



Práticas Epistêmicas no Ensino Remoto Emergencial: Desenvolvendo o Conhecimento Conceitual no Estudo da Chama

Luciana Nami Kadooca ^{ID} • Ana Luiza de Quadros ^{ID}

Resumo

Inserir as práticas epistêmicas nas aulas de Ciências tem sido defendido como uma possibilidade de promoção de aprendizagens mais amplas que incluem o conhecimento conceitual e o entendimento de como esse conhecimento é construído. Neste trabalho, objetivamos analisar a evolução de hipóteses construídas por estudantes do Ensino Fundamental ao longo de atividades realizadas durante o ensino remoto emergencial e a forma como essas atividades auxiliaram no entendimento dos conceitos envolvidos no estudo da chama. Para isso, desenvolvemos um conjunto de aulas nas quais o vídeo foi o modo semiótico mais explorado. A produção de dados se deu com base nas aulas síncronas gravadas em vídeo e nos formulários preenchidos pelos estudantes nas aulas assíncronas. Na análise, levamos em conta as manifestações dos estudantes durante as aulas síncronas e as respostas aos formulários, com foco principalmente nas práticas epistêmicas de fazer previsões e de elaborar hipóteses, considerando categorias presentes na literatura. Observamos um grande envolvimento dos aprendizes durante as discussões síncronas e nas atividades assíncronas. Além disso, ao explorarmos a elaboração de previsões e hipóteses para fenômenos relacionados à combustão, foram potencializadas a significação e a apropriação conceitual, possibilitando que os aprendizes pensassem cientificamente sobre fenômenos do contexto.

Palavras-chave PREVISÕES E HIPÓTESES • ENSINO DE CIÊNCIAS • ENSINO REMOTO • COMBUSTÃO

Epistemic Practices in Emergency Remote Teaching: Developing Conceptual Knowledge in the Study of Flames

Abstract

Incorporating epistemic practices into scientific curricula has been justified as a way to encourage more comprehensive learning, which includes conceptual comprehension and an awareness of how knowledge is created. This study explores the development of hypotheses created by primary school pupils in conjunction with emergency remote teaching activities and how they aid in the comprehension of ideas linked to the study of flames. To do this, we created a group of classrooms where the video was the most extensively researched semiotic mode. The creation of the data was based on the video recordings of the synchronous classes and the forms that the asynchronous class students had to fill out. The study, which focused primarily on the evolution of the hypothesis put out during the sessions while taking into account categories found in the literature, also included both the students' arguments during synchronous classes and their responses to the forms. We observed a great involvement of the students in both synchronous and asynchronous activities. Additionally, when we investigated the development of hypotheses and predictions for combustion-related phenomena, the significance and conceptual appropriation were potentialized, enabling the students to approach the phenomena of the setting from a scientific perspective.

Keywords PREDICTIONS AND HYPOTHESES • SCIENCE TEACHING • REMOTE TEACHING • COMBUSTION

Introdução

Diversos autores (Sasseron & Duschl, 2016; A. Silva, 2015) têm dado destaque ao ensino que promove a discussão e a interação entre os sujeitos, não apenas com os conhecimentos científicos em questão, mas também com os processos científicos e as práticas epistêmicas. Essas práticas, que envolvem a maneira com que membros de uma comunidade constroem, comunicam, justificam e legitimam o conhecimento (Kelly, 2008), podem promover, nas aulas de Ciências, tanto a aprendizagem conceitual quanto o entendimento mais amplo de como esse conhecimento foi construído.

Durante o período de pandemia (~2020–2021) provocada pela rápida disseminação do novo coronavírus (SARS-CoV-2), as aulas presenciais foram suspensas, sendo implementado temporariamente o Ensino Remoto Emergencial (ERE), de modo a dar continuidade de forma segura às atividades regulares de ensino por meio de atividades *online*. Diferentemente do ensino a distância, o ERE envolveu todas as instituições de ensino e todos os estudantes e professores, e nem sempre deu possibilidade a uma preparação prévia das aulas. As aulas passaram a ser organizadas de forma síncrona, com interação em tempo real em dias/horários previamente definidos, e assíncrona, na qual os estudantes poderiam realizar as atividades no seu tempo e sem o acompanhamento direto do professor. Sabíamos que no contexto virtual a tendência era que as interações verbais fossem reduzidas, em função das atividades assíncronas e do possível “estranhamento” dos estudantes com esse ambiente virtual.

Diante desse quadro, ficou patente que as práticas epistêmicas, que consideram a comunicação entre os pares para justificar, legitimar e construir conhecimento, durante o período de ERE exigiriam estratégias mais elaboradas para envolver os estudantes e produzir aprendizagens. Assim sendo, além dos desafios próprios do ERE, nosso maior desafio estava relacionado ao desenvolvimento de práticas epistêmicas com estudantes do oitavo ano do Ensino Fundamental em um ambiente no qual a interação verbal tende a ser menor. Optamos por organizar a maioria das atividades a partir de vídeos, por considerarmos que essa ferramenta poderia auxiliar no engajamento/envolvimento dos estudantes nas aulas síncronas e assíncronas. Essas atividades tiveram como foco o desenvolvimento de algumas práticas epistêmicas durante a troca de ideias em questionários e em fóruns de discussão — ambos assíncronos — e nas interações que ocorreram nas aulas síncronas.

Neste trabalho, a partir das previsões iniciais dos estudantes para um fenômeno, analisamos a evolução das hipóteses construídas ao longo das aulas e os conhecimentos conceituais oriundos do envolvimento com as práticas epistêmicas. Para isso nos propomos a responder à seguinte questão: as práticas epistêmicas oferecem contribuições significativas, em termos de apropriação conceitual, durante as aulas remotas desenvolvidas com estudantes do Ensino Fundamental no período do ERE?

As práticas epistêmicas e o Ensino de Ciências

Dentre os propósitos do ensino de Ciências, segundo diretrizes especificadas em documentos oficiais (MEC, 2000; 2018), estão, além do entendimento de conhecimentos científicos, a compreensão da atividade científica, suas práticas, produtos e procedimentos (Ferraz & Sasseron, 2017). Nesse sentido, o ensino de Ciências tem sido defendido (Duschl, 2008) como um espaço/tempo no qual é possível integrar os aspectos conceituais, epistêmicos, sociais e culturais da prática científica.

Estudos (Kelly & Licona, 2018; Sasseron & Duschl, 2016) têm destacado o fato de a aprendizagem em Ciências ocorrer por meio da participação, socialização e engajamento dos estudantes em práticas epistêmicas, possibilitando discussões significativas de conceitos e procedimentos científicos, além do exercício das normas sociais e do criticismo. Práticas epistêmicas (PE) são definidas por Kelly (2008, p. 99) como “formas específicas que membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam o conhecimento”. Por se tratar de uma comunidade específica, com propósitos e expectativas comuns, há o compartilhamento de valores e de ferramentas culturais semelhantes.

As PE são passíveis de mudanças ao longo do tempo e variam de acordo com os objetivos e o contexto social e cultural da comunidade envolvida. Por isso, além de não ser possível definir um conjunto delimitado de práticas, nem sempre a demarcação entre elas será clara (Kelly & Licona, 2018; A. Silva, 2015). Ressaltamos ainda que, em consonância com Kelly e Licona (2018), as PE não são consideradas procedimentos técnicos para a construção do conhecimento e não possuem fórmulas concretas para a sua elaboração.

Estudos, como o de Jiménez-Aleixandre et al. (2008), propõem ferramentas analíticas com o objetivo de favorecer a visualização e a identificação das PE e das operações epistêmicas usadas pelo professor. Ao considerar as ações dos estudantes em uma sala de aula, M. Silva (2015) realiza uma categorização de PE acompanhada pela descrição de ações que podem indicar o envolvimento dos estudantes com elas, facilitando, assim, a identificação dessas práticas, conforme Figura 1.

Figura 1. Quadro contendo as práticas epistêmicas e as ações dos estudantes

Prática epistêmica	Quando o aluno...
Problematizar	Cria ou retoma uma questão relacionada ao tema que está sendo estudado. (Corresponde à motivação inicial para a discussão)
Elaborar hipótese	Elabora uma possível explicação para uma pergunta ou problema.
Planejar investigação	Traça estratégias para a investigação de um problema.
Fazer previsões	Prevê resultados com base em uma hipótese explicativa.
Construir dados	Coleta e registra dados.
Considerar fontes diversas	Recorre a algum dado diferente do que está sendo trabalhado naquele momento para solucionar o problema em discussão.

Figura 1. Quadro contendo as práticas epistêmicas e as ações dos estudantes (continuação)

Prática epistêmica	Quando o aluno...
Concluir	Finaliza um problema ou uma questão proposta.
Citar	Faz referência explícita às inscrições produzidas ou a algum conhecimento de autoridade.
Narrar	Relata ações ou acontecimentos passados em sequência temporal e lógica.
Descrever	Aborda um sistema, objeto ou fenômeno, em termos de características de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço-temporais desses constituintes.
Usar linguagem representacional	Utiliza inscrição ou desenho para representar ideias próprias.
Explicar	Estabelece relação causal entre um fenômeno observado e os conceitos teóricos e/ou as condições de execução do experimento.
Argumentar	Usa evidências para fundamentar uma conclusão (provisória) que está em cheque.
Exemplificar	Apresenta modelo teórico ilustrado por dados específicos.
Opinar	Apresenta uma opinião pessoal, bem sinalizada.
Definir/Conceituar	Atribui significado a algum conceito de forma explícita.
Generalizar	Elabora descrições ou explicações que são independentes de um contexto específico.
Usar dados para avaliar teoria	Apresenta dados para avaliar os enunciados teóricos.
Avaliar a consistência dos dados	Pondera a validade dos dados obtidos.

Fonte: M. Silva (2015, p. 62).

Apesar da classificação proposta por M. Silva (2015) e por outros autores, pesquisas (Kelly & Licona, 2018; Trivelato & Tonidandel, 2015) indicam que cada área das Ciências possui práticas epistêmicas próprias. Essas práticas têm sido exploradas em pesquisas com enfoque no desenvolvimento de algumas PE específicas, tais como a argumentação (Ferraz & Sasseron, 2017; Jiménez-Aleixandre & Brocos, 2015; Ratz & Motokane, 2016; Scarpa, 2015) ou a modelagem (Bicalho et al., 2022; Manz, 2012). Também há inúmeros trabalhos fazendo associações entre algumas dessas práticas, como é o caso da argumentação e da explicação (Silva & Trivelato, 2017), da argumentação e da modelagem (Justi, 2015) e da modelagem associada a explicações e a previsões (Clark et al., 2015). Outras pesquisas relacionam mais especificamente o envolvimento de estudantes com PE e a aprendizagem conceitual (Santini et al., 2018; Stroupe et al., 2018).

Optamos por analisar as PE de elaborar hipótese e de fazer previsões, mesmo considerando que outras PE certamente estariam presentes. Essa opção se deu em função de o ERE ser uma modalidade de ensino que tende a diminuir as interações discursivas, principalmente por envolver aulas assíncronas, o que poderia restringir a produção de dados.

O conhecimento científico, segundo Praia et al. (2002), é um jogo de hipóteses e expectativas lógicas, e também um constante processo de discussão, argumentação e contra-argumentação entre teoria, observação e experimentos. As hipóteses são de suma importância para a atividade científica uma vez que estão presentes em variadas etapas de uma investigação (Kasseboehmer & Ferreira, 2013; Marconi & Lakatos, 2003). Elas possuem o papel de orientar o rumo da pesquisa, viabilizando uma solução possível para um problema ou pergunta, ou uma explicação provisória para algum fenômeno, por meio da articulação de fatos conhecidos, de teorias e do desencadeamento de inferências (Gil-Pérez et al., 2001; Marconi & Lakatos, 2003; Trivelato & Tonidandel, 2015). Kasseboehmer e Ferreira (2013) argumentam que o compartilhamento de hipóteses elaboradas em uma investigação com a comunidade científica pode dar origem a várias outras hipóteses e/ou discussões a respeito da sua aceitação ou refutação.

Ressaltamos que a produção de hipóteses e de previsões pode acontecer em outros meios além do científico, não havendo regras para a realização dessa prática no cotidiano (Marconi & Lakatos, 2003), o que tem levado vários pesquisadores (Medeiros, 2019; Nunes, 2016; Santos & Galembeck, 2018; Sasseron & Carvalho, 2008; Trivelato & Tonidandel, 2015) a considerar a potencialidade dessas práticas no ensino e aprendizagem de Ciências. Apesar de investigarem as práticas epistêmicas de uma forma geral, em alguns trabalhos (Nascimento et al., 2012; A. Silva, 2015; Silva et al., 2021) as hipóteses se mostram como parte importante das atividades desenvolvidas em sala de aula. Nesses trabalhos, resultantes de investigações realizadas em aulas presenciais, de uma forma geral os estudantes foram instigados a elaborar e a justificar suas hipóteses e/ou previsões com base em conhecimentos conceituais. O trabalho com hipóteses e previsões em sala de aula possui um grande potencial para propiciar a sondagem das compreensões iniciais de estudantes e a construção do conhecimento e a sua ressignificação a partir de explicações e justificativas mais elaboradas para um determinado fenômeno.

Metodologia

A pandemia ocorrida a partir do primeiro semestre de 2020 gerou medidas sanitárias que envolveram o distanciamento social, com o objetivo de desacelerar a transmissão de um vírus (SARS-CoV-2) e evitar ao máximo a sobrecarga no sistema de saúde. Nesse período as instituições de ensino foram fechadas temporariamente, passando as aulas a acontecerem no modo remoto.

Destacamos que, diferentemente da Educação a Distância (EaD), o ERE foi precedido por um planejamento inicial limitado e foi adotado por todas as instituições de ensino como uma solução estratégica temporária. Em função da falta de equipamentos ou de acesso à *internet*, a retomada das aulas não foi imediata, o que levou muitos estudantes a ficarem afastados das atividades escolares regulares no intervalo entre a suspensão das aulas presenciais e a retomada das atividades acadêmicas no formato remoto. As atividades que foram objeto desta investigação aconteceram no período inicial da retomada das aulas no modo remoto. Com isso, tínhamos clareza que a participação

poderia ser reduzida, pois os estudantes poderiam ter dificuldades relacionadas a equipamentos ou a acesso de qualidade à *internet*. Além disso, o fato de os estudantes assistirem às aulas em casa poderia aumentar a “distração”, já que os distratores presentes no ambiente familiar tendem a dificultar ainda mais a concentração.

Em função desse contexto, organizamos atividades a partir de vídeos, por considerarmos que esse tipo de recurso tende a ser atrativo para os estudantes, por combinar imagens em movimento, som e escrita. Um dos vídeos — do experimento — foi produzido pelos autores e o outro está disponível no YouTube¹, sendo que a esse último foi adicionado legendas em português. Consideramos os argumentos de Rosa (2000) de que os vídeos motivam os estudantes, favorecendo a que realizem as atividades subsequentes. Ao construir atividades relacionadas a vídeos, buscávamos desenvolver habilidades e competências nos estudantes usando fenômenos do contexto. Para este trabalho selecionamos as atividades que de alguma forma exploraram conhecimentos relacionados à combustão. A Figura 2 apresenta um resumo dessas atividades.

Figura 2. Resumo das atividades realizadas explorando a chama/combustão

Vídeos	Atividade	Descrição da atividade	Recurso
Experimento “A chama de duas velas”	Discussão síncrona	Experimento — parte I (sem resultados). Estudantes fizeram previsões e uma breve discussão.	Google meet
	Atividade 1 assíncrona	Os estudantes observaram e descreveram a chama de uma vela. Os estudantes fizeram, por escrito, previsões para o resultado do experimento, redigindo justificativas (hipóteses iniciais).	Google formulários
	Atividade 2 assíncrona	Experimento — parte II (com resultado). Os estudantes compararam suas previsões com o resultado e elaboraram hipóteses para explicar o observado.	Edpuzzle
	Atividade 3 assíncrona	Fenômeno do balonismo e do incêndio (orientação dos bombeiros em relação à fumaça).	Google formulários
	Discussão síncrona	Discussão para fechamento do experimento.	Google meet
<i>What is a flame?</i>	Atividade 4 síncrona	O vídeo <i>What is a flame?</i> foi exibido e discutido em aula.	Google meet
	Atividade 5 assíncrona	Os estudantes responderam a duas questões envolvendo a chama.	Google formulários

Fonte: autoria própria.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=5ymAXKXhvHI>.

O experimento, exibido originalmente por um programa da TV japonesa², foi dividido em duas partes para possibilitar o envolvimento dos estudantes com as PE no ensino remoto. Ele foi realizado observando-se as seguintes etapas: (1) apresentação dos materiais e do procedimento, com a elaboração de previsões e hipóteses; (2) realização do experimento e comparação da previsão com o resultado; (3) reelaboração das hipóteses a partir do que foi observado. Diferentemente do programa de TV, no qual a audiência enviava suas hipóteses para a produção do programa, os estudantes construíram suas hipóteses em formulários disponibilizados a eles. O vídeo utilizado mostrando o experimento foi produzido pelas pesquisadoras. Esse experimento foi sendo retomado ao longo das aulas síncronas e assíncronas, em uma tentativa de promover o envolvimento dos estudantes com as PE.

O vídeo *What is a flame?* foi produzido a partir do concurso *The Flame Challenge*, organizado pelo *Alan Alda Center for Communicating Science*, em 2012. Para concorrer, o candidato deveria produzir um material que explicasse o que é a chama para crianças do quarto ano do Ensino Fundamental. Uma comissão selecionou as dez melhores produções, que foram assistidas pelos estudantes que, por sua vez, selecionaram o vencedor. O vídeo educativo *What is a flame?* (Ames, 2012), vencedor dessa edição do concurso, foi produzido por Ben Ames, na época um doutorando, e está disponível na plataforma *YouTube*. Para a apresentação do vídeo nas aulas foram inseridas legendas em português. As atividades relacionadas ao experimento e a esse vídeo estão descritas junto aos resultados.

As aulas foram realizadas com estudantes do oitavo ano de uma escola de Ensino Fundamental (EF) localizada em uma universidade federal do estado de Minas Gerais, no segundo semestre de 2020, na disciplina de Ciências. Na turma em que se deu essa experiência, 32 estudantes aceitaram participar da pesquisa, sendo 17 meninas e 15 meninos, na faixa etária de 13 a 15 anos. As aulas síncronas e assíncronas foram determinadas pela escola, por tratar-se de um período de adaptação dos estudantes e, nesse sentido, as atividades foram adaptadas em função do tipo de aula que tínhamos disponível.

Neste trabalho usamos os dados obtidos em cinco das nove aulas disponíveis (três síncronas e seis assíncronas), nas quais foram trabalhados aspectos ligados à combustão. As aulas síncronas foram gravadas em vídeo, e os episódios envolvendo a combustão foram transcritos para facilitar a análise. Nessa transcrição optamos pelo uso de pontuação, considerando as ênfases de fala, mesmo sendo isso uma inferência. Na análise dos dados também nos valem os formulários respondidos pelos estudantes (atividades 1, 2, 3 e 5 da Figura 1). A pesquisa foi aprovada sob o número CAAE 28460819.4.0000.5149, pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) e atendeu às orientações do Comitê e do Núcleo de Assessoramento à Pesquisa (NAPq) da escola.

² O programa *Pense como um corvo!* As formas de pensar da Ciência, tradução nossa de *考えるカラス～科学の考え方* (kangaeru karasu ~ kagaku no kangaekata), é transmitido pela emissora NHK, no canal educativo NHK E-TV, desde abril de 2013. Os episódios e materiais/vídeos complementares estão disponíveis em: <https://www.nhk.or.jp/school/rika/karasu/>.

Para a análise das hipóteses valemo-nos de alguns estudos presentes na literatura. Sabemos que fazer previsões é uma prática comum no cotidiano e sua validade ou não validade se dá com a observação do resultado. Para as hipóteses, no entanto, existe uma complexidade maior. Pesquisadores (Kelly & Licon, 2018; Marconi & Lakatos, 2003) têm afirmado que não existem regras rígidas para a proposição de uma hipótese, assim como para a criatividade humana. Por isso, a validade de uma hipótese tem sido analisada a partir de uma série de características e/ou critérios (Marconi & Lakatos, 2011; Nunes, 2016; Nunes & Motokane, 2015; Santos & Galembeck, 2018). De acordo com esses autores, as principais características que indicam a qualidade de uma hipótese e que se adéquam às atividades propostas são:

- a) Apoio teórico: conhecimentos adquiridos na escola em anos anteriores ou referenciados em livros, *sites* da *internet* ou em outras fontes confiáveis. Neste trabalho consideramos apoio teórico quando o estudante se fundamentou na necessidade de um comburente — o gás oxigênio — e de um combustível para manter a chama; na liberação de gás carbônico no processo de combustão; ou no fato de que gases em diferentes temperaturas possuem densidades significativamente diferentes.
- b) Clareza: apresentação de ideias e informações, e das relações entre elas, de forma clara, ou seja, com relações de causalidade entre as ideias apresentadas. Haverá clareza quando o estudante fizer uma afirmação e explicá-la devidamente.
- c) Relevância: explicação dos fatos envolvidos, trazendo informações, ideias ou dados importantes e significativos para a resolução do problema. Consideramos como relevantes as hipóteses que, para explicar o problema, mencionaram a influência da temperatura dos gases no sistema, por exemplo.
- d) Inter-relações: quando em sua hipótese o estudante relaciona o problema apresentado com os conhecimentos iniciais e científicos, os procedimentos metodológicos, suas hipóteses iniciais e/ou os dados obtidos/fornecidos.
- e) Apropriação conceitual: quando o estudante utiliza adequadamente em sua hipótese os conceitos e as terminologias, incorporando conhecimentos científicos para responder ao problema.
- f) Consistência lógica: quando a hipótese apresenta coerência interna, sem contradição dentro do enunciado, e externa, compatível com o conhecimento científico mais amplo ou com a teoria relacionada (Nunes, 2016, p. 29). Sabemos, por exemplo, que para o processo de combustão cessar não é necessário o esgotamento completo do gás oxigênio do sistema (Birk & Lawson, 1999). Portanto, consideramos que as hipóteses que trataram do esgotamento do gás não possuem consistência externa em relação aos conhecimentos científicos.

As hipóteses construídas pelos estudantes foram classificadas como: válidas, quando apresentaram pelo menos quatro das características descritas, sendo o apoio teórico uma delas; limitadas, quando apresentaram menos de quatro das seis características descritas ou quando o apoio teórico não foi uma delas; confusas, quando o estudante não apresentou uma justificativa clara para a sua previsão. Dirigimos nossa atenção para a evolução dessas hipóteses ao longo das atividades.

Resultados e Discussão

Durante a primeira aula introduzimos brevemente o experimento, que consistia em acender duas velas de tamanhos diferentes, cobrindo-as com um bécquer grande (Figura 3). Sem colocar o bécquer sobre as velas e, portanto, sem que os estudantes soubessem o resultado, nós os questionamos em relação ao que aconteceria com as velas. A participação dos estudantes foi intensa, mas parte das intervenções foi no sentido de dizer que as chamas apagariam depois de alguns segundos. Somente ao serem questionados se as duas velas apagariam ao mesmo tempo ou não a discussão se tornou mais efetiva, com a construção de previsões e hipóteses de forma espontânea.

Na Atividade 1 os estudantes observaram a imagem de uma vela acesa, e foram convidados a descrevê-la. Em seguida, deveriam dizer o que não sabiam e gostariam de saber em relação à chama e/ou ao fogo. Observamos que 18 deles elaboraram algum tipo de questionamento, mostrando as dúvidas em relação a esse assunto. Indicamos, na Tabela 1, as categorias dessas dúvidas, o número de participantes que as apresentaram e exemplos representativos de cada categoria.

Tabela 1. *Categorias relativas às dúvidas dos estudantes envolvendo a chama*

Tema	Número de estudantes	Exemplos
Parafina (composição, função ou mudança de estado físico)	6	<i>Por que tem que ter a vela inteira, e não só o cordão que o fogo fica? (Leonardo)</i> <i>Eu quero saber o porquê que quando a vela é derretida ela endurece novamente. (Vitória)</i>
Cores	4	<i>De onde vem a cor do fogo? (Paulo)</i>
Temperatura	1	<i>Eu não sei porque ele é tão quente. (Carla)</i>
Variados	7	<i>Quando a gente vira ela de cabeça pra baixo, por que ela não fica reta e o fogo vira pra cima? (Carolina)</i> <i>Gostaria de ver mais detalhadamente o processo da reação química. (Giovana)</i>

Fonte: autoria própria.

Embora a chama de uma vela seja algo aparentemente trivial, por ser a vela um objeto do cotidiano, os estudantes pouco sabem a seu respeito. A dúvida de Leonardo estava relacionada ao combustível da vela, uma vez que ele disse não entender a presença da parafina. Vitória aparentemente não compreendia a mudança de estado físico da parafina, indicando curiosidade em torno da rápida passagem do estado sólido para o líquido e novamente para o sólido. Provavelmente ela, assim como outros colegas, não tinha clareza do estado físico em que a parafina e a maior parte dos combustíveis queima. A dúvida de Paulo e de outros três participantes mostra que não entendiam a origem das diferentes cores presentes na chama da vela ou em outras chamas. Carla indicou ter dúvidas sobre a energia térmica da vela, conceito dificilmente compreendido pelos estudantes (Barbosa & Borges, 2006; Mortimer & Amaral, 1998). Carolina, por seu turno, não levou em conta o fato de o ar quente se expandir e, por isso, ser menos denso que o ar em temperatura ambiente (Brown et al., 2005), o que resulta na sua ascensão, moldando o formato da chama e a sua posição vertical. Giovana, por sua vez, indicou dúvidas em relação ao fenômeno da combustão e às transformações que ocorrem nesse processo. Algumas dessas dúvidas foram retomadas durante a exibição do vídeo *What is a flame?*.

Ainda na Atividade 1, colocamos uma foto (Figura 3) que apresentava a montagem do experimento e uma explicação por escrito e solicitamos aos estudantes que assinalassem qual seria o resultado do experimento, dentre as quatro opções apresentadas, e também que justificassem sua escolha.

Figura 3. Representação do Experimento 1 e a questão proposta aos estudantes



Escolha uma das opções abaixo, prevendo o que vai acontecer com as duas velas:

- a) A vela mais alta vai apagar primeiro;
- b) A vela mais baixa vai apagar primeiro;
- c) As duas velas irão apagar juntas;
- d) Nenhuma das velas irá apagar.

Construa sua hipótese para o fenômeno, justificando a escolha:

Fonte da imagem: <<http://jharaguti.blog.fc2.com/blog-category-25.html>>

As justificativas construídas pelos estudantes foram analisadas e classificadas em válidas, limitadas ou confusas. Como já explicitado, as hipóteses foram consideradas válidas quando apresentaram pelo menos quatro das características descritas na literatura usada, sendo o apoio teórico uma delas. Na Tabela 2 apresentamos o número de estudantes que fizeram cada previsão e a quantidade de hipóteses explicativas conforme as classificações para cada grupo de previsão.

Tabela 2. Previsões e a classificação das hipóteses, antes da realização do experimento

Previsão	Número de respondentes	Hipótese	
A vela mais alta vai apagar primeiro	14	Válida	3
		Limitada	9
		Confusa	2
As duas velas irão apagar ao mesmo tempo	9	Válida	1
		Limitada	8
		Confusa	0
A vela mais baixa vai apagar primeiro	3	Válida	0
		Limitada	3
		Confusa	0

Fonte: autoria própria.

Para dar uma ideia do tipo de hipótese construída em cada categoria, apresentamos na Figura 4 uma hipótese classificada como válida e uma como limitada, para cada categoria de resposta.

Figura 4. Exemplos de hipóteses classificadas como válidas e limitadas, feitas antes da realização do experimento

Previsão	Classificação	Exemplo de Hipótese proposta
A vela mais alta vai apagar primeiro	Válida	<i>A mais alta apaga primeiro porque o resultado da combustão das duas velas, o gás carbônico aquecido, sobe para o topo, e a vela mais alta fica sem oxigênio. Sem o oxigênio (comburente), a combustão não ocorre. (Júlia)</i>
	Limitada	<i>Porque a vela apaga por acabar o oxigênio dentro do copo, então a vela mais alta vai ter menos espaço para o oxigênio, então vai apagar primeiro, enquanto a vela pequena vai ter mais espaço para mais oxigênio e vai demorar mais. (Henrique)</i>
As duas velas irão apagar ao mesmo tempo	Válida	<i>Porque as chamas estão do mesmo tamanho, puxando a mesma quantidade de oxigênio, por isso as duas irão apagar juntas. (Luiz)</i>
	Limitada	<i>Eu acho que as duas vão apagar juntas porque, quando o oxigênio dentro do recipiente acabar, as duas vão se apagar no mesmo tempo. (Vitória)</i>
A vela mais baixa vai apagar primeiro	Limitada*	<i>Porque o material combustível dentro do copo fica na parte de cima do copo, pois é mais quente. (Leonardo)</i>

Nota. *Não foi apresentada hipótese válida nessa categoria.

Fonte: autoria própria.

Na aula seguinte os estudantes tiveram acesso à atividade 2, realizada no *Edpuzzle*, plataforma que permite que sejam inseridas questões a serem respondidas em um vídeo, condicionando a continuidade da apresentação ao cumprimento da tarefa. Nessa atividade a professora retomou os conceitos de combustão (substâncias ou materiais consumidos e produzidos) e exibiu o resultado do Experimento 1. Os estudantes foram, então, convidados a refazer as suas hipóteses. Para acesso à plataforma *Edpuzzle* era necessário um cadastro dos participantes, o que pode ter contribuído para uma menor participação nessa atividade, embora tenha havido orientação para o cadastro. Entre as hipóteses reelaboradas, destacamos as de Luiz e de Vitória.

O estudante Luiz, que havia previsto a extinção das chamas ao mesmo tempo, e cuja hipótese considerava o oxigênio consumido pela combustão, refez sua hipótese, buscando uma explicação para o fenômeno observado:

Porque o gás carbônico, por estar quente, sobe, e como o gás carbônico já ocupou a parte de cima do recipiente, o oxigênio desce, mantendo a vela mais baixa acesa por mais tempo. (Luiz)

Luiz apoiou-se em conhecimentos relacionados à ascensão de gases em maior temperatura, ou seja, sua hipótese possui apoio teórico/conceitual para explicar o fenômeno observado, consistência lógica e relevância, estabelecendo inter-relações entre o resultado observado e os seus saberes. Em sua nova hipótese esse participante considerou o conhecimento de que os gases aquecidos formados pela combustão tendem a subir, o que resulta em uma disponibilidade maior de comburente para a vela menor. Trata-se de uma hipótese mais elaborada (Nunes, 2016) quando comparada à primeira feita por ele.

A estudante Vitória, por sua vez, apresentou uma das três hipóteses consideradas limitadas:

Eu acho que a vela mais alta apagou primeiro porque, como a chama dela estava no alto, ou seja, mais alta do que a vela menor, o oxigênio que havia ali acabou primeiro do que a que estava embaixo. (Vitória)

Vitória, que havia feito a previsão de que as duas velas apagariam ao mesmo tempo, elaborou uma hipótese que considera a necessidade de oxigênio para a ocorrência da combustão, todavia sem explicar de forma clara o motivo para esse gás se “esgotar” primeiro na parte superior do copo. Sua hipótese apenas apresenta apoio teórico (Nunes & Motokane, 2015) e estabelece inter-relações entre o problema, o resultado e os seus conhecimentos iniciais. Ao compará-la com a anterior, observamos que a explicação do fenômeno foi mais coerente.

Armando, que não havia feito a atividade referente à primeira hipótese, elaborou, a partir do resultado observado, uma hipótese que classificamos como válida, por ter apoio teórico, clareza e relevância, e por estabelecer inter-relações entre o observado e os conhecimentos do deslocamento de gases aquecidos:

Porque o CO₂ formado pela queima vai para o alto do copo, apagando assim a vela mais alta por falta de combustível para queima. (Armando)

Apesar da validade, podemos observar que o estudante usou o termo combustível ao tratar do gás oxigênio, quando o termo aceito cientificamente é comburente. Como se trata de um reagente, optamos por desconsiderar essa limitação. Ele também não explicou o motivo de o gás carbônico ir para o alto do recipiente.

Dando continuidade ao estudo da combustão, na aula seguinte foi solicitado aos estudantes que fizessem a Atividade 3, que envolvia dois fenômenos conhecidos por eles e que tinham relação direta com o fenômeno tratado no experimento: um incêndio em ambiente fechado e o balonismo.

No formulário disponibilizado aos estudantes foi anexado um trecho de uma matéria da BBC Brasil³ com algumas orientações do Corpo de Bombeiros de Londres para incêndios em ambientes fechados (Figura 5), com o objetivo de introduzir o assunto.

Figura 5. Orientações do Corpo de Bombeiros

Conselhos para minimizar a inalação de fumaça em caso de incêndio:

Agachar e engatinhar: Segundo o Corpo de Bombeiros de Londres, se há fumaça é melhor manter-se próximo ao solo e engatinhar para um lugar seguro para minimizar a inalação de gases tóxicos.

Fonte: Adaptado da BBC Brasil.

Ao questionarmos o motivo para essa orientação dada pelo Corpo de Bombeiros, considerando a localização da fumaça em um ambiente fechado e os conhecimentos científicos já adquiridos pelos estudantes, obtivemos três grupos principais de respostas, sintetizados na Tabela 3:

Tabela 3. Classificação das respostas para a fumaça do incêndio

Resposta	Número de respondentes
Associa o fenômeno ao fato do ar quente subir e, com ele, todo o gás carbônico formado na queima	4
Associa o fenômeno aos gases tóxicos expelidos na queima e ao fato de eles estarem na fumaça, sem dizer o porquê de ela ir para cima	14
Relacionada diretamente ao experimento	1
Resposta confusa	1

Fonte: autoria própria.

³ BBC – British Broadcasting Corporation é uma corporação pública de rádio e televisão do Reino Unido. Possui subsidiárias em alguns países, como o Brasil.

Nesse caso, a intenção era de identificar possíveis apropriações conceituais relacionadas ao fenômeno da combustão. Dos quatro estudantes que consideraram o conhecimento de que o gás carbônico e outros gases tóxicos formados na queima, componentes da fumaça, tendem a subir, selecionamos as justificativas de Luiz e Armando:

Porque o ar quente sobe. Nesse caso esse ar quente é a fumaça rica em gás carbônico causada pelo fogo, e o ar com o oxigênio que resta desceu. Por isso o Corpo de Bombeiros dá essa orientação. (Luiz)

Porque a fumaça está quente (todos os gases quentes sobem). Quando ela sobe, o local com uma altitude menor tende a ser menos poluído. (Armando)

Os estudantes Luiz e Armando definiram a temperatura da fumaça, “rica em gás carbônico” como disse Luiz, como o fator que faz com que ela suba, o que embasa a orientação do Corpo de Bombeiros de que, mantendo-se próximo ao solo, é possível respirar um ar com uma quantidade maior de oxigênio ou, como disse Armando, “menos poluído”. Podemos perceber que a resposta de Armando faz referência à elevação do ar quente, assim como verificado em todas as respostas desse grupo. No entanto a menor densidade desse ar quente em relação ao ar em temperatura ambiente não foi tratada. Segundo Brown et al. (2005), o ar quente tende a subir porque se expande à medida que é aquecido, o que o torna menos denso do que o ar da vizinhança, mais frio. E, nesse caso, o ar quente está “carregado” de gás carbônico e de outros produtos da combustão, o que faz com que tenha menos oxigênio na parte superior do ambiente. Mesmo não tendo tratado da expansão do gás, a resposta de Armando mostra-se mais próxima da explicação científica, quando comparado com a hipótese construída por ele na Atividade 2, o que indica evolução.

Outros 14 estudantes relacionaram a orientação dos bombeiros ao fato de a fumaça oriunda da queima ter muitos gases tóxicos, sem justificar o motivo de sua ascensão. Selecionamos uma fala representativa desse grupo:

Os bombeiros dão essas orientações porque dependendo da fumaça pode causar, por exemplo, insuficiência respiratória, e dependendo da gravidade ou da fumaça inalada, a pessoa pode desmaiar ou até morrer. (Mariana)

Mariana comentou os possíveis problemas no organismo provenientes da inalação de fumaça, certamente por saber que essa fumaça, além de gases tóxicos, contém material particulado, como a fuligem. Uma única estudante, Lúcia, fez relação das orientações dadas pelo Corpo de Bombeiros com o experimento das velas. Transcrevemos a resposta a seguir:

Eu acho que o Corpo de Bombeiros dá essa orientação porque nesse caso nós somos a vela, quanto mais alto nós estivermos, mais chances de faltar oxigênio, que nem a vela maior se apaga primeiro dentro de um copo de vidro, pois nesse caso o copo de vidro por cima da vela é o ambiente fechado. (Lúcia)

Apesar de não ter tratado da densidade dos gases em diferentes temperaturas, Lúcia percebeu a semelhança entre os dois fenômenos e pareceu saber que a explicação é similar. Com isso ela transfere o conceito de um contexto para outro, o que, segundo Vigotski (2009), é uma tarefa mais complexa do que a aplicação e o uso de um significado em uma situação concreta na qual ele foi elaborado.

Considerando que balonismo envolve a diferença de temperatura de gases e, nesse sentido, poderia auxiliar na explicação para o experimento com as duas velas, adicionamos no formulário o enunciado apresentado na Figura 6:

Figura 6. Atividade disponibilizada aos estudantes

O balonismo é um esporte praticado com um balão com ar quente, controlado por profissionais. Com uma chama acesa, o balão se enche de ar aquecido e, com isso, sobe. Por que o ar quente faz o balão subir?



Fonte da imagem: <<http://www.ecobrasil.eco.br/23-restrito/840-balonismo>>

As respostas dadas a esse questionamento também foram agrupadas por semelhança, conforme Tabela 4, reunindo as obtidas por meio do questionário e da aula síncrona, na qual o assunto foi retomado.

Tabela 4. Classificação das respostas para a questão do balonismo

Resposta	Número de respostas
Associa o fenômeno à menor densidade do ar quente	11
Associa o fenômeno apenas ao fato do ar quente subir	10
Não associa o fenômeno à temperatura dos gases	3

Fonte: autoria própria.

No primeiro grupamento, que associou o fenômeno do balonismo à menor densidade do ar quente, destacamos as respostas dadas por Lúcia, Vitória e Mariana:

O ar quente faz o balão subir, pois o ar é aquecido, e assim se expande e se torna menos denso. (Lúcia)

Eu acho que é porque, como as partículas do ar quente são menos densas do que do ar frio, o ar acaba ficando “mais leve”, facilitando o balão subir. (Vitória)

Posso falar uma observação de um negócio interessante? Sabe quando você está na sauna, daí, tipo assim, em cima fica muito quente. Aí quando a pessoa tem dificuldade para respirar, ela pode ficar embaixo, aí melhora a respiração. (Mariana — durante a discussão síncrona)

Como já foi dito, o ar quente aumenta seu volume, ou seja, passa a ocupar um espaço maior, e se torna menos denso do que o ar da vizinhança, em temperatura ambiente, à mesma pressão (Brown et al., 2005), como acontece no balão. Esse grupo de estudantes usou a menor densidade dos gases aquecidos como um fenômeno resultante da expansão deles, como explicado por Lúcia. Observamos que na atividade anterior Lúcia não usou a expansão dos gases ao explicar o fenômeno como aconteceu nessa atividade. Vitória, ao ser referir ao ar menos denso, usou o termo “mais leve”, e disse que isso possibilitaria a elevação do balão pela atmosfera.

Mariana, que havia explicado a orientação dos bombeiros usando apenas a toxicidade dos gases, ao explicar a subida do balão fez uso de outro contexto para se apropriar do conhecimento, citando o exemplo da sauna, na qual o ar quente se concentra na parte superior do recinto. A resposta da estudante indica um processo de transferência de conceitos de um contexto para outro (Vigotski, 2009). Essa transferência de sentido ou significado de conceitos exige um pensamento no plano abstrato, sendo a transição a esse plano um desafio (Quadros et al., 2015; Vigotski, 2009). Dessa forma, refletindo sobre dois fenômenos que, embora possuam fundamentos semelhantes, são distintos do experimento com as velas, os estudantes, ao serem capazes de explicá-los e de estabelecer relações entre eles, estão desenvolvendo e formalizando o conceito e usando conceitos científicos para explicá-los.

No grupo de estudantes que citaram o fato de o ar quente subir, sem construir argumentos que explicassem essa ascensão, destacamos duas respostas do estudante Luiz, sendo uma fornecida no formulário e outra elaborada durante a aula síncrona. Ele disse:

Porque na ciência o ar quente sobe e o ar frio desce. (Luiz — Formulário)

Eu posso explicar? A gente estudou lá no sexto ano que o ar quente tende a subir. Quando a gente bota o fogo lá, o ar quente do fogo sobe e fica preso lá no balão, aí ele [o balão] sobe. Para controlar [a altitude], você abaixa o fogo. (Luiz — aula síncrona)

O estudante Luiz apropriou-se de conhecimentos trabalhados em anos anteriores e os usou para justificar tanto o fenômeno do incêndio quanto o da subida do balão, e foi capaz, inclusive, de estabelecer relações entre as diferentes situações. Porém não avançou nessa explicação, na medida em que não explicou a diferença de densidade entre o ar quente e o ar da “vizinhança”. Assim como Luiz, os demais estudantes desse

grupamento também comentaram a tendência de o ar quente subir. Contudo, ao final da Atividade 3 observamos que três estudantes ainda não tinham construído hipóteses plausíveis para o fenômeno.

Na aula síncrona, os fenômenos do incêndio e do balão foram retomados para consolidar a associação ao experimento das velas. No caso do experimento, a professora perguntou quem gostaria de melhorar a sua hipótese a partir do que havia aprendido com as atividades realizadas. Destacamos duas respostas, entre as várias apresentadas. Logo que a pergunta foi lançada, Armando, que havia confundido as palavras “combustível” e “comburente” em sua hipótese anterior, demonstrou seu interesse e vontade de participar, afirmando:

Eu eu eu eu. Porque quando tem essa queima, o ar que é mais quente sobe, e esse oxigênio, ele fica mais na parte de baixo do béquer. Aí a vela que está mais baixa vai ter mais oxigênio, e a chama vai durar mais tempo. (Armando — aula síncrona)

Essa nova hipótese de Armando possui apoio teórico, apresenta clareza, relevância e consistência lógica interna e externa, além de estabelecer inter-relações entre o experimento e os conhecimentos científicos (Nunes, 2016). O fato de querer apresentar sua explicação antes mesmo de seus colegas mostra que ele está seguro, provavelmente por ter associado o caso do incêndio e o caso do balão com o experimento das velas. Outra estudante — Vitória — também verbalizou a sua explicação, dizendo:

As partículas do ar quente são menos densas do que do ar frio, fazendo com que o ar quente fique mais leve do que o frio. Então, com o ar quente sendo mais leve, facilita a subida dele. Então, como esse outro gás liberado ficou quente, ele sobe e a chama da vela mais alta fica com pouco oxigênio para continuar acesa, enquanto a chama da vela menor fica com um pouco mais de oxigênio por alguns segundos. (Vitória)

Na Atividade 2 Vitória havia previsto que as duas velas iriam apagar juntas e, após ver o resultado, elaborou uma hipótese limitada. Dessa vez, Vitória considerou a formação de gás carbônico e de outros gases como produto da combustão, com uma temperatura maior do que a do ar da vizinhança. Com isso, esse ar quente se expande, sendo menos denso do que o ar da vizinhança, e essa menor densidade do ar aquecido facilita a sua ascensão na atmosfera. Essas características estavam presentes nas respostas da atividade de balonismo e foram usadas por Vitória para reelaborar sua hipótese, a qual considera que o gás expandido, proporcionalmente com mais gás carbônico, vai para a parte superior do copo, resultando na maior concentração de gás oxigênio na parte inferior (também presente na atividade do incêndio). Sua resposta, portanto, tem clareza, possui apoio teórico em conteúdos conceituais, é de relevância, demonstra apropriação conceitual, possui consistência lógica interna e externa, e também estabelece inter-relações entre o problema e seus conhecimentos (Nunes, 2016). Dessa forma, mesmo com algumas limitações conceituais, podemos perceber que Vitória construiu conhecimentos conceituais e os usou para explicar o fenômeno observado no experimento.

Na última aula dessa sequência (Atividade 4 da Figura 2), o fenômeno das velas foi retomado como uma oportunidade de formalização de conceitos. Nessa aula foi exibido o vídeo *What is a flame?*, o qual foi interrompido sempre que um conceito novo se fez presente ou quando havia a oportunidade de retomar um conceito discutido nas aulas. Esse vídeo, que explora diversos fenômenos que acontecem em uma simples vela acesa, apresenta — em sua parte final — uma música que resume de forma descontraída tudo o que nele foi tratado. Ele aborda a composição química da parafina da vela, demonstra as reações que acontecem entre esse combustível e o oxigênio do ar, comenta brevemente os processos químicos pirólise, quimiluminescência, oxidação e incandescência, e explica a variedade de cores da chama pela reação completa ou incompleta de combustão. Com ele foi possível retomar as dúvidas expressas pelos estudantes na Atividade 1, relativas à temperatura da chama, às cores e aos processos químicos que acontecem no sistema.

Essa foi a aula síncrona com o maior número de estudantes presentes. No entanto a interação foi maior pelo *chat* do que pelo microfone, inclusive por parte dos monitores que acompanhavam a disciplina. Por isso olhamos com mais atenção para essa ferramenta, selecionando alguns fragmentos dessa participação, transcritos na Figura 7. O turno 1 foi usado como apoio, uma vez que se refere à participação da professora pelo microfone.

Figura 7. *Excerto da discussão síncrona ocorrida via chat*

Turno	Participante	Comentário
1	Professora	A fuligem é um resultado da combustão incompleta. Não tem oxigênio o suficiente para reagir com o combustível, então o que sobra são as partículas de carbono que se juntam formando a fuligem, que é aquele pozinho preto. Beleza?
4	Apolo (monitor)	Então se eu tenho uma chama azul e uma amarela, a azul pode estar mais quente?
5	Gilberto (professor)	<i>A azul sempre terá maior temperatura.</i>
6	Rafael	<i>Acho que a azul tá sempre mais quente.</i>
7	Jaqueline (monitora)	Sim, Apolo, a chama azul será mais quente.
...		
18	Rafael	(Em resposta a pergunta formulada pela professora: <i>Qual das chamas, do fogão ou da vela, libera mais fumaça?</i>) <i>Pra mim a da vela libera mais fumaça; fumaça preta, que eu falo.</i>
19	Armando	É porque a da vela sobra o carbono.

Fonte: autoria própria.

Destacamos a pergunta do monitor Apolo, que foi respondida quase simultaneamente pelo professor regente da disciplina, por outra monitora e pelo estudante Rafael. Isso mostra que eles estavam atentos ao vídeo, à fala da professora e ao *chat*.

As cores da chama também foram retomadas no momento em que o vídeo fez menção a elas. A professora pausou o vídeo e lançou uma pergunta:

Professora: *Por que a chama da vela apresenta várias cores?*

Rafael: *quando tem oxigênio suficiente, a chama fica só azul. E quando não tem oxigênio suficiente, ela se junta com outros elementos, e em cima vai ficando vermelho, alaranjado, e embaixo fica azul.*

...

Professora: (explicação de combustão completa e incompleta)

Júlia: *Professora, tem chama que tem mais parte azul, é por causa disso, por que não queima todo o carbono? Porque eu já vi chama que tinha quase metade de parte azul e outras que tinham só uma “partinha”. E eu já vi algumas que nem dava pra ver o azul direito.*

Esses excertos demonstram o momento de uma possível formalização de conceitos pelos estudantes, ao tratarem de fenômenos comuns com os quais eles lidam diariamente, mas que eles não sabem explicar. Outros conceitos mais complexos, a exemplo da pirólise e da quimiluminescência, que os participantes não conseguiram associar diretamente ao contexto, foram comentados e explicados pela professora.

As diferentes cores das chamas — no caso da vela e do fogão a gás — são evidências dos tipos de combustão que acontecem no sistema. A chama amarelada, alaranjada e avermelhada, característica do que acontece na queima da parafina da vela, indica um processo de combustão incompleta, na qual parte do combustível não reage completamente com o comburente — gás oxigênio —, restando, assim, partículas de carbono como resíduos que formam a fuligem. Por um processo de incandescência, essas partículas de carbono, ao receberem energia, emitem as cores mencionadas. Já uma chama azul, característica da chama do fogão a gás, por exemplo, indica a ocorrência de um processo de combustão mais completo, no qual todo o combustível reage com o comburente, sendo transformado em gás carbônico, água e energia. Nesse caso, por um processo de quimiluminescência, há emissão da cor azulada (Ames, 2012). A volatilidade dos combustíveis — parafina (da vela) e gás liquefeito de petróleo (GLP, do fogão) — e a quantidade de átomos de carbono presentes em suas estruturas são fatores que influenciam diretamente na completude ou incompletude dos processos de combustão. A parafina, hidrocarboneto pesado derivado do petróleo, possui em sua estrutura uma cadeia carbônica extensa. Já o GLP, também produto do refinamento do petróleo, é formado por moléculas com cadeias carbônicas relativamente menores em comparação à parafina. A cadeia carbônica menor, associada ao fato de já estar no estado gasoso, faz com que o GLP reaja mais fácil e completamente com o gás oxigênio. A parafina, em função de suas cadeias carbônicas longas e do fato de precisar se tornar um gás para queimar, tem uma reação mais complexa (mais etapas) formando outros produtos além do gás carbônico e da água.

Ressaltamos, ainda, que a participação do estudante Rafael nessa aula síncrona representou um grande esforço em função das condições do espaço no qual assistia à aula. Em alguns momentos em que Rafael ligava o microfone para fazer uma pergunta ou comentário, podia-se perceber um barulho alto no fundo. O estudante explicou, no *chat*, que a casa dele estava em obras, e que o barulho era constante naquele dia. Mesmo assim ele participou ativamente da aula, o que representa um forte indício de envolvimento com as atividades e/ou interesse pelo tema. Conhecendo essa realidade vivida por Rafael, podemos inferir que os estudantes tiveram, nesse período de ERE, problemas de ordens diversas, os quais dificilmente vamos conhecer. Por isso, é possível que os momentos em que houve menor participação dos estudantes sejam decorrentes de situações que não dependiam de suas vontades.

A Atividade 5, disponibilizada aos estudantes após terminada a discussão referente ao vídeo *What is a flame?*, trazia duas questões: a primeira solicitava que fosse esclarecida a diferença existente entre a chama da vela e a do fogão a gás, e a segunda, ainda considerando esses dois sistemas, perguntava qual das chamas liberava mais fumaça e a justificativa para isso. Em relação à primeira pergunta, muitos estudantes descreveram as duas chamas usando mais conceitos/elementos do que os apresentados na primeira atividade. Para exemplificar, selecionamos duas das respostas elaboradas por eles:

A chama do fogão a gás é completamente azul e não libera fumaça, porque tem menos átomos de carbono. A chama da vela é amarelada/alaranjada e libera fumaça, pois ela tem mais átomos de carbono. (Júlia)

A resposta está na cor de cada chama: por ser amarelo, o fogo da vela ilumina mais que o do fogão a gás, que emite principalmente luz azul. Outro fator para enxergarmos pouco a chama do fogão é que a luz azul se dispersa com facilidade pelo ar (...). (Jane)

Júlia, estudante que na Atividade 2 informou a composição química da parafina, classificada como um hidrocarboneto pesado, discutiu nessa questão a diferença da quantidade de átomos de carbono de cada um dos combustíveis que alimentam as chamas, mobilizando conhecimentos científicos apresentados no vídeo da Atividade 4 para explicar o fenômeno. Jane, assim como outros estudantes, provavelmente fez uma busca na *internet* para descrever e explicar a diferença dos níveis de iluminação das chamas, o que pode ser um indício de empenho na realização da atividade. Ainda assim registramos três participações com concepções equivocadas sobre a chama das velas, de um total de 23 participantes na Atividade 5.

Na resposta à segunda questão, 21 participantes afirmaram que a vela com chama amarelada liberava mais fumaça quando comparada com a chama do fogão a gás. As hipóteses apresentadas como justificativa deram indícios de que as discussões e o vídeo auxiliaram na explicação. Destacamos as respostas de Vivian e Paulo, dois estudantes que não haviam, até então, conseguido construir uma hipótese válida, considerando os critérios utilizados por nós:

Eu acho que é a amarela porque o carbono acaba sobrando, porque tem menos oxigênio, fazendo assim com que a vela solte mais fumaça. (Vivian)

É a chama amarela, pois a fuligem, depois de brilhar, ela volta para o ar junto com o gás carbônico; essas partículas de fuligem voltam a serem pretas, assim formando a fumaça. A chama azul não tem fumaça, pois ela não possui essa fuligem, pois não resta carbono. (Paulo)

De uma forma geral os estudantes citaram a combustão incompleta, a falta de oxigênio e o excesso de carbono em forma de fuligem, relacionando esses fatores com a liberação da fumaça e a cor da chama. Na resposta de Vivian é possível inferir que ela sabe que o carbono da parafina não queima completamente em decorrência da falta de gás oxigênio, e que ele acaba por constituir a fuligem da fumaça. Paulo, apesar de não citar a combustão incompleta, fez referência a ela ao dizer que a fumaça é o resultado desse processo. Consideradas as respostas apresentadas, podemos afirmar que os dois estudantes utilizaram o conhecimento adquirido na discussão do vídeo *What is a flame?* em um processo de construção e apropriação conceitual.

Consideramos que as atividades envolvendo o Experimento 1 e o vídeo *What is a flame?* promoveram a aprendizagem conceitual. Ao solicitar que os estudantes realizassem previsões para o experimento foi possível conhecer suas compreensões a respeito do fenômeno e trabalhar concepções equivocadas. Os estudantes ressignificaram conhecimentos ao elaborar justificativas para um resultado que inicialmente previram e que depois observaram. Além disso, acreditamos que, mesmo em aulas remotas, a forma como o experimento foi desenvolvido promoveu o envolvimento e a curiosidade dos participantes em relação aos seus resultados, levando-os a construir variadas explicações para os fenômenos, como também aconteceu nos trabalhos desenvolvidos por Goto et al. (2018) e Kitaoka (2019). Ao elaborarem novas hipóteses, eles foram inserindo os conceitos científicos, em um processo de apropriação conceitual.

Consideramos que retomar a previsão e a elaboração/reelaboração de hipóteses, em variadas atividades, tanto nas atividades síncronas quanto nas assíncronas, propiciou um envolvimento dos estudantes com essas PE. A partir da reelaboração de hipóteses e do visível aumento de hipóteses classificadas como válidas (Marconi & Lakatos, 2011; Nunes, 2016; Nunes & Motokane, 2015; Santos & Galembeck, 2018), argumentamos que houve apropriação de conceitos.

Considerações Finais

Desenvolvemos este trabalho com a intenção de analisar, em aulas desenvolvidas no ERE, se estudantes construíram conhecimentos conceituais em atividades ancoradas em vídeo que exploraram a elaboração de hipóteses e previsões. Para isso, um experimento realizado em duas etapas envolveu a elaboração de previsões e hipóteses, a observação do resultado, a reelaboração das hipóteses, a reflexão de outros fenômenos relacionados, uma nova reelaboração de hipótese e, por fim, a discussão síncrona para concluir o

tema. Essas etapas foram cruciais para que o entendimento acontecesse no contexto do ERE. A construção coletiva do conhecimento em um espaço social de interação entre os sujeitos, comum em um ensino presencial e, de certa forma, em aulas síncronas, é de extrema importância para o processo de ensino e de aprendizagem (Sasseron & Duschl, 2016; A. Silva, 2015). Todavia consideramos que essa estratégia, usada para o ensino remoto, diante das condições atuais, foi produtiva para a construção do conhecimento, embora no ERE algumas limitações ficaram evidentes.

Entendemos que o conjunto de características escolhido e os critérios adotados para avaliar as hipóteses (Nunes; 2016; Nunes & Motokane, 2015) se mostraram eficientes para a análise e caracterização das hipóteses. Em relação às previsões, concordamos com Medeiros (2019) quando afirma que o trabalho com as PE em sala de aula permite identificar as concepções prévias dos estudantes e as dificuldades que possuem em se apropriar dos conhecimentos para explicar situações variadas. Fazer previsões e hipóteses e reelaborar essas hipóteses a partir de um resultado adverso ao previsto, além de suscitar o interesse dos estudantes, propiciou entendimentos conceituais e, também, da prática científica.

O uso do vídeo *What is a flame?* em uma aula síncrona, com a mediação da professora, tornou a comunicação mais dinâmica, facilitando a retomada de dúvidas levantadas em aulas anteriores, além da inserção de outros conceitos. Apesar de a participação dos estudantes de forma oral e por *chat* ter sido reduzida se comparada ao que poderia ter acontecido em uma aula presencial, consideramos que muitas dúvidas apresentadas pelos estudantes puderam ser esclarecidas. Na Atividade 5, realizada posteriormente à segunda aula síncrona, os estudantes elaboraram explicações para a maior ou menor liberação de fumaça e de energia em diferentes chamas. A cor da chama, a presença de carbono incandescente na chama, os reagentes e os produtos da combustão completa e da incompleta foram aspectos considerados nessas explicações, o que nos faz argumentar que os estudantes se apropriaram dos conceitos científicos explorados nos vídeos e nas aulas.

Essa sequência de atividades contribuiu para a ressignificação de alguns fenômenos presentes no dia a dia dos estudantes e para a aprendizagem conceitual a respeito de conteúdos como a combustão completa e incompleta, a densidade de gases em função da temperatura, o deslocamento de gases, entre outros. Ao final desse conjunto de atividades argumentamos que as práticas epistêmicas ofereceram contribuições significativas para os estudantes do Ensino Fundamental durante as aulas remotas, uma vez que eles se apropriaram de conceitos para explicar os fenômenos que foram colocados em discussão.

Consideramos que os resultados encontrados nesta investigação representam uma contribuição para a área de ensino de Ciências, uma vez que o ensino híbrido parece ganhar espaço no debate da comunidade especializada. O uso estratégico de vídeos e a condução de aulas por meio de práticas epistêmicas durante o ERE se mostraram positivos tanto para engajar os estudantes quanto para construir conhecimento conceitual. Isso

nos mostra que as práticas epistêmicas podem ser exploradas mesmo em ambientes em que a interação tende a ser menor quando comparada ao ensino presencial, embora isso exija uma reorganização das aulas e da disponibilização do conteúdo.

Porém nem sempre os professores estão familiarizados com a utilização de vídeos (produção, formatação etc.) em atividades escolares. Além de necessitar de equipamentos adequados, o cenário para gravação desses vídeos também é importante. Isso traz implicações para as instituições de ensino e para os cursos de formação de professores, uma vez que o preparo para essa “lida” não deveria ser responsabilidade única do professor.

Agradecimentos

FAPEMIG e CAPES.

Referências

- Barbosa, J. P. V., & Borges, A. T. (2006). O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 182–217. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6275>
- Ben Ames. (26 de Abril, 2012). *What is a Flame?* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5ymAXKXhvHI>
- Bicalho, H., Oliveira, L., & Justi, R. (2022). Processos de Produção de Representações Vivenciados por Estudantes em Contextos de Ensino Fundamentado em Modelagem. *Impacto*, (1), e65299, 1–37. <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/impacto/article/view/65299>
- Birk, J. P., & Lawson, A. E. (1999). The persistence of the candle-and-cylinder misconception. *Journal of Chemical Education*, 76(7), 914–916. <https://doi.org/10.1021/ed076p914>
- Brown, T. L., Lemay Jr., H. E., Bursten, B. E., & Burdge, J. R. (2005). *Química: a ciência central* (R. M. Matos, Trad.). Pearson Prentice Hall (1993).
- Clark, D. B., Sengupta, P., Brady, C. E., Martinez-Garza, M. M., & Killingsworth, S. S. (2015). Disciplinary Integration of Digital Games for Science Learning. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s40594-014-0014-4>
- Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291. <http://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Ferraz, A. T., & Sasseron, L. H. (2017). Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover a argumentação em aulas investigativas. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 19(1), 1–25. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190117>

- Gil-Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125–153. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>
- Goto, T., Nakanishi, K., & Kano, K. (2018). A large-scale longitudinal survey of participation in scientific events with a focus on students' learning motivation for science: Antecedents and consequences. *Learning and Individual Differences*, 61, 181–187. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.12.005>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Brocos, P. (2015). Desafios Metodológicos na pesquisa da argumentação em Ensino de Ciências. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe), 139–159. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s08>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Mortimer, E. F., Silva, A. C. T., & Bustamante, J. D. (2008). *Epistemic practices: an analytical framework for science classrooms*. Annual Meeting of American Educational Research Association (AERA), New York, USA.
- Justi, R. (2015). Relações entre argumentação e modelagem no contexto da Ciência e do Ensino de Ciências. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe), 31–48. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s03>
- Kasseboehmer, A. C., & Ferreira, L. H. (2013). Elaboração de hipóteses em atividades investigativas em aulas teóricas de Química por estudantes do ensino médio. *Química Nova na Escola*, 35(3), 158–165. http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc35_3/04-RSA-15-12.pdf
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, Activity and Epistemic Practice. In R. A. Duschl, & R. E. Grandy (Orgs.), *Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation* (pp. 99–117). Sense Publishers.
- Kelly, G. J., & Licona, P. (2018). Epistemic Practices and Science Education. In M. R. Matthews (Org.), *History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 139–165). Springer.
- Kitaoka, K. (2019). [北岡和樹] 授業実践報告「電気」～静電振り子のメカニズムの解明～ [Jugyō jissen hōkoku 'denki': seiden furiko no mekanizumu no kaimei]. *物理教育通信 [Butsuri kyōiku tsūshin]*, 174, 108–114. https://www.jstage.jst.go.jp/article/apej/174/0/174_108/_pdf/-char/ja
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. Atlas.
- Medeiros, J. G. T. (2019). *Explicações científicas escolares para o conceito de densidade a partir de atividades baseadas na POE (Previsão, Observação e Explicação)* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte). Repositório Institucional da UFRN. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/27518>
- Ministério da Educação (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino médio)*. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>
- Ministério da Educação (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base*. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>

- Mortimer, E. F., & Amaral, L. O. F. (1998). Quanto mais quente melhor: Calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, (7), 30–34. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/aluno.pdf>
- Nascimento, E. D. O., Silva, A. C. T., & França, E. C. M. (20–22 de Setembro, 2012). *Práticas Epistêmicas e Movimentos Epistêmicos: importância de cada categoria, relacionando-as em uma atividade investigativa de ciências*. VI Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”, São Cristóvão, Sergipe. <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/661/1/PraticasEpistemicasMovimentos.pdf>
- Nunes, T. S. (2016). *Características das hipóteses em sequências didáticas investigativas* (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.81.2017.tde-29032017-172339>
- Nunes, T. S., & Motokane, M. T. (24–27 de Novembro, 2015). *Características das hipóteses em sequências didáticas investigativas*. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Águas de Lindoia, São Paulo.
- Praia, J., Cachapuz, A., & Gil-Pérez, D. (2002). A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: Contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, 8(2), 253–262. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000200009>
- Quadros, A. L., Lobato, A. C., Buccini, D. M., Lélis, I. S. S., Freitas, M. L., & Carmo, N. H. S. (2015). A construção de significados em Química: A interpretação de experimentos por meio de uso de discurso dialógico. *Química Nova na Escola*, 37(3), 204–213. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/08-RSA-26-13.pdf
- Ratz, S. V. S. & Motokane, M. T. (2016). A construção dos dados de argumentos em uma Sequência Didática Investigativa em Ecologia. *Ciência & Educação*, 22(4), 951–973. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160040008>
- Rosa, P. R. S. (2000). O uso dos recursos audiovisuais e o Ensino de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 17(1), 33–49. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6784/6249>
- Santini, J., Bloor, T., & Sensevy, G. (2018). Modeling Conceptualization and Investigating Teaching Effectiveness: A Comparative Case Study of Earthquakes Studied in Classroom Practice and in Science. *Science & Education*, 27(9–10), 921–961. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-0016-6>
- Santos, P. C., & Arroio, A. (21–24 de Julho, 2008). *Análise dos trabalhos apresentados nos ENPECs de 1997 a 2005 onde são abordados o uso do audiovisual no ensino de Química*. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), Curitiba, Paraná.

- Santos, V. G., & Galembeck, E. (2018). Sequência Didática com Enfoque Investigativo: Alterações Significativas na Elaboração de Hipóteses e Estruturação de Perguntas Realizadas por Alunos do Ensino Fundamental I. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 18(3), 879–904. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183879>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59–77. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/>
- Sasseron, L. H., & Duschl, R. A. (2016). Ensino de Ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 52–67. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/19>
- Scarpa, D. L. (2015). O Papel da Argumentação no Ensino de Ciências: lições de um workshop. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe), 15–30. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s02>
- Silva, A. C. T. (2008). *Estratégias enunciativas em salas de aula de química: Contrastando professores de estilos diferentes* (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais). Repositório Institucional da UFMG. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/FAEC-84KND6>
- Silva, A. C. T. (2015). Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe), 69–96. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s05>
- Silva, E. P. C., Franco, L. G., & Matos, S. A. (25–29 de Janeiro, 2021). *Análise de práticas epistêmicas em uma sequência didática sobre o sistema respiratório*. VIII Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO), Fortaleza, Ceará.
- Silva, M. B., & Trivelato, S. L. F. (2017). A mobilização do conhecimento teórico e empírico na produção de explicações e argumentos numa atividade investigativa de Biologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(2), 139–153. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p139>
- Silva, M. B. (2015). *A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia* (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.48.2015.tde-20052015-100507>
- Stroupe, D., Caballero, M. D., & White, P. (2018). Fostering students' epistemic agency through the co-configuration of moth research. *Science Education*, 102(6), 1176–1200. <https://doi.org/10.1002/sce.21469>
- Trivelato, S. L. F., & Tonidandel, S. M. R. (2015). Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe), 97–114. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s06>

Vigotski, L. S. (2009). *A construção do pensamento e linguagem*. Martins Fontes.

 **Luciana Nami Kadooca**

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
lkadooca@gmail.com

 **Ana Luiza de Quadros**

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
aquadros@qui.ufmg.br

Editora Responsável

Márcia Gorette Lima da Silva

Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e de Isenção de Interesse

Os autores declaram ter cuidado de aspectos éticos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e não ter qualquer interesse concorrente ou relações pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado no texto.
