

Uso da contextualização socioambiental para abordar a chuva ácida no ensino de química por meio de uma sequência didática

Use of socio-environmental contextualization to Acid Rain's approach in Chemistry Education through a teaching didactic sequence

Fábio Domingos da Silva¹, Vinícius Catão de Assis Souza², Deusanilde de Jesus Silva³

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), no polo da Universidade Federal de Viçosa, com objetivo de elaborar e analisar uma Sequência Didática (SD) abordando o conteúdo de Chuva Ácida e os efeitos socioambientais dela decorrentes. O público-alvo foi alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública no município de Bom Despacho (MG). Procuramos com o trabalho promover a alfabetização científica a partir de uma contextualização socioambiental, além de avaliar algumas das possíveis diferenças na aprendizagem entre as modalidades presencial e remota. No decorrer da SD a contextualização foi articulada por meio de experimentos, vídeos do YouTube, imagens relacionadas à temática em estudo e reportagens que descreviam os danos ambientais provocados pela Chuva Ácida. Como o trabalho foi desenvolvido no período da pandemia da Covid-19, a pesquisa ocorreu em formato híbrido, sendo que a transmissão para os alunos remotos se deu pela plataforma *Google Meet*. Para avaliar o processo de aprendizagem, aplicou-se uma atividade com questões relacionadas ao conteúdo, nos permitindo verificar que os índices de acertos entre os alunos remotos e os presenciais não tiveram diferenças significativas. Na última etapa da SD, todos os alunos responderam a um questionário aberto, buscando avaliar a metodologia utilizada. Os resultados indicaram o apreço deles pela metodologia utilizada, com destaque para o dinamismo das aulas e a possibilidade de vivenciarem uma experiência de aplicação prática dos conteúdos de Química. Diante dos dados levantados, consideramos que a SD favoreceu a aprendizagem dos alunos que acompanharam as aulas de forma remota e presencial, além de promover a alfabetização científica e o desenvolvimento do pensamento crítico para atuarem na sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Sequência Didática; Ensino de Química; Contextualização socioambiental; Alfabetização científica.

ABSTRACT: This research was developed in the context of the Professional Master's Degree in Chemistry in the Brazilian Network (PROFQUI), at the Federal University of Viçosa (Brazil), with the objective of elaborating and analyzing a Didactic Sequence (DS) addressing the content of Acid Rain and the socio-environmental effects resulting from it. The target audience was first year High School students (14-16 years old) from a public school in the town of Bom Despacho (Brazil). With this research, we seek to promote scientific literacy from a socio-environmental context, in addition to evaluating some of the possible differences in learning between the face-to-face and remote modalities. During the DS, the contextualization was articulated through experiments, YouTube videos, images related to the theme under study and reports that described the environmental

¹ Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Química. E-mail: fabio.d.silva@ufv.br

² Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Química. E-mail: vcasouza@ufv.br

³ Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Química. E-mail: deusanilde@ufv.br

damage caused by Acid Rain. As the activities was developed in the Covid-19 pandemic period, the research took place in a hybrid format, and the transmission to remote students took place through the Google Meet Platform. To evaluate the learning process, an activity with questions related to the content was applied, allowing us to verify that the rates of correct answers between remote and face-to-face students did not have significant differences. In the last stage of DS, all students answered an open questionnaire, seeking to evaluate the methodology used. The results indicated their appreciation for the methodology used, with emphasis on the dynamism of the classes and the possibility of participating in an experience of practical application of chemical contents. In view of the data gathered, we can consider that the DS favored the learning of students who attended classes remotely and face-to-face, in addition to promoting scientific literacy and the development of critical thinking to act in society.

KEYWORDS: Didactic Sequence; Chemical Education; Scientific literacy; Socio-environmental contextualization.

INTRODUÇÃO

Quando se aborda o processo de formação inicial e continuada dos professores para atuarem na Educação Básica, é necessário que as universidades repensem como tem sido articulada a construção de novas metodologias de ensino voltadas para a atual realidade dos nossos alunos. Normalmente, a formação se mostra deficitária em alguns pontos, uma vez que os futuros professores são ou foram “*treinados*” de maneira errada para abordar os conteúdos presentes nos currículos da Educação Básica. A principal preocupação de um novo professor é “dar conteúdo” e, em considerável parte das vezes, os conteúdos são tratados de forma descontextualizada, sem um sentido prático, o que acaba tornando o ensino maçante e pouco motivador para os alunos. A busca por tornar as aulas mais atrativas é possível quando o professor se propõe a realizar planejamentos que sejam contextualizados.

Assim, o que motivou este trabalho foi o fato de que, ao trabalhar o conteúdo de ácidos, foi possível constatar que os alunos não associavam o conhecimento abordado à sua importância e aplicações práticas, mesmo sendo capazes de reconhecer fórmulas químicas e as principais definições. Com isso, a alternativa encontrada para abordar ácidos nas aulas de Química foi a contextualização, a partir da Chuva Ácida. Este fenômeno causa grandes prejuízos à sociedade e ao meio ambiente, sendo suas consequências sempre debatidas por estudiosos de diferentes áreas.

Naturalmente, a água da chuva já é ligeiramente ácida devido à presença de óxidos ácidos dispersos na atmosfera. Porém, quando o seu potencial hidrogeniônico (pH) atinge valores menores do que 5,6, a chuva recebe esta denominação (SANTOS; MÓL, 2013). São muitas as consequências da Chuva Ácida para a sociedade e para o meio ambiente. Podemos citar a corrosão de pinturas dos carros; a extinção de animais e de vegetais; as mudanças no pH

do solo, afetando lavouras e plantações; a morte e extinção de peixes, por alterar de forma significativa o pH da água; a degradação de construções e de monumentos históricos, dentre outros.

Considerando isso, o objetivo dessa pesquisa foi verificar a efetividade de uma Sequência Didática (SD) com a temática Chuva Ácida e os efeitos ambientais decorrentes dela. Propomos também promover a alfabetização científica junto aos alunos da 1ª Série do Ensino Médio a partir da aplicação da SD, além de avaliar as possíveis diferenças na aprendizagem quando comparadas a modalidade presencial de ensino com a modalidade remota. Assim, buscamos abordar tal fenômeno mostrando algumas de suas consequências socioambientais e as reações envolvidas nesse processo, que vai desde a liberação dos óxidos até a formação da Chuva Ácida.

A SD foi estruturada para ter as seguintes atividades: apresentação de um vídeo para abordar a questão central de pesquisa (*Por que ao cortar uma cebola nossos olhos lacrimejam?*); discussão relacionada à formação da Chuva Ácida, com apresentação de imagens relacionadas às principais consequências da Chuva ácida; discussão do conceito de ácidos, com a representação das fórmulas moleculares e as reações envolvidas na formação da Chuva Ácida; discussão de uma atividade experimental para simular a formação da Chuva Ácida; aplicação de uma atividade de verificação da aprendizagem, seguida da análise dos resultados; e, por fim, aplicação de um questionário aberto para avaliar a SD como um todo.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA E OS FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Um dos maiores desafios dos educadores na atualidade é manter-se aberto às várias estratégias de ensino para favorecer a aprendizagem dos alunos, devendo ser essa postura uma constante por parte dos docentes. Dessa forma, o que a presente pesquisa propôs foi favorecer a aprendizagem das Ciências, em especial a Química, e a metodologia aplicada foi uma Sequência Didática (SD). Zabala (1998, p.18) esclarece que as SD podem ser definidas como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais com princípio e fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. Oliveira (2013, p.39) define SD como práticas que “compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e, ou, atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para melhoria da dinâmica no processo ensino-aprendizagem”. De acordo Zabala (1998), uma SD tradicional apresenta as fases da comunicação

da lição, estudo individual sobre o livro didático, repetição do conteúdo aprendido e a avaliação por parte do professor. No entanto, ele considera que a SD pode ser mais abrangente e envolver outras etapas, que contemplam:

[...] atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade; experiência dos alunos; explicação das perguntas ou problemas; respostas intuitivas ou hipóteses; seleção e esboço das fontes de informação e planejamento da investigação; coleta, seleção e classificação dos dados; generalização das conclusões tiradas; expressão e comunicação. (ZABALA 1998, p. 55).

De acordo com Oliveira (2013), a SD é uma metodologia simples de ser aplicada, porém o sucesso depende do planejamento desenvolvido em cada fase, prescindindo “[...] um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino-aprendizagem” (OLIVEIRA 2013, p.39). Em toda estratégia pedagógica é necessário definir as etapas do planejamento, perpassando pela:

Escolha do tema a ser trabalhado; questionamentos para problematização do assunto a ser trabalhado, planejamento dos conteúdos, objetivos a serem atingidos no processo de ensino-aprendizagem; delimitação da sequência de atividades, levando-se em consideração a formação de grupos, material didático, cronograma, integração entre cada atividade, etapas, e avaliação dos resultados. (OLIVEIRA, 2013, p. 40).

Ao elaborar uma SD é necessário levar em consideração o conteúdo que será trabalhado e como será apresentado aos alunos. Uma das estratégias a ser utilizada no decorrer da SD é expor situações problemas de forma contextualizada. Nesse sentido, Santos e Mól (2013) consideram que o entendimento das transformações químicas num contexto (socio) ambiental faz com que os alunos assumam uma postura crítica, uma vez que passam a entender que os resíduos gerados pelas transformações nas indústrias que utilizam combustíveis fósseis podem produzir uma série de reações com outras substâncias que, de certa maneira, são prejudiciais ao meio ambiente. Santos e Schnetzler (2010) consideraram que as atividades contextualizadas são importantes para favorecer a construção do conhecimento dos alunos por promover a sua participação em discussões presentes em sua vida e na sociedade como um todo. Nesse tipo de atividade há uma mudança de postura tanto do aluno quanto do professor, de modo que o aluno deixa de ser apenas um observador nas aulas, assumindo uma postura mais participativa, com a exposição de suas ideias e a elaboração de hipóteses. Quanto ao professor, sua função é mediar, questionar, instigar e propor novas discussões.

Considerando as questões trazidas até aqui, cabe ressaltar que o tema socioambiental proposto para a SD é potente por permitir relações de conhecimento que ajudam os alunos a atribuir sentido às Ciências de forma mais ampla. Dessa forma, considera-se que a Primeira Revolução

Industrial aumentou a emissão de gases poluentes na atmosfera, tornando esse um problema de escala global. A partir desta constatação, assuntos relacionados ao Meio Ambiente tornaram-se necessários, principalmente, no âmbito científico, sendo por este motivo abordado com frequência entre os acadêmicos, a sociedade, os meios de comunicação e as escolas de Educação Básica. Entre os poluentes que têm causado preocupação aos ambientalistas estão os gases que levam à formação da Chuva Ácida. Assim, ela está diretamente relacionada às ações antrópicas, como a utilização de combustíveis fósseis e as atividades industriais.

É importante considerar também que as discussões socioambientais podem promover junto aos alunos a construção da cidadania, além de aprimorar a capacidade de tomada de decisão em assuntos que são importantes para a nossa sociedade. Dentro deste contexto, Santos e Schnetzler (2010) afirmaram que o ensino de Química com o enfoque na contextualização de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) pode “[...] trazer para os estudantes conhecimentos que os levem a participar da sociedade moderna, no sentido da busca de alternativas de aplicações da ciência e tecnologia, dentro da visão de bem-estar social” (SANTOS, SCHNETZLER, 2010, p. 62). Diante disso, entendemos que o ensino da Química não pode estar desvinculado das demandas sociais, de modo que esta pesquisa procurou propor uma metodologia voltada à construção do conhecimento e que, ao mesmo tempo, possa repercutir na vida dos alunos além dos muros da escola, auxiliando na formação de cidadãos críticos, que procurem soluções frente aos problemas reais da sociedade.

Assim, a SD foi aplicada a um grupo de alunos da 1ª Série do Ensino Médio, de um Colégio Público na cidade de Bom Despacho, Minas Gerais. A Escola possui duas turmas da 1ª Série com três aulas semanais de Química de quarenta e cinco minutos. Entretanto, uma destas três aulas é destinada às atividades no Laboratório. Na turma para a qual foi voltada a pesquisa havia 39 alunos. O estudo foi realizado com a participação de 13 deles. Destes, cinco alunos participaram presencialmente (AP_x, sendo ‘x’ um número de ordem variando de 1 a 5) e oito alunos de forma remota (AR_x, sendo ‘x’ variando de 1 a 8).

A não participação de uma parcela significativa dos estudantes se deu em virtude de diversos fatores, entre os quais destacamos: a Escola desenvolvia suas atividades na modalidade híbrida, em decorrência do período da pandemia da Covid-19, de modo que algumas famílias estavam com autonomia para decidir se os alunos participariam das aulas presenciais ou de forma remota; e o período de realização da pesquisa, que foi entre novembro e dezembro de 2021, quando muitos alunos já tinham deixado de ir à Escola devido à proximidade com o fim do ano letivo.

A sequência das aulas ocorreu de acordo com os horários estabelecidos no início do ano letivo para cada componente curricular. Aqueles que optassem em não participar de forma presencial, as aulas eram transmitidas por meio do *Google Meet*. Para o levantamento dos

resultados relativos à aprendizagem, identificaremos os estudantes como Alunos Presenciais (APx) e Alunos Remotos (ARx) durante a avaliação dos resultados, em que ‘x’ representa o número de ordem associado aleatoriamente a cada aluno. A análise dos resultados da pesquisa não se pautou em aspectos estatísticos ou numéricos, mas sim nas respostas ao longo do trabalho, sendo analisado o grau de assertividade delas, o envolvimento nas atividades e a capacidade de relacionar aspectos contextuais da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.

Etapas de discussão da SD

Etapas de discussão da SD

Etapas de discussão da SD

Etapas de discussão da SD

Etapas de discussão da SD

A pesquisa foi iniciada com a exposição do vídeo *Ciência explica: Por que choramos ao cortar cebola?* Em certo momento do vídeo, ele foi pausado para criar um ar de suspense e em seguida fazer a pergunta: *Por que ao cortar uma cebola nossos olhos lacrimejam?* O objetivo dela foi discutir sobre as características das substâncias ácidas e estabelecer a que se relaciona a situação. Com este diálogo informal, os alunos foram orientados a descrever o entendimento sobre o referido fenômeno. Em seguida, foi apresentado outro vídeo do canal Manual do Mundo (*Por que cebola faz chorar?*⁴). Os alunos foram informados que a explicação deste fenômeno se encontra no livro “*O Que Einstein Disse ao Seu Cozinheiro*” (WOLKE, 2005). As considerações feitas pelos alunos durante a realização deste diálogo serão apresentadas na Tabela 1. As respostas foram enquadradas em quatro categorias: *correto* (C), *regular* (R), *incorreto* (I) e *não respondeu* (NR). Para a categoria regular, considerou-se que as respostas, embora contivessem elementos corretos, não elucidavam satisfatoriamente o que foi questionado. As transcrições das respostas estão conforme os alunos escreveram, podendo conter marcas da linguagem coloquial.

TABELA 1. Respostas dos alunos para explicar o porquê de os olhos lacrimejarem ao cortar uma cebola.

CATEGORIA	ALUNOS	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
Correta	---	---
Incorreta	AP2, AP4	<i>As cebolas liberam um não-metal que faz os olhos arder.</i> (AP4)
Regular	AP1, AP3, AP5, AR1, AR2, AR3, AR4 e AR5	<i>Ocorre uma reação de um não metal com a água, tipo a reação de formação da chuva ácida.</i> (AP5)
Não respondeu	AR6, AR7, AR8	---

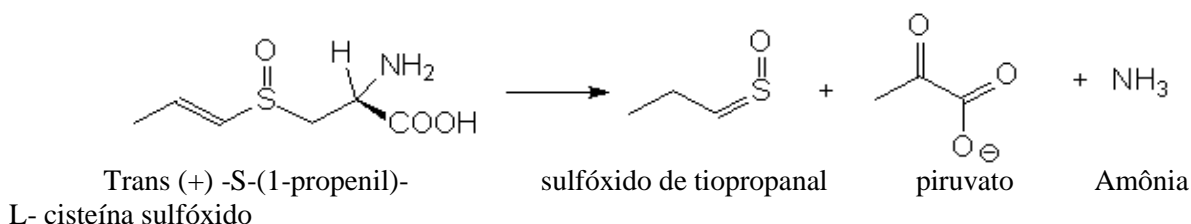
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

⁴ THENÓRIO, Iberê. **Por que cebola faz chorar?** Manual do Mundo. 2014. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=MfIU1w8zP_0&t=4s. Acesso em 30 de nov. 2021.

De acordo com o Wolke (2005), a substância contida na cebola, que produz o lacrimejar é um composto que contém enxofre, chamado de sulfóxido de tiopropanal. Wolke (2005) afirmou que este gás, assim como outras substâncias, se forma quando corta a cebola, destacando que:

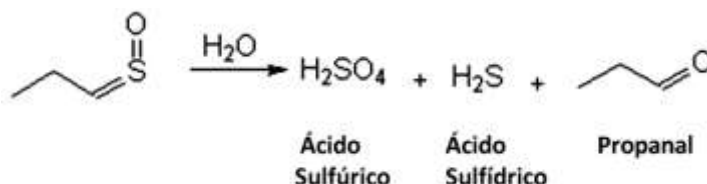
Tanto o gás da lágrima quanto os compostos responsáveis pelo ardor existem como tais na cebola não cortada. Eles se formam quando as células são abertas ao serem cortadas ou mastigadas, ocasião em que a enzima aliinase (A) e um grupo de compostos conhecidos como sulfóxidos S-alquenilcisteína (S), que até então permaneciam isolados um do outro em diferentes partes das células da cebola, é liberado. Eles reagem então entre si e formam o gás da lágrima. (WOLKE, 2005, p. 99).

A título de ilustração, a reação de formação do gás da lágrima está apresentada a seguir:



Fonte: uv.es/~jaguilar/curioso/cebolla1.gif

Wolke (2005) esclareceu ainda que o sulfóxido de tiopropanal não nos faz chorar. O que ocorre é uma reação entre o gás e a umidade presente nos olhos, dando uma solução diluída de ácido sulfúrico, que irrita o tecido ocular, ocasionando a formação de lágrimas. Esta reação está apresentada a seguir:



Etapa II – Apresentação de imagens relacionadas ao objeto de estudo e reportagens relacionadas às consequências causadas pela chuva ácida

O próximo passo da SD foi a apresentação de imagens de um monumento histórico, vegetação afetada pela Chuva Ácida e um rio contaminado. Dentre as imagens utilizadas, destacam-se monumentos históricos feitos de mármore (CaCO_3), como as estátuas dos doze Profetas de Aleijadinho, que estão no Santuário Bom Jesus de Matosinhos, na cidade de Congonhas do Campo (MG) (Figura 1); os efeitos sobre a vegetação nos arredores da cidade de Cubatão (SP), historicamente caracterizada pelos altos índices de poluição atmosférica (Figura 2); e uma

reportagem com peixes mortos no Rio Pirapó, município de Maringá/PR, em decorrência da Chuva Ácida⁵. (Figura 3).

Figura 1: Profeta Habacuc, Santuário Bom Jesus de Matosinhos, Congonhas do Campo.
Foto: Horacio Coppola / Acervo Instituto Moreira Salles.



Fonte: iphotochannel.com.br/2-mestres-obras-de-aleijadinho-por-horacio-coppola/

Figura 2: Vegetação afetada pela Chuva Ácida na região de Cubatão/SP.



Fonte: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2015/01/cetesb-confirma-que-chuva-acida-atingiu-cubatao-apos-vazamento.html>

Figura 3: Mortalidade de peixes no Rio Pirapó, em Maringá (PR) devido à chuva ácida.



Fonte: <https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/chuva-acida-e-poluicao-matam-peixes-no-rio-pirapo-diz-iap.ghtml>

⁵ HISING, Ederson; LINJARDI, Fábio. **Chuva ácida e poluição matam peixes no Rio Pirapó, em Maringá, diz IAP**. G1 Paraná. Maringá. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/chuva-acida-e-poluicao-matam-peixes-no-rio-pirapo-diz-iap.ghtml>. Acesso em 02 de dez.2021.

Etapa III – Apresentação do conceito de ácido, fórmulas moleculares e nomes dos compostos que provocam a Chuva Ácida

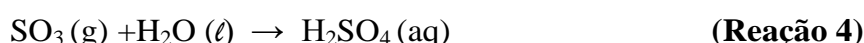
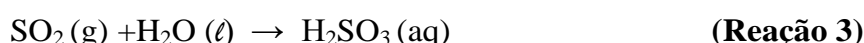
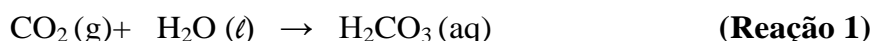
Antes de apresentarmos o conceito de ácido, retomamos a nossa pergunta inicial de pesquisa, com intuito de estabelecer com os alunos a relação dos fenômenos apresentados e as propriedades dos ácidos. Ao serem indagados sobre a relação entre os olhos lacrimejarem ao cortar a cebola e a formação da Chuva Ácida, os alunos não associaram um fenômeno ao outro. As respostas trazidas pelos alunos sobre a Chuva Ácida são apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2. Concepção dos estudantes sobre a chuva ácida.

CATEGORIA	ALUNOS	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
Correta	AP1, AR1 e AR8	<i>Quando o enxofre reage com a água e produz o ácido sulfúrico. O enxofre vem do petróleo, acho que é isso!!! (AP1)</i> <i>“Chuva formada quando a água reage com os gases que são liberados pelas chaminés das fábricas, pelos carros e caminhões”. (AR8)</i>
Incorreta	AP4, AR3	<i>Chuva que tem pH alto. (AP4)</i>
Regular	AP2, AP3,	<i>Chuva que estraga estátuas. (AP3)</i>
	AP5, AR2,	<i>Chuva que danifica monumentos de calcário (mármore). (AR5)</i>
	AR4, AR5, AR6 e AR7	<i>Tipo de chuva que causa danos para natureza. (AR7)</i>
Não respondeu	---	---

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Por ser uma turma da 1ª Série do Ensino Médio, a Teoria de ácido apresentada foi a de Arrhenius. Nesta etapa os alunos reconheceram as fórmulas, propriedades, nomenclaturas e as aplicações dos ácidos considerados mais importantes para a indústria, como o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e nítrico (HNO₃). No transcorrer da aula, discutimos também as reações dos óxidos que levam à formação da Chuva Ácida, com destaque para o dióxido de carbono, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre. Esse processo foi explicado aos alunos de forma expositiva, de acordo com as reações de formação da Chuva Ácida apresentadas a seguir:



Etapa IV – Atividade experimental envolvendo as reações de presentes na formação da Chuva Ácida

Para consolidar os conceitos científicos referentes às reações de formação da Chuva Ácida e suas consequências socioambientais, realizamos duas atividades experimentais. O primeiro experimento procurou demonstrar como ocorre a formação da Chuva Ácida, de forma contextual. O experimento envolveu a reação de queima de enxofre, originando o dióxido de enxofre (SO_2), que reage com oxigênio (O_2) para formar o trióxido de enxofre (SO_3). Estes óxidos em contato com o vapor d'água presente no recipiente produziria o ácido sulfuroso e/ou sulfúrico, respectivamente, conforme apresentado nas conforme Figuras 4 e 5. Os alunos também foram orientados a assistirem o vídeo “Faça chuva ácida em casa!”, disponível no *YouTube*⁶, no Canal Manual do Mundo.

Figura 4: Simulação da produção da Chuva Ácida.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Figura 5: Ação da Chuva Ácida na Vegetação



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Após a realização da atividade experimental e discussão do vídeo, verificamos se os alunos eram capazes de representar as reações ocorridas durante o experimento. Para tanto, esperava-se que eles tivessem as concepções de reagentes e produtos, além do domínio das fórmulas e símbolos químicos utilizados no processo de representação das substâncias ou elementos. Os alunos tinham que representar tanto os reagentes (S , O_2 , H_2O e SO_2), quanto os produtos (SO_2 , H_2SO_3 e H_2SO_4) formados nas três etapas da reação química. As respostas estão dispostas na Tabela 3.

⁶THENÓRIO, Iberê. **Faça chuva ácida em casa!** Manual do Mundo. 2014. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=IEMjO01xm_4. Acesso em 02 de dez.2021.

TABELA 3. Respostas dos estudantes com a equação química observada no experimento.

CATEGORIA	ALUNOS	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
Correta	AP1, AR4 e AR6	$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$ / $SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(l)$ (AP1) $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$ / $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$ / $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (AR6)
Incorreta	AR2	$2 H_2S(g) + 3 O_2(g) \rightarrow 2 SO_2(g) + 2 H_2O(g)$ (AR2)
Regular	AP2, AP3, AP4, AP5, AR1, AR3 e AR5	$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$ (AP2) $SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$ (AP4) $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (AR5)
Não respondeu	AR7 e AR8	---

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A partir dos dados da Tabela 3, verificamos que três alunos (AP1, AR4, AR6) apresentaram respostas razoavelmente compatíveis com o que se esperava para essa questão. Embora consideradas corretas, tinham alguns erros nos índices das fórmulas. Além disso, observou-se que estes foram capazes de utilizar adequadamente a simbologia, apresentando corretamente o estado físico dos reagentes e produtos, bem como especificando as duas etapas da reação com formação do dióxido de enxofre, seguida da reação com oxigênio e com o ácido sulfuroso, a partir da reação com água que leva à formação de ácido sulfúrico.

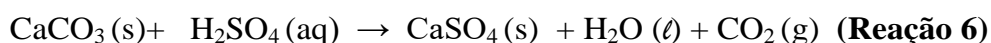
Ainda há que se destacar a direção das setas apenas para a direita. Esses pequenos detalhes foram desconsiderados para a questão em si, uma vez que os alunos ainda se encontravam na 1ª Série do Ensino Médio e não tinham naquele momento conhecimento sobre Equilíbrio Químico. Verificou-se que sete alunos (AP1, AP3, AP4, AP5, AR1, AR3 e AR5) não realizaram a representação de todas as reações, estando suas respostas na categoria regular. Embora se tenha observado a colocação de reagentes nos locais adequados, os alunos dessa categoria não foram capazes de abstrair a sequência correta das reações químicas, que resultaram na formação final do ácido sulfúrico, componente responsável pelo resultado observado no experimento.

AR2 representou a equação química de forma incorreta. De acordo com o demonstrado, não há um resgate de conhecimentos conceituais sobre posicionamento de reagentes e produtos na equação química, nem a observação de uma reação química que acontece em etapas. AR7 e AR8, por sua vez, não responderam a esta questão, alegando não saberem. No campo da Química, consideramos essa questão de nível difícil para os alunos, uma vez que ela apresenta um elevado nível de abstração. Mesmo assim, verificamos que já foram capazes de representar uma equação

química, evidenciando aspectos importantes relacionados aos símbolos dos elementos, à fórmula química e suas características, além do estado físico dos reagentes e produtos.

Etapa V – Atividade experimental reação entre água de bateria com diferentes materiais

Realizamos outra atividade experimental contextualizada para demonstrar as reações entre a água de bateria, composta por ácido sulfúrico diluído a 30%, com materiais como casca de ovo, objetos metálicos (parafusos, pregos) e folhas de plantas. O objetivo da atividade experimental foi os alunos poderem visualizar algumas das consequências da Chuva Ácida e verificar se eles seriam capazes de realizar a representação da reação entre a solução de bateria, que é uma solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) diluído a 30% com as cascas de ovos, formadas predominantemente por carbonato de cálcio (CaCO₃). A Reação 6 representa a formação do sulfato de cálcio (CaSO₄), um dos componentes do giz e do gesso, e do ácido carbônico (H₂CO₃), que transforma em água e gás carbônico (CO₂):



Ao analisar as respostas dos AP, verificamos que AP2, AP3 e AP4 realizaram a representação da reação entre ácido sulfúrico e o carbonato de cálcio e informaram os nomes dos produtos de forma correta. AP1 representou apenas a fórmula molecular dos reagentes e em relação ao nome dos produtos informou só a nomenclatura usual do sulfato de cálcio. Consideramos a resposta como sendo regular. AP5 não fez a representação dos componentes da reação. Apenas informou o nome usual do sulfato de cálcio. Assim, diante do que foi pedido na questão, consideramos a resposta incorreta.

Nas respostas dos AR, verificamos que AR2, AR3 e AR6 representaram a fórmula de todos os participantes da reação e informaram a nomenclatura correta dos produtos. Consideramos como regular as respostas de AR6 e AR7, pois não realizaram a representação dos reagentes e produtos, somente descreveram o nome dos participantes. Tivemos ainda nesse grupo três respostas incorretas (AR1, AR4 e AR8), sendo que AR1 não apresentou as fórmulas, destacando somente o nome de um dos produtos. AR4 representou apenas a fórmula dos reagentes e AR8 não respondeu à pergunta. Diante disso, constatamos que tanto os alunos que realizaram essa atividade de forma presencial e remota tiveram dificuldades em representar as transformações a partir das fórmulas e da nomenclatura oficial. Porém, as dificuldades ficaram mais evidenciadas no grupo dos AR. Com estes resultados, fez-se uma intervenção junto aos alunos, que foi a correção da atividade para elucidar a dificuldade verificada nas respostas.

Etapa VI – Atividade de verificação da aprendizagem e aplicação de um questionário aberto aos alunos para avaliação da abordagem metodológica

Para mostrar aos alunos como o conteúdo em estudo é contextualizado em algumas avaliações que eles farão futuramente, aplicamos uma atividade com questões fechadas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e de outros vestibulares. A atividade visou contemplar as competências e habilidades cobradas nessas avaliações, demonstrando a presença e importância da contextualização socioambiental nessas avaliações. Em seguida avaliamos a SD por meio de um questionário, sendo este retorno importante para aprimorarmos o material didático elaborado, visando aplicações futuras. Nesse sentido, Andrade e Viana (2017) destacaram que esse tipo de avaliação é importante para que o professor redirecione o trabalho em atividades futuras, além de considerar a inclusão de outros conteúdos que podem ser abordados. Assim, aplicamos um questionário no qual indagamos se gostaram da maneira como o tema Chuva Ácida foi abordado nas aulas, nos sendo apresentadas respostas como as exemplificadas a seguir:

Gostei bastante da maneira como a matéria foi retratada, de forma didática e informativa, facilitando assim muito a memorização. (AP1)

Sim, porque foi uma maneira mais dinâmica e colocou na prática tanto a experiência ea teoria. (AP5)

Sim, é simples e objetivo, mas eficiente. (AR2)

Sim. Foi bom, pelo que vi, este assunto cai muito nas provas do Enem. As questões que fizemos foram tudo o que foi estudado. (AR5)

A partir dessas respostas, constatamos que a aceitação dos alunos em relação à SD foi satisfatória, uma vez que todos responderam de forma favorável. De acordo com os dados apresentadas, os alunos consideraram que o conteúdo foi discutido de modo objetivo e dinâmico, possibilitando a participação de todos nas aulas. Assim, entendemos que a temática abordada era até então desconhecida para a maior parte dos alunos, de modo que ao abordar o tema Chuva Ácida buscamos chamar a atenção para a importância da Química em todas as áreas à nossa volta, quer sejam os seus aspectos positivos ou negativos. Nesse sentido, questionamos se eles reconheceram a importância da Química para a nossa sociedade, obtendo resposta como as exemplificadas a seguir:

Acredito que a Química seja algo de extrema importância para a sociedade. Um mundo sem química seria um mundo sem materiais sintéticos, isso significa um mundo sem alimentos, medicamentos, energia, telefones, computadores, cinema, entre vários outros. (AP1)

A Química é muito importante para a sociedade, porque possibilita avanços tecnológicos, avanços na medicina, na fabricação de medicamentos e muitos outros. (AP3)

Nos ajuda a compreender os fenômenos da natureza e processos químicos. (AR1)

A partir das respostas, verificamos que os alunos demonstraram reconhecer a importância de aspectos da Química para a sociedade. Alguns deles até citaram exemplos do quanto ela é importante para a síntese de substâncias, como os medicamentos, a produção de energia, a medicina, os fenômenos atmosféricos etc. Conforme destacado por AP1, “*um mundo sem química seria um mundo sem materiais sintéticos, isso significa um mundo sem alimentos, medicamentos, energia, telefones, computadores, cinema, entre vários outros*”.

Considerando ainda a importância da contextualização para o ensino de Química, uma das maneiras mais utilizadas pelos educadores para aproximar o conteúdo do dia a dia seria abordar aspectos socioambientais. Na presente pesquisa, ao trabalhar o conteúdo dos ácidos, considerou essa premissa. Assim, questionamos aos alunos sobre a importância de abordar os fatores sociais e ambientais para favorecer a aprendizagem, obtendo respostas como as exemplificadas a seguir:

Sim, muitos estudantes pensam dessa forma por terem dificuldade no aprendizado da matéria, então acredito que novos meios didáticos atrairiam a atenção de não só jovens estudantes, mas sim de todos. (AP1)

Sim, pois traz uma ideia mais atual e do dia a dia dos alunos. (AR2)

Com certeza quando se sabe por que está estudando a matéria é bom saber pra que serve. (AR7)

Sim. As aulas ficam mais interessantes. (AR8)

As considerações levantadas pelos alunos dialogam com o que é defendido nos PCN (BRASIL, 1999), quando esse documento traz que contextualizar significa assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. A partir das respostas, verificamos que eles só veem sentido em estudar um conteúdo quando há alguma relação com o seu dia a dia. Nesse sentido, afirmaram ainda que a contextualização é essencial para saber o motivo de se aprender algo. Assim, consideramos que os argumentos apresentados vão ao encontro da necessidade de se criar nos alunos uma postura crítica sobre o que lhes é ensinado nas aulas de Química. Isto representa a aplicação dos saberes aprendidos na Escola, na vida individual e em comunidade. Essa postura é essencial para termos na sociedade cidadãos que assumam a postura de protagonismo diante de assuntos relevantes, como é o caso da questão socioambiental aqui abordada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa aqui relatada propôs elaborar e avaliara aplicação de uma SD contextualizada, de modo a construir um produto educacional que pudesse ser utilizado por professores e que contribuísse para o efetivo aprendizado da Química na Escola. Nesta pesquisa, buscamos delinear os passos a serem seguidos, sendo o primeiro a escolha do tema Chuva Ácida. Nesse momento inicial, verificamos que questionamentos simples, como o fato de lacrimejarmos ao cortar cebola,

podem representar uma questão investigativa que levasse a compreender situações cotidianas que afetam diretamente ou indiretamente os alunos e sua qualidade de vida.

Um aspecto importante verificado na aplicação da SD foi que os alunos participantes não foram reduzidos meros expectadores ao longo do processo de ensino. Eles foram provocados e convidados a todo tempo para assumirem uma postura de pesquisadores e protagonistas, debatendo e aprofundando-se naquilo que lhes causavam interesse. Por sua vez, o papel do professor ao longo desse processo foi de atuar como um mediador do conhecimento, motivando os alunos para que o processo de aprendizagem de fato se efetivasse. Contudo, a pesquisa inicial representou apenas um dos momentos para se criar um repertório conceitual. Após isso, é necessário partir para aspectos mais práticos.

Destacamos ainda que trouxemos os experimentos contextualizados que contribuíram para que os alunos pudessem utilizar dos conhecimentos já trabalhados em situações concretas, bem como ampliar sua visão para questões globais que envolvessem o assunto. Após a realização dos experimentos, foi importante avaliar os resultados e constatar que, ao explicar um fenômeno observado durante o experimento, eles utilizaram-se da aplicação de conceitos que haviam aprendido na etapa de pesquisa. Assim, o trabalho desenvolvido demonstrou alcançar resultados positivos a partir da contextualização no ensino de Química, agregando a possibilidade de um aprendizado efetivo, duradouro e que repercute na formação cidadã dos alunos. Verificamos ainda que esta metodologia favoreceu a alfabetização científica, uma vez que a partir da contextualização do conteúdo, eles puderam fazer uso dos conceitos trabalhados nas aulas para explicar algumas das situações observadas em seu dia a dia.

No decorrer deste estudo, aprendemos que SD é uma metodologia que, além de favorecer a alfabetização científica, possibilita a aplicação e o entendimento de conceitos fundamentais, dando a possibilidade de construir competências para a vida cidadã, uma vez que os alunos têm a oportunidade de compreender seu papel na manutenção da qualidade de vida e do meio ambiente saudável. Ao longo desse processo o que se observou foi a ampliação de conhecimentos, que se iniciaram com uma situação problema e, em seguida, foi sendo utilizado para explicar um fenômeno experimental que, por sua vez, permitiu a compreensão da Chuva Ácida, destacando qual o papel do homem (e dos cidadãos, no qual se incluem os alunos) na atuação das causas relacionadas a esse problema socioambiental.

Por fim, destaca-se que este estudo foi desenvolvido no período da pandemia, adequando-se às exigências daquele momento por meio de um ensino híbrido, no qual alguns estudantes acompanharam as aulas de forma presencial e outros remota, por meio do uso das tecnologias digitais da informação e comunicação. Entendemos esses limites, mas avaliamos que muitos

avanços foram possíveis quando os alunos se dispuseram a desbravar uma temática socioambiental que se mostra cada vez mais importante em nossas vidas, considerando que o meio ambiente começa no meio de todos nós, com atitudes que nos permitirão construir o amanhã a partir de nossas atitudes no hoje. Por isso, concluímos manifestando a importância de fomentarmos novas experiências e práticas formativas que mostram o sentido concreto do educar por meio das Ciências a partir dos desafios que nos são postos no chão da sala de aula, onde precisamos dar um sentido real ao porque e para que se aprende Química.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. S.; VIANA, K. S. L. **Atividades experimentais no Ensino de Química: distanciamentos e aproximações da avaliação de quarta geração.** Ciência e Educação, v. 23, n. 2, p. 507-522, 2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Bases Legais.** Brasília: MEC, 1999.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação.** Ijuí, Editora Unijuí, 2000.

G1. **Cetesb confirma que Chuva Ácida atingiu Cubatão após vazamento.** G1 Santos. 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2015/01/cetesb-confirma-que-chuva-acida-atingiu-cubatao-apos-vazamento.html>. Acesso em 02 de dez.2021.

HISING, E.; LINJARDI, F. **Chuva ácida e poluição matam peixes no Rio Pirapó, em Maringá, diz IAP.** G1 Paraná. Maringá. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/chuva-acida-e-poluicao-matam-peixes-no-rio-pirapo-diz-iap.ghtml>. Acesso em 02 de dez.2021.

OLIVEIRA, M. M. de. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

SANTOS, W. L. P. dos; MÓL, G. de S. **Química Cidadã 1º ano Ensino Médio.** 2. ed. São Paulo: Editora AJS, 2013.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: Compromisso com a cidadania.** Ijuí: Ed. Unijuí. 2010, 160 p.

SILVA, S. A. **Elaboração e avaliação de material didático para apoio no ensino de cálculo estequiométrico em um curso técnico de química.** 2015. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

THENÓRIO, I. **Faça chuva ácida em casa!** Manual do Mundo. 2014. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=IEMjO01xm_4. Acesso em 02 de Dez.2021.

THENÓRIO, I. **Por que cebola faz chorar?** Vlog Manual do Mundo. 2014. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=MfIU1w8zP_0&t=4s. Acesso em 30 de Nov.2021.

VIANA, K. S. L. **Avaliação da experiência**: uma perspectiva de avaliação para o ensino das ciências da natureza. 2014. 202 f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

WOLKE, R. L. **O que Einstein disse ao seu cozinheiro**. V. 2, Ed. Zahar, 2005.

ZABALA, A. **A prática Educativa**: Como Ensinar. Porto Alegre, Artmed, 1998.