

QUANDO A ÁGUA FICA MAIS ÁCIDA: PRÁTICAS INVESTIGATIVAS SOBRE ACIDIFICAÇÃO DO OCEANO NO ENSINO FUNDAMENTAL

Debora E. Rohrsetzer¹, Isabella Lennert², Ana Paula P. Raksa³, Isabella de O. Nogueira⁴, Mariana K. Fuchs⁵, Fernanda C. Kosiaki Ricardo⁶, Flavia Sant'Anna Rios⁷

¹ Universidade Federal do Paraná, Curso de Ciências Biológicas, debora.rohrsetzer@ufpr.br

² Universidade Federal do Paraná, Curso de Ciências Biológicas, isabellalennert@ufpr.br

³ Universidade Federal do Paraná, Curso de Pedagogia, ana.preveda@ufpr.br

⁴ Universidade Cruzeiro do Sul, Curso de Ciências Biológicas, isabellannogx@gmail.com

⁵ Universidade Federal do Paraná, Curso de Ciências Biológicas, kissner.mariana@ufpr.br

⁶ Rede Municipal de Educação de Curitiba, Escola Eva da Silva, fericardo@educacao.curitiba.pr.gov.br

⁷ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Biologia Celular, flaviasrios@ufpr.br

INTRODUÇÃO

A relação entre as mudanças climáticas e o ciclo do carbono é evidenciada pela capacidade desse elemento de reter calor e, conseqüentemente, elevar a temperatura da atmosfera por meio do efeito estufa (Royer; Berner; Park, 2007). De acordo com a National Oceanic and Atmospheric Administration, desde o início da Revolução Industrial a concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera aumentou significativamente em razão das atividades humanas (NOAA, 2025).

Em escala global, o oceano funciona como uma bomba de retenção de carbono, absorvendo cerca de 30% do CO₂ atmosférico, e quanto mais o gás se acumula no ar, maior é a quantidade incorporada pela água (Landschützer *et al.*, 2014). Ao se dissolver, o CO₂ desencadeia reações que elevam a concentração de íons hidrogênio, contribuindo para a acidificação do oceano (Ramos e Silva *et al.*, 2017). O pH das águas superficiais já caiu cerca de 0,1 unidade desde o período pré-industrial, uma mudança aparentemente pequena, mas que representa um aumento aproximado de 30% na acidez, devido à natureza logarítmica da escala de pH (NOAA, 2025).

A acidificação do oceano altera o equilíbrio químico da água, reduzindo a disponibilidade de íons essenciais para a produção de carbonato de cálcio, principal componente de conchas, carapaças e esqueletos rígidos de muitos animais, como moluscos, corais, crustáceos e alguns organismos planctônicos, afetando a sobrevivência de diversas espécies e alterando teias alimentares (Sodré; Silva; Monteiro, 2016; Ullah *et al.*, 2018). Diante da complexidade e das múltiplas implicações ecológicas da acidificação dos oceanos, fica evidente que esse fenômeno não é apenas um desafio científico, mas também educativo. Compreender essa dinâmica é essencial desde as séries escolares iniciais, pois permite que os jovens se tornem cientificamente alfabetizados, contribuindo para sua formação e capacidade de interpretar e atuar sobre fenômenos ambientais.

A ciência é uma construção humana, provisória e baseada na razão, cuja compreensão permite prever e intervir nas transformações que afetam a qualidade de vida (Chassot, 2008). Por isso, a educação deve estimular a curiosidade e o pensamento problematizador desde a infância (Morin, 2011). Nesse sentido, a alfabetização científica (AC) pode ser definida como o desenvolvimento de entendimentos sobre a natureza da ciência e consciência de suas implicações sociais,

possibilitando ler o mundo, e também transformá-lo (Chassot, 2011). Assim, a AC favorece a atribuição de sentido ao conhecimento das Ciências Naturais (Lorenzetti; Delizoicov, 2001) e contribui para a formação de sujeitos conscientes dos problemas ambientais, alinhando-se à perspectiva da Educação Ambiental Crítica, que valoriza a compreensão das causas socioambientais e a participação ativa na transformação da realidade (Layrargues; Lima, 2014). Entretanto, apesar de sua relevância ambiental e social, a acidificação do oceano é um tema complexo para ser abordado no Ensino Fundamental, pois envolve conceitos químicos de difícil compreensão. Esses conteúdos, em geral, não fazem parte do currículo formal desse nível de ensino e sua abordagem costuma representar um desafio para os professores.

Hodson (2008) argumenta que a educação científica é mais efetiva quando os alunos participam de investigações que se aproximam das práticas desenvolvidas em laboratórios de pesquisa. Ao envolver os alunos no levantamento de hipóteses, experimentação e análise de evidências, o Ensino de Ciências por Investigação (ECI) favorece a compreensão conceitual e a AC desde os anos iniciais do Ensino Fundamental. Essa abordagem cria um ambiente no qual os estudantes podem argumentar, ler e escrever sobre os conteúdos, rompendo com metodologias passivas, centradas apenas na memorização (Carvalho, 2018; Zompero *et al.*, 2019). Desta forma, o ECI fortalece a cultura científica escolar, incentivando os estudantes a construir explicações sobre fenômenos naturais e a desenvolver sua capacidade de atuar na sociedade (Sasseron, 2015).

Diante desse cenário, desenvolveu-se uma sequência de atividades investigativas sobre a acidificação dos oceanos no Ensino Fundamental (EF), aplicada tanto em um curso de formação de professores quanto em uma turma dos iniciais do EF. O relato analisa a aplicação nos dois contextos, evidenciando adaptações e estratégias de transposição didática.

METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

O trabalho foi baseado no ECI, articulado aos princípios da AC e da Educação Ambiental Crítica. As atividades foram planejadas com enfoque em problematizações, levantamento de hipóteses, experimentação, observação de evidências e construção coletiva de explicações. Por se tratar de um relato de experiência de caráter pedagógico, este trabalho dispensou apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa, conforme as diretrizes do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2016), sendo garantidos o absoluto anonimato e a privacidade dos participantes.

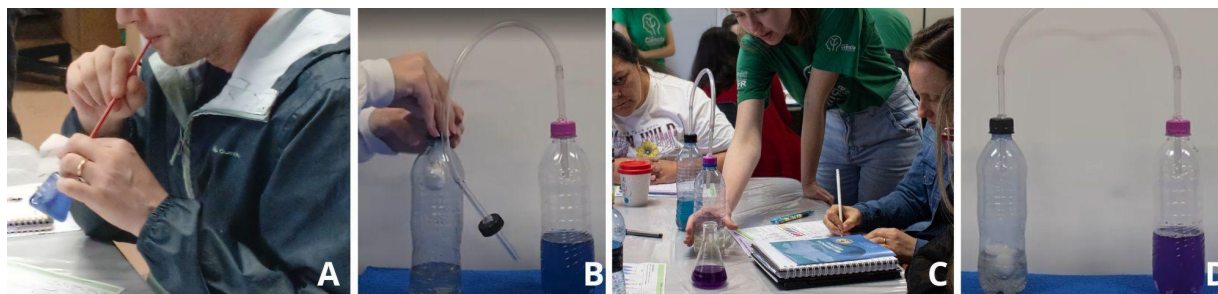
Duas ações foram desenvolvidas no âmbito do projeto de extensão “Educação Ambiental na Prática” da Universidade Federal do Paraná. A primeira ocorreu durante o Curso de Formação Continuada “Antropoceno e Mudanças Climáticas”, que contou com 41 participantes, majoritariamente professores de Ciências dos anos iniciais e finais, além de docentes de Práticas de Educação Ambiental e de Geografia da rede municipal de Curitiba. O curso, com carga horária de 20 horas, foi estruturado em cinco oficinas práticas: Atmosfera, Hidrosfera, Biosfera, Litosfera e

Plastisfera. O principal objetivo do curso foi instrumentalizar os professores com atividades práticas e recursos didáticos. O presente relato enfoca a oficina Biosfera, com 4h, e destinada à compreensão dos fundamentos e dos impactos das ações humanas no ciclo do carbono.

A Oficina Biosfera teve como ponto de partida as seguintes questões norteadoras: “Seres vivos podem causar mudanças climáticas?”, “Como a queima de combustíveis fósseis influencia no aquecimento global?”, “O aumento da queima de combustíveis fósseis pode afetar a sobrevivência de organismos marinhos?” e “Desmatamento e queimadas podem ter efeitos globais ou apenas locais?”. Em seguida, os participantes formularam hipóteses para responder a essas questões, foram divididos em grupos de até oito pessoas e realizaram experimentos sob mediação da equipe extensionista, registrando os principais achados em um relatório. Cada atividade abordou conceitos básicos para que os professores compreendessem melhor as questões iniciais e, assim, pensassem e formulassem novas perguntas e conclusões por si próprios, evidenciando um processo de aprendizagem por investigação. Dentre as atividades que visavam trabalhar o impacto das mudanças climáticas sobre o ciclo do carbono e os seres vivos, enfatiza-se aquelas que ajudaram a elucidar o processo de Acidificação do Oceano.

Experimento 1 – “Respiração e acidificação”: Para demonstrar a capacidade do dióxido de carbono (CO_2) de acidificar a água, cada equipe recebeu um frasco contendo 40 mL de água mineral de pH alcalino (pH 10 na fonte). Para a indicação visual do pH, utilizou-se suco de repolho roxo preparado no momento da oficina: as folhas foram trituradas em liquidificador e, após coagem, 20 mL do extrato foram adicionados à água mineral. A solução adquiriu coloração azul, devido à propriedade das antocianinas presentes no repolho roxo, que atuam como indicadores naturais de pH. Em seguida, um dos participantes assoprou por meio de um canudo, permitindo a dissolução do CO_2 proveniente da expiração na água (FIGURA 1A). Após alguns segundos, a solução se tornou roxa, indicando a redução do pH para aproximadamente 7.

Figura 1. Alguns experimentos realizados na Oficina de formação de professores “Biosfera”.



Fonte: Acervo da autoras

Experimento 2 – “Acidificação do Oceano”: Foram utilizadas duas garrafas transparentes de 500 mL bem vedadas e conectadas por uma mangueira acoplada às tampas. Na primeira garrafa, representando o oceano, adicionaram-se 150 mL de água mineral com pH 10 e cerca de 50 mL do

suco de repolho roxo, resultando na coloração azul inicial (FIGURA 1B). Na segunda garrafa, foram colocados 150 mL de vinagre de álcool. Utilizando uma compressa de gaze, preparou-se uma trouxinha contendo duas colheres de sopa de bicarbonato de sódio que, em seguida, foi posicionada cuidadosamente dentro da garrafa que continha vinagre, tomando-se o cuidado de não permitir que entrasse em contato imediato com o líquido (FIGURA 1B). A garrafa foi tampada rapidamente. O uso da trouxinha teve como finalidade retardar o início da reação entre o bicarbonato e o vinagre, garantindo que o CO₂ produzido fosse liberado após o fechamento da garrafa, evitando perdas do gás antes do momento desejado. Após algumas agitações suaves das duas garrafas (FIGURA 1C), observou-se que, em poucos minutos, a água da garrafa 1 adquiriu coloração roxa, evidenciando que o CO₂ produzido na garrafa 2 percorreu a mangueira e se dissolveu na água, promovendo a redução do pH (FIGURA 1D).

Experimento 3 – “Efeito da acidificação em estruturas calcárias”: 48 horas antes, um ovo de galinha foi submerso em vinagre de álcool e mantido nessa condição até o momento da oficina. Durante esse período, ocorreu a reação entre o carbonato de cálcio da casca e o ácido acético do vinagre, promovendo a dissolução progressiva da casca. Ao final das 48 horas, o ovo apresentava a superfície amolecida, evidenciando a perda do material calcário. Discutiu-se a relação desse experimento com o impacto sofrido pelos animais marinhos com a acidificação oceânica.

A segunda ação do projeto consistiu em uma intervenção realizada em uma escola municipal de Curitiba, durante uma manhã, como parte de um projeto contínuo conduzido pela professora de Práticas de Educação Ambiental. A atividade envolveu uma turma multisseriada de estudantes do 4º e 5º anos que frequentam a escola no período integral, contando com a participação de 13 alunos no dia da ação. Para trabalhar esse tema na escola, foi necessário adaptar a dinâmica da oficina. Em uma conversa inicial, constatou-se que os estudantes já sabiam que o CO₂ é utilizado pelas plantas na fotossíntese, é liberado na expiração e na queima de combustíveis e que seu aumento intensifica o efeito estufa. Contudo, para introduzir o conceito de pH, iniciou-se a exploração prática do pH de substâncias do cotidiano.

Divididos em grupos, os estudantes receberam seis tubos de ensaio — cada um destinado ao teste de uma substância — além de um frasco contendo o extrato de repolho roxo e uma pipeta de Pasteur para realizar a aplicação do indicador. Primeiro, testou-se o vinagre, reconhecido pelos estudantes como um líquido “azedo”. Ao adicionar o indicador de repolho roxo, a solução adquiriu coloração rosa, sinalizando sua acidez. Esse resultado foi registrado em um painel interativo, no qual os estudantes fixaram a imagem de uma garrafa de vinagre na faixa correspondente da escala de pH impressa. Em seguida, foram testadas outras substâncias: água da torneira, água mineral pH 10, leite de magnésia diluído em água, detergente neutro e refrigerante de limão (Figura 2A-B). Cada resultado gerou uma nova cor, e os estudantes posicionaram as imagens

representativas no painel (Figura 2C). Dessa forma, construíram coletivamente a relação entre acidez, alcalinidade e as cores indicadas pelo repolho roxo.

Figura 2. Algumas atividades realizadas na escola com a turma de Práticas de Educação Ambiental.



Fonte: Acervo da autoras

Após esta primeira etapa, os estudantes realizaram o mesmo experimento “Respiração e acidificação” conduzido na oficina de formação de professores (Figura 2D), e depois fixaram no painel interativo contendo a escala de cores a imagem de uma pessoa expirando, estabelecendo a relação entre a dissolução do CO_2 na água e a diminuição do pH.

Antes de realizar o experimento “Acidificação do Oceano”, verificou-se a necessidade de demonstrar que a reação entre vinagre e bicarbonato de sódio produz CO_2 . Para isso, colocou-se 100mL de vinagre em uma garrafa de 500mL. Na boca da garrafa, fixou-se uma bexiga contendo uma colher de sopa de bicarbonato. Ao erguer a bexiga, o bicarbonato caiu no vinagre, iniciando a reação química. A liberação de CO_2 ocorreu de forma intensa, e o gás produzido ascendeu pelo interior da garrafa, acumulando-se no seu topo e expandindo a bexiga (Figura 3E). Em seguida, os estudantes realizaram os demais experimentos conduzidos na oficina de formação de professores (Figura 2F-G). Para o experimento “Efeito da acidificação em estruturas calcárias”, solicitou-se previamente à professora da turma que realizasse, junto aos estudantes, a submersão de um ovo de galinha em vinagre por pouco mais de 48h, estimulando-os a levantar hipóteses sobre o que poderia ocorrer. No dia da intervenção da equipe do projeto de extensão, retomou-se o questionamento inicial. Entre as respostas oferecidas pelas crianças estavam que o ovo poderia ter apodrecido, que poderia ter surgido um pintinho ou, ainda, que o ovo teria ficado cozido.

Na sequência, cada estudante foi convidado a tocar o ovo, percebendo que sua superfície estava amolecida (Figura 2G-H). A maioria, ao sentir essa consistência, reforçou a hipótese de que o ovo estaria cozido. Então, rompeu-se cuidadosamente a membrana situada entre a casca e a clara,

revelando que o interior permanecia cru e que a casca havia sido completamente dissolvida. A partir dessa observação, iniciou-se uma discussão sobre o fato de que a casca do ovo é composta majoritariamente por carbonato de cálcio, substância presente também nas conchas e carapaças de muitos organismos marinhos. Discutiu-se sobre como esses organismos com corpo mole podem ser afetados pela acidificação do oceano decorrente do aumento do CO₂ atmosférico, proveniente da queima de combustíveis e de outras fontes de poluição.

Para consolidar essas relações, um segundo painel interativo, contendo a imagem de um fundo oceânico, foi preenchido pelos estudantes com figuras de animais marinhos, além de ilustrações representando uma pessoa expirando, uma fábrica e um automóvel emitindo gases, bem como setas mostrando a entrada do CO₂ no oceano (Figura 2I). Também foram incluídos no painel duas frases explicativas: “A água fica mais ácida” e “As conchas ficam moles”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação das atividades investigativas revelou que tanto professores quanto estudantes se engajaram de maneira significativa em todo o processo, envolvendo-se nos experimentos, elaborando perguntas e hipóteses, buscando respostas, discutindo e demonstrando compreender os principais aspectos abordados sobre a acidificação do oceano.

O experimento de “Acidificação do Oceano” seguiu inicialmente a proposta apresentada por Barcellos (2020). Na série de vídeos, o autor utilizou duas garrafas conectadas: na garrafa 1, colocava-se água com pH neutro, açúcar e fermento biológico, formando CO₂ pela fermentação; na garrafa 2, usava-se água com sal e bicarbonato, com pH próximo a 8,5, simulando a composição química aproximada da água do mar. Para ilustrar o efeito da acidificação em estruturas calcárias, peças de gesso com formato de animais marinhos eram submersas na garrafa 1, sofrendo desgaste devido à acidez. Nos últimos vídeos, Barcellos demonstrou que era possível substituir a solução da garrafa 2 por água mineral alcalina e as vidrarias laboratoriais por garrafas PET, tornando a prática mais acessível e segura para o ensino em sala de aula. Para aferir o pH, Barcellos (2020) utilizou um pHmetro, sendo necessário abrir a garrafa para a medição. O experimento todo levava de duas a três horas para mostrar os resultados.

Para a aplicação em nossas oficinas, foram realizadas algumas adaptações. O pHmetro foi substituído pelo extrato de repolho roxo como indicador ácido-base, permitindo a visualização quase imediata da mudança de cor durante o experimento. De forma semelhante, o experimento da “Respiração e acidificação” foi baseado em Fabri-Santos (2024) que, no entanto, utilizou o indicador de pH Vermelho de Cresol, menos acessível que o repolho roxo usado por nós.

Optou-se pelo uso de água mineral com pH 10, em vez do pH 8,5 indicado por Barcellos (2020), pois a alteração cromática com pH menor não era suficientemente evidente. Além disso, a garrafa 2 passou a conter vinagre e bicarbonato de sódio, proporcionando a produção de CO₂ de forma

mais rápida que a fermentação. Para demonstrar o impacto da acidificação em estruturas calcárias, as peças de gesso foram substituídas por ovos de galinha mergulhados em vinagre. O amolecimento e a dissolução da casca tornaram o efeito facilmente compreensível para crianças. Essas adaptações permitiram que a prática fosse realizada com materiais simples, de fácil acesso e de forma mais rápida, facilitando a reprodução por professores nas escolas. Machado (2019) discute a importância de se oferecer alternativas de baixo custo e acessíveis para que as atividades sejam efetivamente implementadas na Educação Básica.

A comparação entre os dois cenários de aplicação mostrou diferenças importantes. Na formação de professores, a sequência teve caráter mais estruturado e reflexivo, partindo de questões norteadoras que suscitaram discussões mais amplas sobre a biosfera e os impactos antrópicos. A dinâmica manteve forte componente argumentativo, estimulando os participantes a relacionar os experimentos aos fenômenos ambientais discutidos. Já na escola, foi necessário ampliar o caráter lúdico e reduzir a exposição teórica, substituindo slides por painéis interativos e priorizando atividades curtas, participativas e visuais. Também foi necessário introduzir outras práticas para garantir melhor compreensão do conceito de pH. Essa adaptação possibilitou manter o engajamento da turma e garantir que conceitos complexos fossem compreendidos de maneira satisfatória. O trabalho prévio da professora da turma também foi fundamental para que os estudantes tivessem conhecimentos necessários sobre a dinâmica do CO₂ na natureza.

Em comparação com a oficina de professores, no trabalho com crianças do 4º e 5º anos, a adaptação da linguagem e dos recursos foi essencial para facilitar a compreensão dos conceitos químicos. O termo “ácido” foi associado ao sabor “azedo” e o de “alcalino” ao oposto de “ácido”, aproximando os conteúdos do cotidiano. As medições de pH com extrato de repolho roxo foram realizadas em substâncias familiares, como vinagre, refrigerante, detergente e água mineral, e os resultados comparados em uma escala de cores apresentada em painéis interativos, possibilitando observações visuais intuitivas. Essa abordagem segue a Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980), conectando novos conhecimentos a conceitos já existentes e promovendo a compreensão e retenção dos fenômenos observados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto das experiências relatadas evidencia que o ECI contribui para a compreensão dos processos envolvidos na acidificação do oceano. Quando o professor assume uma postura mediadora, estimulando perguntas, acolhendo ideias, incentivando hipóteses e promovendo explicações baseadas em evidências, cria-se um ambiente em que a curiosidade, o pensamento crítico e a autonomia intelectual se tornam centrais no processo de aprendizagem. A adoção de experimentos simples e recursos visuais favoreceu tanto crianças quanto professores na construção de explicações fundamentadas, mostrando que a investigação permite adaptar conteúdos, ritmos e estratégias sem perder rigor conceitual. Os participantes puderam interpretar

fenômenos complexos, reforçando que práticas investigativas promovem a alfabetização científica e incentivam o entendimento sobre o equilíbrio ambiental.

AGRADECIMENTOS

À Pró-reitoria de Extensão e Cultura da UFPR pela concessão de bolsas a parte das autoras. À Secretaria Municipal de Educação de Curitiba pela parceria na realização das oficinas, pela impressão dos roteiros e pelo apoio às atividades desenvolvidas na escola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional: uma perspectiva cognitiva**. Tradução de Eva Nick *et al.* 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. **Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes**. Brasília, DF: CNS, 2016.
- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.
- BARCELLOS, G. B. **Acidificação do oceano**. YouTube [recurso eletrônico], 2020 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3nnCGCngEml>
- CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 5.ed. Ijuí: Ed.Unijuí, 2011.
- CHASSOT, A. **Sete escritos sobre educação e ciência**. São Paulo: Cortez, 2008.
- FABRI-SANTOS, V.C. **Carbono: herói ou vilão?**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2024. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPR_5bdb3947e8e3091bab099ade51e3e43f
- HODSON, D. **Towards scientific literacy. a teacher's guide to the history, philosophy and sociology of science**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008.
- LANDSCHÜTZER, P.; GRUBER, N.; BAKKER, D.; SCHUSTER, U. Recent variability of the global ocean carbon sink. **Global Biogeochemical Cycles**, v.28, p.927-949. 2014.
- LAYRARGUES, P. P.; LIMA, G. F. C. As macro-tendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, p. 23-40, 2014.
- LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, 2001.
- MACHADO, C. Atividades laboratoriais com materiais de baixo custo: um estudo com professores timorenses. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n.1, p.198-223, 2019.
- MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2011.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Ocean acidification**. Disponível em: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>.
- RAMOS e SILVA, C. A. *et al.* acidificação dos oceanos em um sopro: prática educacional para construção de conhecimento das mudanças globais. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 8, p. 49-65, 2017.
- ROYER, D.L.; BERNER, R.A.; PARK, J. Climate sensitivity constrained by CO₂ concentrations over the past 420 million years. **Nature**, v.446, p. 530-532, 2007.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Educação e Pesquisa**, v. 41, n. 3, p.49-67, 2015.
- SODRÉ, C. F. L.; SILVA, Y. J. A.; MONTEIRO, I. P. Acidificação dos Oceanos: fenômeno, consequências e necessidades de uma governança ambiental global. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNB**, v. 1, n. 4, 2016.
- ULLAH, H. *et al.* Climate change could drive marine food web collapse through altered trophic flows and cyanobacterial proliferation. **PLoS Biology**, v. 16, n. 1, p. e2003446, 2018.
- ZOMPERO, A. F. *et al.* Ensino por investigação e aproximações com a aprendizagem baseada em problemas. **Debates em Educação**, v. 11, n. 25, p. 222–239, dez. 2019.