento global e o ensino de ciências. *ALEXANDRIA – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 2, p. 107-120, 2008.

MONROE, M. C. *et al.* Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, v. 25, p. 791-812, 2019.

_____. *et al.* Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 2017. Disponível em: <<https://www.colorado.edu/cumuseum/sites/default/files/attached-files/ojala5.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2020.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. *Revista Ensaio*, v. 17, p. 115-137, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-os-00115.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2020.

NAMDAR, B. Teaching global climate change to pre-service middle school teachers through inquiry activities. *Research in Science and Technological Education*, v. 36, n. 4, p. 440-462, 2018.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). *Scientific Consensus: Earth's Climate is Warming*. [2019a?]. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/scientific-consensus/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. *World of Change: Global Temperatures*. [2019b?]. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>>. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. *Carbon dioxide*. [2019c?]. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. *Sea Level*. [2019d?]. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. *Arctic Sea Ice Minimum*. [2019e?]. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. *Facts*. [2019f?]. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/evidence/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

NATIONAL GEOGRAPHIC. *Mudanças climáticas*. 2017. Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/video/tv/101-mudancas-climaticas-a-quecimento-global-efeito-estufa-conservacao>>. Acesso em: 28 out. 2020.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/894/89413516002.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2020.

NUNEZ, C. Is global warming real? *National Geographic*, 31 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/global-warming-real/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

OSBORNE, J.; DILLON, J. *Science education in Europe: Critical reflections – a report to Nuffield Foundation*. 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/252404504_Science_Education_in_Europe_Critical_Reflections>. Acesso em: 28 out. 2020.

PASCUA, L.; CHANG, C. H. Using intervention-oriented evaluation to diagnose and correct students' persistent climate change misconceptions: A Singapore case study. *Evaluation and Program Planning*, v. 52, p. 70-77, 2015.

PERKINS, K. M. *et al.* International perspectives on the pedagogy of climate change. *Journal of Cleaner Production*, v. 200, p. 1043-1052, 2018.

RAMOS, M. B. *Na pauta das aulas de ciências: discussão de controvérsias científicas na televisão*. 2010. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010.

RATINEN, I.; VIIRI, J.; LEHESVUORI, S. Primary school student teachers' understanding of climate change: Comparing the results given by concept maps and communication analysis. *Research in Science Education*, v. 43, n. 5, p. 1801-1823, 2013.

RATINEN, I.; VIIRI, J.; LEHESVUORI, S.; KOKKONEN, T. Primary student-teachers' practical knowledge of inquiry-based science teaching and classroom communication of climate change. *International Journal of Environmental and Science Education*, v. 10, n. 5, p. 649-670, 2015.

REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

REIS, D. A. *Compreensões elaboradas pelo campo da educação ambiental sobre o tema mudanças climáticas: análise de dissertações e teses brasileiras*. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2010.

REUSSWIG, F. History and future of the scientific consensus on anthropogenic global warming. *Environmental Research Letters*, 2013. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/3/031003/pdf>>. Acesso em: 28 out. 2020.

RODRIGUES, A. *O clima na escola: a temática acerca das mudanças climáticas na visão de alunos do Ensino Médio no estado do Paraná*. 2014. Monografia (Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

RUMENOS, N. N. *O tema mudanças climáticas nos livros didáticos de ciências da natureza para o Ensino Fundamental II: um estudo a partir do PNLD 2014*. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, SP, 2016.

SANTOS, M. P.; GALVÃO, L. C. D. M. S.; PINTO, A. S. Percepção de alunos da primeira série do Ensino Médio acerca das mudanças climáticas globais. *Scientia Plena*, v. 15, n. 1, 2019.

SILVA, D. P. *Percepção de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre os efeitos do aquecimento global*. 2014. Monografia (Graduação em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Fluminense, Campos, RJ, 2014.

SILVA, R. L. F.; FREITAS, S. R.; ARAUJO, J. N.; LIERS, L. A.; PARAJARA, V. M.; DANDARA, A. Educação ambiental, mudanças climáticas e ensino de biologia: análise de concepções e processo de produção de um jogo para o Ensino Médio. *Revista da SBEnBio*, n. 3, 2010.

SILVA, R. L. F.; LIERS, L. A. Jogo didático para educação ambiental no contexto das mudanças ambientais globais: elementos do processo de apropriação por professores da educação básica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IX, Águas de Lindoia, SP, 2013. *Anais [...]*. Águas de Lindoia, SP, 2013.

SOUSA, R.; SARDINHA, M. V. **Água**. [2019?]. Disponível em: <<https://brasil.escola.uol.com.br/geografia/agua.htm>>. Acesso em: 14 out. 2020.

STEVENSON, R. B.; NICHOLLS, J.; WHITEHOUSE, H. What is climate change education? *Curriculum Perspectives*, v. 37, n. 1, p. 67-71, 2017.

STÜRMER, A. B.; TREVISOL, J. V.; BOTTON, E. A. Aquecimento global: percepções dos estudantes do Ensino Médio. *Unesc & Ciência – ACHS*, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 21-28, 2010.

SUBSÍDIOS de combustíveis fósseis estão destruindo o mundo, diz secretário-geral da ONU. *G1*, 28 mai. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/05/28/subsidios-de-combustiveis-fosseis-estao-destruindo-o-mundo-diz-secretario-geral-da-onu.ghtml>>. Acesso em: 14 set. 2019.

TAVARES, A. C.; BRITO, C. A.; ROCHA, C. L.; ANDRADE, P. A.; OLIVEIRA, S. C. Aquecimento global e mudanças climáticas na visão de estudantes do Ensino Médio. *CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem*, v. 5, n. 1, p. 100, 2010.

TODD, C.; O'BRIEN, K. J. Teaching anthropogenic climate change through interdisciplinary collaboration: Helping students think critically about science and ethics in dialogue. *Journal of Geoscience Education*, v. 64, n. 1, p. 52-59, 2016.

TURNER, J. *et al.* Antarctic climate change and the environment: an update. *Polar Record*, v. 50, n. 3, p. 237-259, 2013. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/polar-record/article/antarctic-climate-change-and-the-environment-an-update/2C76FE020455086926A2CD2495389C69>>.

Acesso em: 14 out. 2020.

VISINTAINER, T.; LINN, M. Sixth-grade students' progress in understanding the mechanisms of global climate change. *Journal of Science Education and Technology*, v. 24, n. 2-3, p. 287-310, 2015.

VITALE, J. M.; MCBRIDE, E.; LINN, M. C. Distinguishing complex ideas about climate change: Knowledge integration vs. specific guidance. *International Journal of Science Education*, v. 38, n. 9, p. 1548-1569, 2016.

YVGOTSKY, L. S. *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

WATTS, E. Teaching climate science to increase understanding & receptivity. *American Biology Teacher*, v. 81, n. 5, p. 308-316, 2019.

WINDSCHITL, M.; THOMPSON, J.; BRAATEN, M. Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, v. 92, n. 5, 2008. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20259>>. Acesso em: 14 out. 2020.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). *Riscos climáticos: 1,5 °C x 2 °C no aquecimento global*. 2018. Disponível em: <https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/climaterisks1_5cvs2c_b_portugues_01_1.png>. Acesso em: 14 out. 2020.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Tradução de Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZHAO, N.; SLOTTA, J. D. *Understanding the teacher's role in a knowledge community and inquiry curriculum*. Computer-Supported Collaborative Learning Conference, CSCL, 2, pp. 201-204, 2013.

**SOBRE OS AUTORES E
COLABORADORES**

Autores

Filipi Magalhães – Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor de Biologia e Ciências Físicas e Biológicas da Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2309490449737711>

Sonia Vasconcelos – Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Química Biológica, área de concentração em Ciências – Educação, Gestão e Difusão em Biociências, Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis (IBqM), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora no Programa de Educação, Gestão e Difusão em Biociências (IBqM/UFRJ). Coordenadora do Laboratório de Ética em Pesquisa, Comunicação Científica e Sociedade (LECCS/IBqM/UFRJ).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7242874526684272>

Christiane C. Santos – Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Química Biológica – área de concentração Educação, Gestão e Difusão em Biociências, Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis (IBqM), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Colaboradora do Laboratório de Ética em Pesquisa, Comunicação Científica e Sociedade (LECCS/IBqM/UFRJ). Professora no Departamento de Biologia e Ciências do Colégio Pedro II.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6401153192709125>

Colaboradores

Alfred Sholl Franco – Doutor em Ciências Biológicas (Biofísica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor da UFRJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0916043592067664>

Erlí Schneider Costa – Doutora em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pró-Reitora de Extensão da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7673027604263418>

Professores consultores de ensino de Ciências e Biologia da Educação Básica

Carolina Paulo do Nascimento – Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (IBqM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora de Ciências e Biologia na Escola Municipal Desembargador Oswaldo Portella e no Colégio Estadual Mauá.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9073385802397473>

Giselle Rôças – Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora e Pesquisadora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4000001895246021>

Grazielle Rodrigues Pereira – Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora e pesquisadora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6520678154679758>

Marlon Magno Monteiro Machado – Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Química Biológica – área de concentração Educação, Gestão e Difusão em Biociências (IBqM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (IBqM/UFRJ).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0846479278299968>

Vinícius Ramalho Zanini – Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (IBqM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor de Ciências e Biologia no Colégio de São Bento.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/404871365119011>

Edição de vídeos

Wanessa do Bomfim Machado – Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (IBqM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Fundação CECIERJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6212776582316314>

Ilustração e capa

Renan Alves – Especialista em Ilustração e Design Gráfico pela Faculdades Integradas Maria Thereza.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9494990770732646>

Projeto gráfico e diagramação

Fabio Alencar – Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Química Biológica – área de concentração Educação, Gestão e Difusão em Biociências (IBqM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre pelo Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (IBqM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Fundação CECIERJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5264111954213291>

EDITORA UNIVERSITÁRIA DA PUCRS – EDIPUCRS

A Editora Universitária da PUCRS já publicou mais de 1.500 obras impressas e mais de 250 livros digitais.

Siga a EDIPUCRS nas redes sociais, fique por dentro das novidades e participe de promoções e sorteios.



www.pucrs.br/edipucrs



www.facebook.com/edipucrs



www.twitter.com/edipucrs



www.instagram.com/edipucrs

Para receber as novidades no seu *e-mail*, cadastre-se pelo nosso *site* ou envie um *e-mail* diretamente para comunica.edipucrs@pucrs.br.

Acesse o *QR Code* abaixo e conheça os livros impressos, os *e-books* pagos/gratuitos, os periódicos científicos, os próximos lançamentos e os conteúdos exclusivos da EDIPUCRS.



Av. Ipiranga, 6.681 – Prédio 33
Caixa Postal 1429 – CEP 90619-900
Porto Alegre – RS – Brasil
Telefone: (51) 3320-3523
E-mail: edipucrs@pucrs.br