

Propostas de metodologias ativas incentivadoras da argumentação científica para o ensino remoto de Química

Luiza Dourado Bastos de Oliveira, Leonardo Araujo Silva, Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha, Inês Rosane Welter Zwirter de Oliveira, José Geraldo Rocha Junior e Cristina Maria Barra



O distanciamento social devido à pandemia de COVID-19 exigiu medidas para mitigar o impacto na educação. A busca por metodologias virtuais de ensino baseadas na argumentação científica foi um grande desafio para os professores. Este trabalho apresenta duas metodologias para aplicação no ensino virtual de química no ensino médio, durante e após a pandemia de COVID-19, no âmbito de um projeto de extensão universitário: cruze-linha virtual e aprendizagem adaptativa interativa virtual. As atividades visaram estimular a argumentação científica entre os estudantes a partir de observações do cotidiano. Foram utilizados os aplicativos *Polleverywhere* e *Mentimeter* para a geração de gráficos e imagens em tempo real para estimular os debates. As atividades propostas permitiram abordar a química de forma estimulante em um ambiente de ensino remoto.

► argumentação científica, ensino de química, ensino remoto ◀

Recebido em 30/05/2024; aceito em 16/12/2024

255

Introdução

O ensino remoto emergencial veio como uma alternativa para amenizar os efeitos da pandemia de covid-19 na educação devido ao fechamento das escolas (Barros e Vieira, 2021). A criação de uma sala de aula virtual motivadora para o processo de ensino e aprendizagem e que estimulasse a participação dos estudantes no processo de geração de conhecimento foi um dos grandes desafios a ser superados.

O estudo da química é considerado difícil por muitas pessoas, principalmente pela falta de contextualização dos conceitos com o cotidiano do estudante e pela fragmentação do conteúdo, tornando-o distante da realidade (Bouzon *et al.*, 2018). Além disso, há a limitação dos estudantes em lidar criticamente com questões científicas, devido ao modelo de ensino baseado em fatos e princípios (Ramos *et al.*, 2021). Assim, dentro do contexto da pandemia de covid-19, o ensino de química se tornou ainda mais desafiador.

A sétima competência da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece que os estudantes devem se desenvolver para serem capazes de:

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respei-

tem 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).

A prática da argumentação para o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes é defendida por diversos pesquisadores (Mendonça e Ibraim, 2019; Stroupe, 2015; Ibraim e Justi, 2021). Estes pesquisadores propõem explorar a argumentação em sala de aula por meio da avaliação e discussão de observações, fatos, conceitos ou experiências, para permitir o desenvolvimento de opiniões independentes. Esse cenário de ensino, no qual os estudantes argumentam sobre suas ideias procurando justificá-las, colabora para um melhor entendimento e fixação dos conceitos científicos. De acordo com Ibraim e Justi (2021), aprender a pensar está diretamente ligado a aprender a argumentar, produzindo conhecimento através de situações argumentativas, cultivando uma visão mais ampla. Para Driver *et al.* (2000), discutir e expressar diferentes raciocínios a respeito do conhecimento científico favorece a comunicação tanto oral como escrita. Osborne e Dillon (2010) defendem que a argumentação é uma prática incontestável da ciência, uma vez que as teorias são desenvolvidas a partir de evidências.



Várias são as estratégias na construção do conhecimento com potencial para promover um ambiente argumentativo. Essas estratégias envolvem criar situações investigativas e curiosas para que os estudantes possam levantar questionamentos, analisar hipóteses e discuti-las em busca de conclusões, apresentando evidências e utilizando artifícios (Ferraz e Sasseron, 2017). Ramos *et al.* (2021), por exemplo, elaboraram um texto histórico sobre a teoria das misturas gasosas para ser aplicado no ensino da química, o que possibilitou interações argumentativas e autonomia entre os estudantes, na medida em que foi solicitado o posicionamento deles sobre as ideias apresentadas no texto. Barbosa e Souza (2021) utilizaram o método de Investigação Orientada por Argumentos (IOA), para o ensino de química, realizando aulas experimentais sobre cinética química para o público do ensino médio. Segundo os autores, os estudantes mostraram capacidade de propor hipóteses, analisar os dados gerados, aprender os conceitos científicos, detectar e corrigir erros conceituais.

A prática da argumentação científica em sala de aula quando focada na participação ativa dos estudantes no processo de construção da aprendizagem se caracteriza como uma metodologia ativa de ensino, fugindo do modelo tradicional de ensino, no qual o professor detém todo o conhecimento e os estudantes são meros espectadores (Bacich e Moran, 2018). Segundo Camargo e Daros (2018), as metodologias ativas são um conjunto de atividades estruturadas, acompanhadas pela intencionalidade educativa, no qual os estudantes deixam de ser agentes passivos e passam a ser protagonistas no processo de aprendizagem.

Nesse contexto, este trabalho apresenta duas metodologias ativas que foram empregadas durante e após a pandemia de covid-19 como atividades para o ensino remoto de química, realizadas em um ambiente virtual para estimular a argumentação científica: cruze-linha virtual e aprendizagem adaptativa interativa virtual. Estas metodologias foram desenvolvidas no âmbito do projeto Química em Questão, uma ação de ensino de extensão universitária, que realizou atividades escolares complementares com estudantes do Ensino Médio, em encontros virtuais síncronos, apoiadas pelas escolas participantes. Neste projeto, buscou-se criar um espaço virtual para o exercício da argumentação, visando a aprendizagem de conceitos científicos, o desenvolvimento do pensamento crítico, a melhoria da capacidade de comunicação e a tomada de decisões, utilizando como base observações do cotidiano.

Metodologia

A análise de conteúdo, proposta por Bardin (2011), foi utilizada para interpretar os dados coletados durante

a aplicação das metodologias ativas. Os dados foram organizados, na etapa de pré-análise, incluindo as respostas dos estudantes, discussões mediadas e respostas obtidas por meio das ferramentas digitais. O conjunto de dados (*corpus*) foi delimitado priorizando os registros que evidenciassem elementos de argumentação científica e o engajamento no processo de aprendizagem. Na etapa de exploração do material, os argumentos apresentados pelos estudantes e as perguntas feitas durante os debates foram tomadas como unidades de registro, enquanto as problemáticas propostas como unidades de contexto. Buscou-se agrupar as unidades nas categorias de desenvolvimento do pensamento crítico, aplicação dos conceitos e construção de argumentos. Na etapa de tratamento dos resultados e interpretação foi observado como as atividades impactaram na argumentação, no desenvolvimento do pensamento crítico e na aprendizagem.

Os encontros virtuais foram realizados via *Zoom* e *Google Meet*, com duração de 50 a 60 minutos. Cerca de 15 estudantes participaram de cada encontro. Ao final, para avaliar o aproveitamento, os estudantes responderam a um questionário no *Google Forms*. Os encontros não substituíram as atividades escolares programadas pelos professores, se tratando de atividades de apoio escolar.

Durante a pandemia de covid-19 os encontros virtuais contaram com a participação concomitante de um grupo diversificado de estudantes, ou seja, do 1º ao 3º ano do ensino médio, de escolas particulares e públicas, incluindo estudantes com o ensino médio concluído que estavam se preparando para

o Enem. Nesses encontros foi empregada a metodologia cruze-linha virtual. Após a pandemia, as atividades foram realizadas com um grupo mais homogêneo, envolvendo estudantes de mesma escola pública e série escolar (1º ou 2º anos do Ensino Médio), com a mediação dos professores das escolas participantes. Os encontros virtuais foram realizados no turno da noite, utilizando a metodologia de aprendizagem adaptativa interativa.

Metodologia ativa cruze-linha virtual

A metodologia cruze-linha é uma abordagem ativa que tem potencial para promover a argumentação e encorajar a verbalização do conhecimento (Correia, 2019). O professor desenha uma linha no chão e faz uma pergunta com duas opções de resposta. Os estudantes escolhem um lado da linha de acordo com sua resposta. Após isso, eles apresentam os argumentos que justificam sua posição. Durante a discussão, os estudantes têm a oportunidade de mudar de lado se forem convencidos. No final, o professor apresenta os fundamentos teóricos da questão, capturando a atenção dos estudantes de maneira mais significativa.

Várias são as estratégias na construção do conhecimento com potencial para promover um ambiente argumentativo. Estas estratégias envolvem criar situações investigativas e curiosas para que os estudantes possam levantar questionamentos, analisar hipóteses e discuti-las em busca de conclusões, apresentando evidências e utilizando artifícios

Neste trabalho, a metodologia cruze-linha foi adaptada para ser realizada em formato virtual. Para tal, foram elaboradas apresentações em *Power Point* sobre temas da área da química, contendo questões de múltipla escolha acompanhadas com algum conteúdo teórico. As questões foram inseridas nas apresentações usando o aplicativo *Polleverywhere*, que permitiu a geração de um gráfico em tempo real durante o processo de escolha das alternativas de respostas. Os estudantes puderam alterar as suas escolhas, de acordo com as argumentações dos seus colegas. Essa ferramenta é gratuita e foi utilizada por proporcionar uma dinâmica que se assemelha a uma atividade presencial. O fluxograma das atividades realizadas nos encontros está apresentado na Figura 1.

Neste trabalho, a metodologia cruze-linha foi adaptada para ser realizada em formato virtual. Para tal, foram elaboradas apresentações em *Power Point* sobre temas da área da química, contendo questões de múltipla escolha acompanhadas com algum conteúdo teórico. As questões foram inseridas nas apresentações usando o aplicativo *Polleverywhere*, que permitiu a geração de um gráfico em tempo real durante o processo de escolha das alternativas de respostas.

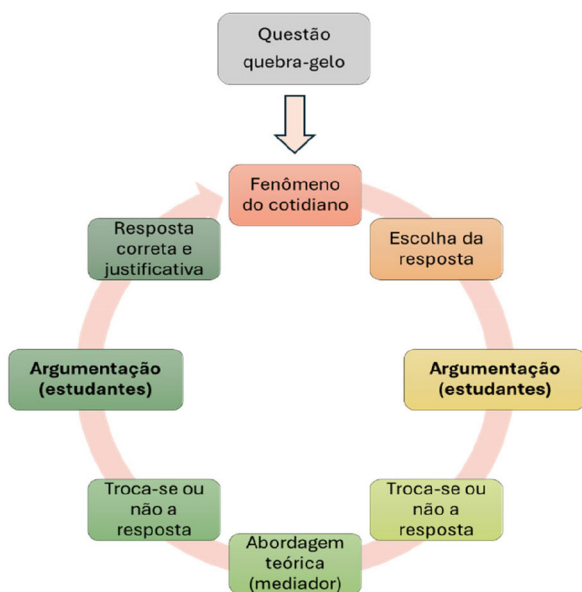


Figura 1: Fluxograma geral da metodologia cruze-linha virtual empregada na pandemia de covid-19.

As apresentações foram iniciadas com uma pergunta envolvendo um fato curioso, relacionado ou não à área de química, buscando promover um ambiente de descontração entre os participantes (quebra-gelo) e identificar se todos os participantes conseguiam acessar o link do *Polleverywhere* e realizar a votação. Em seguida, foi apresentado algum fenômeno do cotidiano com uma questão e os estudantes escolheram a resposta que julgavam ser a correta, sem orientação do mediador (um professor ou um membro da equipe do projeto). O fenômeno do cotidiano apresentado foi a higienização das mãos, pois durante a pandemia de covid-19 a população estava sendo frequentemente alertada sobre a importância desta medida para a prevenção contra a infecção viral. Destacou-se a importância do uso de sabão

ou do álcool etílico 70% e os estudantes foram convidados a refletir sobre como eles atuam na eliminação de gorduras e microrganismos. Tal abordagem contextualizou o conceito de interações intermoleculares e reforçou a conscientização sobre práticas de higiene pessoal.

Posteriormente, os estudantes argumentaram sobre as suas escolhas e puderam trocar suas respostas, quando convencidos. Na sequência, o mediador fez uma breve abordagem teórica sobre o assunto e os estudantes puderam mudar sua escolha mais uma vez. Os estudantes puderam argumentar suas escolhas para convencer os seus colegas a mudarem suas respostas. Finalmente, o mediador mostrou a resposta correta com a devida justificativa. O processo foi repetido para as outras questões envolvendo o mesmo tema. Ao final do encontro, para a avaliação do aprendizado, os estudantes responderam a seguinte questão: Como o sabão atua na eliminação de gorduras?

Metodologia de aprendizagem adaptativa interativa virtual

Após a pandemia de covid-19, buscou-se empregar uma metodologia de aprendizagem adaptativa interativa virtual. Esta metodologia combinou os princípios da aprendizagem adaptativa, que ajusta o conteúdo às necessidades individuais dos estudantes (Aires e Pilatti, 2016), e da aprendizagem interativa, que promove engajamento por meio de debates e trocas de ideias (Witter, 2001). O raciocínio acerca dos temas passou a ser construído aos poucos pelos próprios estudantes por meio de debates. Os questionamentos foram realizados e respondidos a todo momento, de modo dinâmico, para que os estudantes desenvolvessem seus argumentos e apresentassem seus conhecimentos prévios e questionamentos.

O tema escolhido para esta atividade foi “reações de oxidação-redução”, com enfoque em corrosão, por se tratar de um tema abrangente e desafiador para professores e, geralmente, de difícil compreensão entre os estudantes (Sanjuan *et al.*, 2009). O fluxograma das atividades realizadas nestes encontros está apresentado na Figura 2. Os conteúdos sobre transferência de elétrons, reações de oxirredução e pilhas foram adaptados conforme as séries escolares, valorizando contribuições e curiosidades dos estudantes. Embora houvesse um plano pré-estabelecido, os encontros fluíram conforme necessidades e argumentações dos participantes.

A primeira atividade realizada foi a construção de uma nuvem de palavras, na plataforma *Mentimeter*. Os estudantes escreveram palavras ou expressões que eles associavam ao termo “oxirredução”. A atividade teve o intuito de investigar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema com uma ferramenta visual. Nessa nuvem, o aumento do tamanho da palavra sinaliza uma maior quantidade relativa de vezes em

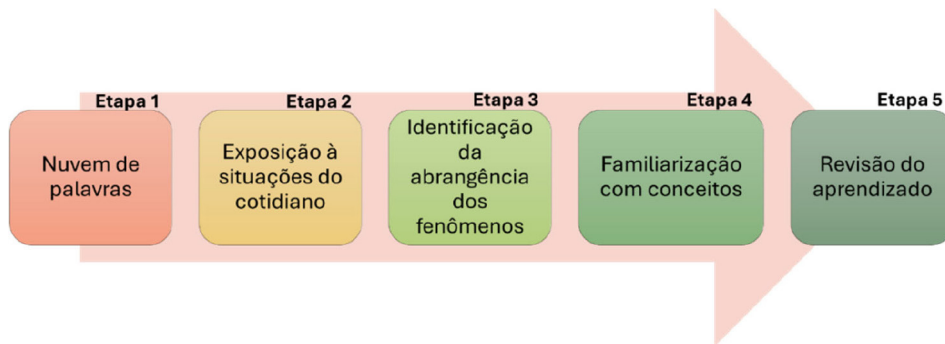


Figura 2: Fluxograma geral da metodologia de aprendizagem adaptativa interativa virtual empregada nos encontros após a pandemia de covid-19

que ela foi escrita, indicando uma maior associação entre a palavra, ou expressão, ao tema trabalhado, na visão dos estudantes.

A segunda atividade foi a exposição de uma situação do cotidiano. Foram dispostas sete imagens de materiais metálicos, oxidados e não oxidados (Figura 3), para que os estudantes apontassem em qual grupo eles as encaixavam, com suas justificativas.



Figura 3: Materiais metálicos oxidados e não oxidados.

A terceira atividade teve como objetivo identificar os limites nos quais os fenômenos observados ocorrem, ou seja, quais fatores favorecem ou desfavorecem o fenômeno. Os estudantes foram indagados pelas questões “Só os metais se oxidam?” e “Esse fenômeno só acontece se houver oxigênio envolvido?”, permitindo observar seus conhecimentos prévios, instigando-os a discutir entre eles.

A quarta atividade teve como objetivo promover a familiarização com alguns conceitos de química a partir dos conhecimentos que os estudantes já possuíam. Neste caso, foi indagado se as palavras “oxirredução, oxidação, corrosão e ferrugem” têm algo em comum e, caso tivessem, o que seria. Dessa forma, foi observado a forma como os estudantes argumentavam e aplicavam os termos científicos.

A quinta atividade foi o preenchimento, sob tutela do mediador do encontro, de um breve formulário elaborado no *Google Forms*. O objetivo foi rediscutir algumas questões apresentadas no encontro, colaborando para a consolidação dos conhecimentos, expondo novas situações do cotidiano, aproveitando o que foi construído nas etapas anteriores. O formulário foi acompanhado com imagens da Estátua da

Liberdade, destacando sua evolução de cores ao longo do tempo, desde a sua inauguração. A curiosidade intrigante que foi compartilhada com os estudantes: que nem sempre a estátua apresentou a coloração esverdeada como atualmente é conhecida, e isso está diretamente ligado ao que foi abordado no encontro virtual.

Resultados e discussão

Metodologia ativa cruze-linha virtual

A realização do quebra-gelo (Figura 4) foi importante para aumentar a interação entre os estudantes e a equipe organizadora, especialmente porque os estudantes não tinham um vínculo social prévio. Os estudantes, contudo, se mostraram mais interessados em saber se o termo correto seria “bolacha” ou “biscoito” (Figura 4, na alternativa B) do que conhecer a resposta correta o que, da mesma forma, ajudou a tornar o encontro mais descontraído de modo que o quebra-gelo cumpriu o seu objetivo.

A estrutura química do benzeno foi proposta pelo químico Kekulé (1865). De onde veio sua inspiração?

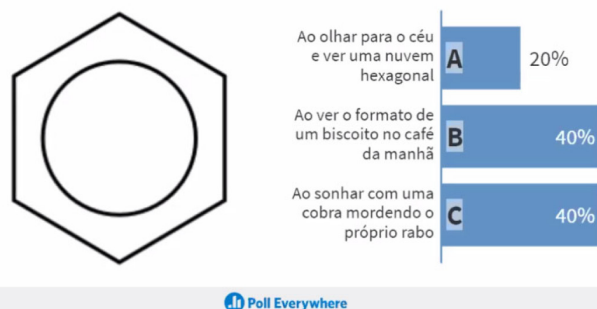


Figura 4: Questão quebra-gelo e porcentagem de votos em cada alternativa. Resposta correta: C.

Após a votação o mediador expôs a alternativa correta, relatando brevemente a proposta do químico alemão Friedrich August Kekulé para a estrutura do benzeno, e seu sonho inspirador (Caramori, 2009). Após o quebra-gelo, uma questão de química foi apresentada e os estudantes escolheram uma resposta, inicialmente, sem qualquer discussão (Figura 5). Essa etapa foi importante para verificar

o conhecimento dos estudantes sobre o assunto, bem como colocá-los em uma posição de protagonistas do processo de aprendizagem.

Como o sabão atua na eliminação de vírus?

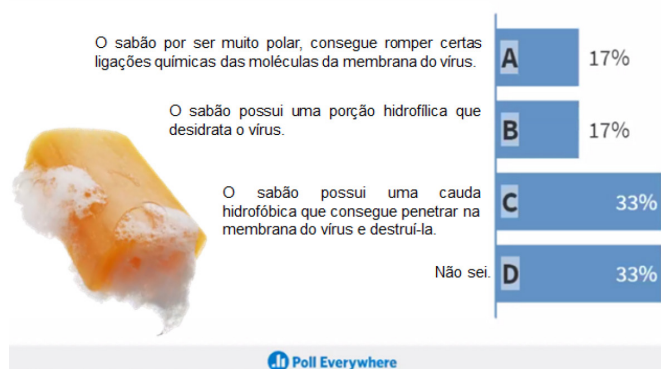


Figura 5: Questão de química e porcentagem de votos obtidos durante a votação sem a discussão. Resposta correta: C.

Os estudantes preferiram não argumentar a escolha do seu voto neste momento. O uso de termos como “hidrofóbica”, “hidrofílica” e “membrana” provavelmente dificultou a compreensão e as argumentações. Em seguida, foi apresentada uma breve explanação sobre polaridade, hidrofiliidade/hidrofobicidade, estrutura química do sabão e de membranas presentes em vírus como o coronavírus. Foi informado aos estudantes que poderiam alterar seus votos com base na apresentação. Neste momento, observou-se que o gráfico de barras da Figura 5 foi alterado, para 25% dos votos na alternativa A e 75% na alternativa C. Essa mudança indicou que os estudantes conseguiram aplicar os conteúdos de química apresentados na resolução da questão.

O mediador provocou os estudantes a apresentarem seus argumentos em favor da alternativa escolhida, de forma a convencer os estudantes que votaram na alternativa diferente a alterarem seus votos. Houve a manifestação: “Votei na A com um pé atrás. Posso ter entendido errado, mas hidrofóbico é o que tem aversão à água, o sabão interage com a água, então... Fui na A”. Embora a opção escolhida pela estudante foi incorreta, o argumento dado apresentou elementos corretos, exceto pelo fato de que o sabão também interage com a membrana, evidenciando a construção do processo de aprendizagem. Após o debate, o mediador informou que os participantes poderiam ainda alterar suas alternativas, caso tivessem sido convencidos pelo argumento de algum colega. As mudanças de votos após a justificativa dada pelos estudantes evidenciam que houve argumentação. O mediador prosseguiu expondo a resolução da questão.

Um vídeo foi utilizado para mostrar a atuação do sabão na eliminação do coronavírus (RCSBProteinDataBank, 2020). Através do vídeo, também foi possível mostrar a interação da molécula de sabão com a membrana do vírus e a formação de micelas. Os estudantes reagiram com as frases: “Incrível!”; “A parte polar do sabão se junta à parte polar do vírus fazendo com que ele se desfaça, certo?”; “O sabão meio que

cria um gancho para puxar o lipídeo”. Estes comentários e o questionamento do estudante ao tutor para validar uma ideia da interação do sabão com o vírus demonstra a construção de um processo de aprendizagem. Isso também fica evidente no final do encontro, quando uma estudante indagou se a atuação do álcool na eliminação do coronavírus era semelhante a do sabão. A estrutura química do etanol e do sabão foram comparadas buscando identificar porções polares e apolares nas moléculas para induzir a estudante à resposta correta. Esta foi a oportunidade de introduzir a segunda questão do encontro virtual que abordava a adulteração da gasolina com etanol. Ao final do encontro os estudantes registraram suas explicações sobre como o sabão atua na eliminação de gorduras, conforme relatado a seguir:

Estudante 1: “O sabão é anfipático, então, a parte polar se mistura na água e a apolar se junta na gordura, que também é apolar e elimina, já que são iguais”.

Estudante 2: “O sabão tem a sua parte apolar que interage com a gordura removendo-a da superfície, como, por exemplo, pratos, panelas, etc”.

Estudante 3: “No ato de lavar algo, o sabão liga a sua parte polar à água e a apolar à gordura formando assim uma mistura”.

Estudante 4: “Pelo mesmo princípio da remoção da membrana do vírus, a parte apolar se liga à membrana removendo-a, enquanto a parte polar se liga à água”.

A metodologia ativa cruze-linha virtual foi uma ferramenta que se mostrou eficaz em verificar as mudanças de percepção dos estudantes através das argumentações e conhecimentos discutidos. Contudo, eles tiveram que argumentar a opção escolhida, dentre as que foram apresentadas, sabendo que apenas uma das respostas seria a correta. Isto parece ter restringido, em parte, as argumentações que poderiam ser apresentadas pelos estudantes e as manifestações de outros saberes e curiosidades sobre o assunto.

Metodologia de aprendizagem adaptativa interativa virtual

A Figura 6 mostra as nuvens de palavras geradas para uma turma do 1º e outra do 2º ano do ensino médio. Os estudantes do 1º ano escreveram palavras associadas à corrosão ou desgaste de materiais conhecidos (ferrugem, metal, desgaste, garfo enferrujado, panela velha etc.), acompanhadas de palavras genéricas no contexto da química (substâncias, energia, hidrogênio, elemento químico etc.). Nas falas dos estudantes, destacadas a seguir, o tema foi bastante associado a pilhas e baterias, que são aplicações comuns das reações de oxirredução, e aos problemas que provocam em materiais: “Para mim oxirredução é um fenômeno químico em que há produção de energia elétrica, a partir de ocorrências de oxidação e redução de várias espécies químicas”; “Já havia visto. É que gera pilhas e baterias”; “Manutenção, pois sem ela tudo estraga”.

Entre os estudantes do 2º ano a associação com observações do cotidiano se deu principalmente com o termo “ferrugem”, bastante citado. Os estudantes parecem ter dado maior ênfase às reações químicas, de um modo geral, do que

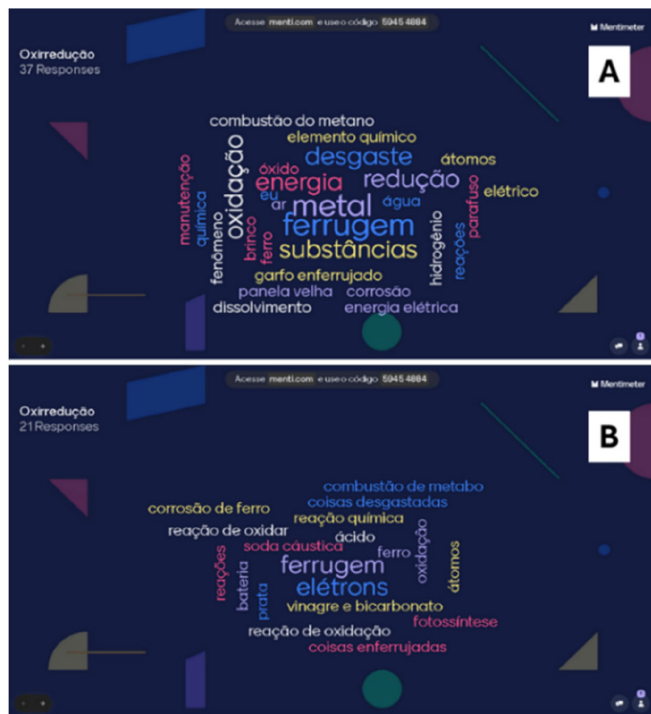


Figura 6: Nuvem de palavras produzidas por uma turma de 1º ano (A) e 2º ano (B).

260

uma reação específica associada ao termo “oxirredução”, chegando a agrupar as palavras “vinagre e bicarbonato”, que envolve uma típica reação ácido-base, talvez pelos estudos recentes sobre o tema em sala de aula. Houve também o uso da palavra “fotossíntese”, demonstrando que o termo não foi associado apenas às reações redox que ocorrem em superfícies metálicas.

Na segunda etapa, foram abordados processos químicos que podem ser observados no nosso cotidiano, em materiais apresentados na Figura 3. Os principais argumentos para a definição dos materiais oxidados e não oxidados entre os estudantes do 1º ano se basearam na mudança de cor, formação de manchas azuis, desgaste do material, brilho, textura diferentes e aspectos envelhecido e enferrujado. Houve muitos questionamentos sobre o assunto nesse momento, o que é desejado em metodologias ativas. Um dos questionamentos que surgiu nessa atividade foi “os que sofrem esse processo são o cobre, ferro e aço?” Alguns estudantes desta série escolar classificaram o fio de cobre (imagem 7, da Figura 3) como um material oxidado devido à coloração diferente em relação aos outros materiais não oxidados. Os estudantes do 2º ano procuraram diferenciar os materiais usando argumentos baseados em corrosão, deterioração, cor e brilho mais opaco dos materiais oxidados.

Tomando como base o modelo de Toulmin (Sá *et al.*,

Os principais argumentos para a definição dos materiais oxidados e não oxidados entre os estudantes do 1º ano se basearam na mudança de cor, formação de manchas azuis, desgaste do material, brilho, textura diferentes e aspectos envelhecido e enferrujado. Houve muitos questionamentos sobre o assunto nesse momento, o que é desejado em metodologias ativas.

2014), que identifica os elementos centrais de um argumento (dados, conclusão, justificativa, qualificadores, reservas e fundamentos de apoio), ficou evidenciado que houve argumentação na terceira etapa da metodologia. Ao serem questionados se “somente metais oxidam?”, por exemplo, um estudante afirmou: “Eu acho que, se tivesse uma câmara sem oxigênio, o metal não sofreria o processo de oxidação.” Neste caso, o estudante utilizou como um dado (evidência) a ausência de oxigênio como fator crítico para a oxidação e concluiu que o metal não se oxidaria na ausência de oxigênio. A justificativa pareceu estar baseada na associação comum entre oxidação e a presença de oxigênio. O qualificador da argumentação foi o uso da expressão “eu acho”, que indica alguma incerteza e sugere que o argumento está em desenvolvimento. Por, aparentemente, não considerar que reações de oxirredução podem ocorrer sem oxigênio, o estudante demonstrou uma reserva. Essa análise evidencia a construção de uma argumentação que, embora limitada, reflete a interação entre os conhecimentos prévios do estudante e as atividades propostas.

Durante a argumentação, os estudantes das duas séries escolares destacaram casos envolvendo reações de oxirredução diferentes dos observados em superfícies metálicas, como a fotossíntese e a combustão da madeira. Frequentemente, os estudantes perguntavam “o que é o aço-inox?” e se ele “é realmente inoxidável?”, tentando associar o que estava sendo abordado com aquilo que já conheciam. Nesse momento, eles passaram a compreender que reações de oxirredução ocorrem naturalmente, mas que existem formas de retardá-las.

Na quarta etapa do encontro se observou que alguns conceitos apresentados pelos estudantes ao longo do debate estavam confusos. Buscou-se a colaboração do mediador do encontro para auxiliar os estudantes na associação das “expressões soltas” que eles apresentaram nos debates, com termos ou fenômenos científicos. Também houve a preocupação por parte dos estudantes com aspectos ambientais

e sociais relacionados ao tema, por meio de um questionamento apresentado por eles: “Isso acaba afetando o meio ambiente ou a saúde?”

Na quinta etapa, ao apresentar o caso da Estátua da Liberdade e a sua mudança de coloração com o tempo, houve surpresa entre os estudantes ao descobrirem que a estátua apresentava, inicialmente, uma coloração castanho-avermelhado e que a

mudança de cor não se deu por meio de pintura. O resultado foi positivo, pois puderam explicar com entusiasmo este fenômeno, após o debate, empregando os conceitos de oxidação-redução. Contudo, as respostas dadas no questionário foram superficiais e pouco justificadas (Quadro 1), se comparadas às respostas e argumentos apresentados nas falas dos estudantes durante o encontro.

Quadro 1: Questionário proposto na conclusão da atividade e algumas respostas dos estudantes.

1) O que houve na transformação da cor da Estátua da Liberdade, ou seja, quais mudanças ocorreram? (Características) Respostas 1º Ano: “A oxirredução do cobre. Por isso que ficou verde”; “Oxidação do cobre que deu essa tonalidade verde”; “Sua coloração mudou, por causa do ferro e cobre”; “Ocorreu um processo de oxirredução. a coloração da estátua com o decorrer do tempo foi mudando”; “Eu acho que com o passar do tempo e a poluição o cobre da estátua oxidou”; “O cobre sofreu a oxidação”. 2º Ano: “A estátua da liberdade mudou de cor por causa da oxidação”; “A perda da cor original é a perda de elétrons”; “Ao decorrer do anos o cobre (Metal) foi se oxidando, ou seja, perdeu elétrons, fazendo uma reação de oxidação nele”; “A estátua sofreu oxirredução”.
2) Em que condições essa transformação ocorreu, ou seja, o que causou esse fenômeno? Respostas 1º Ano: “O cobre sendo exposto por muitos anos debaixo de sol e chuva” “O metal da estátua perdeu elétrons, no caso, quando ocorre o processo de oxirredução ele perde elétrons”; “A exposição ao ar e umidade”; “Por causa do oxigênio, água e substâncias no ar” “A chuva e o vento” 2º Ano: “A perda de elétrons para outro elemento”; “A perda de elétrons”; “A oxidação.”
3) O que favoreceu (acelerou) esse processo? Respostas 1º Ano: “A água e o oxigênio”; “A erosão da água do mar e a exposição ao oxigênio”; “Em ela estar no tempo sem nenhuma proteção, em contato direto com o ar, com a chuva e o sol”. 2º Ano: “Eu acho que foi por que a estátua ficou exposto ao ar livre”; “O contato com o meio ambiente e o contato com outro metal o ferro”; “Ser deixar exposta e contato com outras coisas/substâncias”.
4) Essa transformação pode: a) ser evitada b) somente retardada (torná-la lenta) Justifique sua escolha. Respostas 1º Ano: “Eu acho que somente retardadas”; “Retardada”; “Essa transformação pode ser evitada”; “Acho sim, pintar que iria reduzir mais”; “Sim, lixando e cuidando”; “Eu acho que pode ser retardado, por que o oxigênio tem água, é eu acho impossível manter o ferro e o cobre longe do oxigênio”. 2º Ano: “Ser retardada”; “Pode sim ser evitado; “Somente retardará porque é um evento natural”; “B) por que não tem como evitar a oxidação”; “Acho que dá pra ser evitada. Acho que lixando já que tira a camada que sofre mudança”.
5) Qual dos procedimentos abaixo é mais eficaz para a proteção do metal contra essa transformação? Defenda sua escolha justificando.

O aumento da participação dos estudantes nas atividades utilizando esta metodologia, em comparação à metodologia cruze-linha virtual, foi notável. Uma explicação provável

reside na formulação das questões, que foram apresentadas sem opções de resposta predefinidas. Em vez disso, eles foram incentivados a desenvolver suas respostas a partir de seu conhecimento prévio, o que pode ter promovido um maior engajamento dos estudantes. Contudo, vale ressaltar que no período pós-pandemia de covid-19 as atividades foram realizadas com estudantes de mesma escola e série escolar, de modo que o vínculo pré-existente entre eles pode ter sido um fator incentivador na fala. Além disso, houve a presença e o incentivo do professor destes estudantes nos encontros, que pode ter estimulado uma participação mais ativa.

Evidências da prática da argumentação

Considerando as manifestações dos estudantes, as duas metodologias propostas promoveram a reflexão, a construção de conhecimento, a realização de atividades discursivas e a tomada de decisões pelos diálogos estabelecidos com outros, bem como a partilha e a sustentação de conhecimentos para angariar aliados para um determinado ponto de vista, seja na busca pelo convencimento, pela exposição de ideia ou pela fundamentação justificada de um novo conhecimento, caracterizando a prática da atividade argumentativa (Leitão, 2011).

O uso das ferramentas virtuais (*Polleverywhere* e *Mentimeter*) permitiu a participação imediata dos estudantes nas atividades, na medida em que eles deram suas contribuições para ver como suas respostas influenciavam nos gráficos exibidos. Essas ferramentas aliadas às metodologias propostas e à exibição constante de imagens contendo alguns fenômenos observados no cotidiano estimularam os estudantes no compartilhamento de seus conhecimentos, tanto por possuírem algum conhecimento prévio sobre os fenômenos observados como por perceberem que suas respostas não eram, a princípio, tão diferentes dos colegas, colocando-os em uma posição confortável, estimulando a argumentação. A prática da argumentação aliada à mediação do tutor, apresentando conceitos e instigando os estudantes, reforçou a aprendizagem, corroborando a conclusão de Jiménez-Aleixandre e Broco (2015), que não basta só argumentar, e, sim, estimular através da argumentação, o ensino formal de química.

A metodologia ativa cruze-linha virtual apresentou como principal característica a exploração do sentimento de competitividade entre os estudantes como uma ferramenta para estimular a argumentação científica, na medida em que eles se sentiram desafiados a convencer seus colegas a mudarem de opinião para aumentar o número de votos na alternativa que eles acreditavam ser a correta. Este desafio foi apresentado de forma implícita ao se exibir os gráficos gerados pela ferramenta *Polleverywhere* (que contabilizou os votos em tempo real), permitindo os estudantes observarem seus argumentos aumentando ou diminuindo o número de votos, proporcionando um ambiente dinâmico e interativo. A metodologia de aprendizagem adaptativa interativa virtual, por outro lado, buscou estimular a argumentação por meio de debates mais colaborativos e dinâmicos sem buscar, a princípio, uma resposta correta, valorizando as reflexões dos

estudantes, seus conhecimentos prévios e questionamentos. A nuvem de palavras produzida pelo aplicativo *Mentimeter*, utilizado nesta metodologia, foi uma das estratégias utilizadas para sinalizar que todo conhecimento é válido, criando um ambiente propício ao diálogo e à construção de raciocínios científicos.

Conclusão

As metodologias ativas *cruze-linha virtual* e de *aprendizagem adaptativa interativa virtual* contribuíram para estimular o exercício da argumentação científica entre os estudantes. Os aplicativos *Polleverywhere* e *Mentimeter* desempenharam um papel importante para tornar o ambiente dinâmico e interativo. Ambas as metodologias demonstraram que, mesmo em um cenário de ensino remoto, é possível criar um ambiente motivador e estimulante para o aprendizado da química.

Referências

- AIRES, J. A. e PILATTI, L. A. Aprendizagem significativa por meio do ensino adaptativo. *Revista Espacios*, v. 37, n. 29, p. 18, 2016.
- BACICH, L. e MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso Editora, 2018.
- BARBOSA, S. M. e SOUZA, N. S. Investigação Orientada por Argumentos no Ensino de Química de Nível Médio: uma proposta em cinética. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 1, p. 74-85, 2021.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARROS, F. C. e VIEIRA, D. A. P. Os desafios da educação no período de pandemia. *Brazilian Journal of Development*, v. 1, capítulo 10, p. 173-197, 2021.
- BOUZON, J. D.; BRANDÃO, J. B.; SANTOS, T. C. e CHRISPINO, A. O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro: uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 3, p. 214-225, 2018.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- CAMARGO, F. e DAROS, T. *A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo*. Porto Alegre: Penso Editora, 2018.
- CARAMORI, G. F. e OLIVEIRA, K. T. D. Aromaticidade: evolução histórica do conceito e critérios quantitativos. *Química Nova*, v. 32, n. 7, p. 1871-1884, 2009.
- CORREIA, J. A. Talk show sobre metodologias ativas em anatomia - Prof. João Antônio Correia. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JFkCRtw9bJo>, acesso em jul. de 2020.
- DRIVER, R.; NEWTON, P. e OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.
- FERRAZ, A. T. e SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, e2658, 2017.
- IBRAIM, S. S. e JUSTI, R. Contribuições de ações favoráveis

Luiza Dourado Bastos de Oliveira (luizadouradobo@gmail.com) é graduanda em Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica-RJ, Brasil. **Leonardo Araujo Silva** (leonardoaraujo1985@gmail.com) é doutor em Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Atualmente é professor da rede estadual de educação do Rio de Janeiro, vinculado ao CIEP 156 Dr. Albert Sabin, Seropédica-RJ, Brasil. **Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha** (sheisi@msn.com) é doutora em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é professora adjunta do departamento de Química Analítica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DQA/UFRRJ), Seropédica-RJ, Brasil. **Inês Rosane Welter Zwirter de Oliveira** (inesrz1@yahoo.com.br) é doutora em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é professora associada do departamento de Química Analítica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DQA/UFRRJ), Seropédica-RJ, Brasil. **José Geraldo Rocha Junior** (geraldorocha@ufrrj.br) é doutor em Química pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é professor associado do departamento de Química Analítica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DQA/UFRRJ), Seropédica-RJ, Brasil. **Cristina Maria Barra** (crismabarra@gmail.com) é doutora em Química pela Universidade Federal Fluminense. Atualmente é professora associada do departamento de Química Analítica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DQA/UFRRJ), Seropédica-RJ, Brasil.

ao ensino envolvendo argumentação para a inserção de estudantes na prática científica de argumentar. *Química Nova na Escola*, v. 43, p. 16-28, 2021.

JIMÉNEZ-ALEXANDRE, M. P. e BROCO, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. *Revista Ensaio*, v. 17, n. especial, p. 139-159, 2015.

LEITÃO, S. O lugar da argumentação na construção do conhecimento. In: LEITÃO, S. e DAMIANOVIC, M. C. (Ed.). *Argumentação na escola: o conhecimento em construção*. Campinas: Pontes, 2011.

MENDONÇA, P. C. C. e IBRAIM, S. S. Argumentação no ensino de química. In: MALDANER, O. A.; MACHADO, P. F. L.; SANTOS, W. L. P. (Org.). 2ª ed. Ijuí: Unijuí, 2019. p. 217-235.

MIRANDA, A. J. A.; SILVA, A. L. P. e SÁ-SILVA, J. R. Corrosão no ensino de Química: uma análise dos artigos publicados em Química Nova na Escola. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 4, p. 322-329, 2020.

OSBORNE, J. e DILLON, J. How science works: what is the nature of scientific reasoning and what do we know about students' understanding? In: OSBORNE, J. e DILLON, J. (Ed.). *Good Practice in Science Teaching: what research has to say*. New York: Openup, 2010.

RAMOS, T. C.; MENDONÇA, P. C. C. e MOZZER, N. B. Interações Argumentativas no Ensino de Química a partir de um texto histórico. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 1, p. 51-61, 2021.

RCSBProteinDataBank. *Combatendo o Coronavírus com sabão*. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=s2EVlqql_f8, acesso em jun. de 2020.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C. e QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, n. 3, p. 147-170, 2014.

SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; SILVA, A. F. A. e WARTHA, E. J. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.

STROUPE, D. Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic

agency and learn science-as-practice. *Science Education*, v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014.

STROUPE, D. Describing “science practice” in learning

settings. *Science Education*, v. 99, n. 6, p. 1033-1040, 2015.

WITTER, G. P. Estratégias para aprendizagem interativa. *Psico-USF*, v. 6, n. 1, p. 77-78, 2001.

Abstract: *Proposals for active methodologies that encourage scientific argumentation for remote Chemistry teaching.* Social distancing due to the covid-19 pandemic required measures to mitigate the impact on education. The search for virtual teaching methodologies based on scientific argumentation was a great challenge for teachers. This paper presents two methodologies for application in the virtual teaching of chemistry in high school, during and after the covid-19 pandemic, within the scope of a university extension project: virtual line-crossing and adaptive interactive virtual learning. The activities aimed to stimulate scientific argumentation among students based on observations of everyday life. The Polleverywhere and Mentimeter applications were used to generate graphs and images in real time to stimulate debates. The proposed activities allowed to approach chemistry in a stimulating way in a remote teaching environment.

Keywords: scientific argumentation, chemistry teaching, remote teaching