Tangram
Revista de Educação Matemática

UFGD Universidade Federal da Grande Dourados

Artigo original

As queimadas e a poluição atmosférica: a pluralidade de linguagens mediando a experimentação didática

Wildfires and air pollution: the plurality of languages mediating didactic experimentation

Incendios forestales y contaminación atmosférica: la pluralidad de lenguajes que median la experimentación didáctica

Maria Amélia Monteiro[1,*], Ademir de Souza Pereira[2]

Citação: Monteiro, M. A., & Pereira, A. S. (2026). As queimadas e a poluição atmosférica: a pluralidade de linguagens mediando a experimentação didática. *Tangram:* Revista de Educação Matemática, Volume, 9, e026021, https://doi.org/10.30612/tangram.v9i1.21715

Editores: Prof. Dr. Ademir de Souza Pereira – UFGD/Brasil e Prof. Dr. Leonardo Fábio Martinez Perez – UPN/Colômbia.

Recebido: 16/06/2026
Aceito: 13/09/2026
Publicado: 14/10/2026

Texto sobre copyright.

Três Criativos Agência Design
Diagramação

1. Universidade Federal da Grande Dourados/UFGD, Licenciada em Física e Doutora em Educação para a Ciência

2. Universidade Federal da Grande Dourados/UFGD. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Licenciado em Química e Doutor em Educação para a Ciência

* Autor correspondente: mariamonteiro@ufgd.edu.br

Resumo: Apresentamos uma experiência educacional implementada nos processos formativos de futuros professores de ciências, através da qual mobilizamos a experimentação didática articulada com distintos gêneros textuais a partir de uma abordagem nomeada Ciclo de Experimentação Didática. A temática conceitual foi a transferência de calor articulada com as queimadas de biomassas vegetais e seus desdobramentos na poluição atmosféricas e suas implicações, notadamente para os biomas e para a saúde humana. A abordagem foi desenvolvida em uma universidade pública brasileira, da qual participaram cinco licenciandos, cursando uma componente curricular da área ensino de física. As discussões emergentes apontam que a abordagem é bastante profícua para situar a experimentação didática em uma perspectiva que se distancia das abordagens tecnicistas, conferindo-lhes significados mais amplos e ao encontro de uma educação científico-tecnológica plural, notadamente corroborando para que os conceitos das ciências venham a fundamentar reflexões sobre ocorrências das vivências dos envolvidos.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Queimadas. Ciclo de experimentação didática.

Abstract: We present an educational experience implemented in the training processes of future science teachers, through which we mobilized didactic experimentation articulated with different textual genres from an approach called the Didactic Experimentation Cycle. The conceptual theme was heat transfer articulated with the burning of plant biomass and its consequences on atmospheric pollution and its implications, notably for biomes and human health. The approach was developed at a Brazilian public university, with the participation of five undergraduate students enrolled in a physics education course. The emerging discussions indicate that the approach is quite fruitful for situating didactic experimentation within a perspective that distances itself from technocratic approaches, giving them broader meanings and aligning with a pluralistic scientific-technological education, notably contributing to the use of scientific concepts to underpin reflections on the lived experiences of those involved.
Keywords: Atmospheric pollution. Fires. Didactic experimentation cycle.

Resumen: Presentamos una experiencia educativa implementada en los procesos de formación de futuros docentes de ciencias, mediante la cual movilizamos la experimentación didáctica articulada con diferentes géneros textuales, a partir de un enfoque denominado Ciclo de Experimentación Didáctica. El tema conceptual fue la transferencia de calor, articulada con la combustión de biomasa vegetal y sus consecuencias en la contaminación atmosférica y sus implicaciones, especialmente para los biomas y la salud humana. Este enfoque se desarrolló en una universidad pública brasileña, con la participación de cinco estudiantes de pregrado matriculados en un curso de didáctica de la física. Los debates surgidos indican que el enfoque resulta muy fructífero para situar la experimentación didáctica dentro de una perspectiva que se distancia de los enfoques tecnocráticos, otorgándoles significados más amplios y alineándose con una educación científico-tecnológica pluralista, contribuyendo notablemente al uso de conceptos científicos para fundamentar las reflexiones sobre las experiencias vividas por los participantes.
Palabras clave: Contaminación atmosférica. Incendios. Ciclo de experimentación didáctica.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na atualidade, há consenso entre pesquisadores, bem como entre grande parte dos formadores de professores e professores das ciências na educação básica que Ensino de Ciências proporcione aos estudantes a construírem significações mais amplas a partir das abordagens dos temas das ciências em sala de aula. Essas recomendações têm deixado marcas nas políticas públicas, impactado em reformas curriculares e, certamente, tem balizado a formação de professores, apesar de muitas resistências dissonantes. A aceitação majoritária dessa perspectiva, não significa que estejam de fato ou majoritariamente sendo implementadas nas salas de aula, haja vista os impedimentos de distintas naturezas.

Com o intento de que o ensino das ciências possa conferir significados mais autênticos aos estudantes, notadamente, motivando-os para a aprendizagem, em décadas recentes, pesquisas realizadas com professores das ciências na educação básica apontaram que, para esses, a ausência de atividades experimentais nas escolas seria a principal responsável pelo insucesso na aprendizagem das ciências (Borges, 1997; Hodson, 1994; Arruda & Laburú, 1998; Garcia Barros & Martinez Losada, 2003). Acrescente-se que esses autores se referem a investigações realizadas em distintos países. Inclusive Borges (2002) opina que, haja vista que nos países onde atividades experimentas foram amplamente utilizadas, a sua eficácia continuava questionável. Para isso, defende que as atividades experimentais para serem eficientes, certamente, devem ir além do manuseio de aparatos.

Considerando a possibilidade de se abordar a experimentação didática no ensino das ciências, mais recentemente, várias reflexões têm sido construídas em torno dessa condição, as quais necessitam ser incorporadas na formação dos futuros professores e assim colaborar com a superação do “mito do laboratório” das ciências, o qual ainda tem seu lugar assegurado no ideário de professores de distintos níveis de ensino. Para tal, é imprescindível atentar-se satisfatoriamente para diretrizes dos campos da epistemologia, da psicologia, das linguagens e outros. Trazendo à baila algumas reflexões construídas mais recentemente em torno do uso da experimentação didática, podemos citar a necessidade de se diferenciar entre o papel do laboratório na construção da ciência e no ensino das ciências e superar a concepção de que o uso do experimento não é problemático (Hodson, 1988); desenvolver pesquisas sobre a aprendizagem e outras possibilidades conferidas aos estudantes quando mobilizam a experimentação didática e assim superar lacunas na formação de professores de ciências para trabalharem a contento com essa experimentação (Pena & Ribeiro Filho, 2009); atentar-se para as potencialidades do uso da experimentação didática a partir da semiótica/multimodalidade representacional (Laburú & Silva, 2011); apenas para citar algumas.

Estudos sobre experimentação no Ensino de Ciências têm destacado a necessidade de superar práticas centradas exclusivamente na execução de procedimentos, na comprovação de teorias ou na observação de fenômenos previamente conhecidos. Paralelamente, as pesquisas sobre linguagem e multimodalidade evidenciam que a compreensão dos fenômenos científicos não se constrói apenas pela linguagem verbal, mas pela articulação entre falas, textos escritos, imagens, gráficos, representações e observações experimentais. Apesar desses avanços, ainda são necessárias investigações que examinem como diferentes linguagens podem ser mobilizadas, de maneira articulada, na experimentação desenvolvida durante a formação inicial de professores.

O nosso propósito é abordarmos sobre a implementação de interações ocorridas em torno de uma atividade experimental junto a futuros professores de ciências/física para a educação básica, mediada por distintos gêneros textuais e pelas interações verbais entre os participantes. A temática central foi a transferência de calor, sendo essa contextualizada com a geração de poluição atmosférica, notadamente a poluição originada pela queima de biomassas vegetais (queimadas), seus agentes poluentes e vínculos cos os impactos ambientais.

QUEIMADAS E A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A poluição atmosférica caracteriza-se pela presença de gases e materiais particulados em concentrações capazes de produzir efeitos adversos sobre o ambiente, o clima, a saúde e o bem-estar humano. Suas fontes podem ser naturais, como emissões vulcânicas, tempestades de areia e incêndios provocados por descargas elétricas, ou antropogênicas, decorrentes de atividades industriais, transportes, geração de energia, manejo agropecuário e queima de biomassa (Lisboa, 2014; Instituto Nacional de Câncer, 2023). A multiplicidade dessas fontes e de seus efeitos faz com que a qualidade do ar também seja considerada na formulação de políticas de desenvolvimento (Basso, 2022).

As emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis contribuem para elevar a concentração de poluentes, especialmente em regiões urbanas e industriais. Em situações de inversão térmica, uma camada de ar mais quente se sobrepõe ao ar mais frio próximo à superfície, reduzindo a circulação vertical e dificultando a dispersão dos poluentes. Assim, a inversão térmica não é provocada diretamente pelo uso de combustíveis fósseis, mas constitui uma condição

atmosférica que favorece a permanência e a concentração de gases e partículas próximos ao solo (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018).

Em dadas localidades brasileiras, temos convivido periodicamente com os impactos da poluição do ar decorrente da queima de biomassas vegetal - as queimadas. O frequente deslocamento das massas de ar poluídas pode causar alterações nos ciclos biogeoquímicos naturais, na dinâmica dos nutrientes do solo e dos vegetais, tanto na região produtora quanto noutras receptoras dessas massas (Freitas et al., 2005). Mais recentemente, outra frente de queimadas tem sido identificada na região agrícola brasileira denominada MATOPIBA, responsável por 10% da produção brasileira de grão e fibras. Essa, compreende parte dos Estados do Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI) e Bahia (BA) implicando em impactos in loco, notadamente na devastação dos biomas Cerrado e Caatinga, predominantes na região (Coelho et al., 2023).

Embora a origem dessas queimadas decorra da ação humana, visando sobretudo a expansão de fronteiras e/ou produção agropecuária e outras, não podemos desprezar as queimadas espontâneas, consequentes das altas temperaturas associadas a incidência da radiação solar em períodos de estiagem, notadamente, entre os meses de julho a outubro (Freitas et al., 2005).

A poluição atmosférica, originada pelas queimadas carece de considerações e entendimentos mais amplos e não se restringir apenas a objeto de investigação dos ambientalistas e do controle pelos gestores públicos. Lisboa (2014) menciona que, desde 2005, o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) divulgou avaliação, construída a partir de dados de gestores ambientais, afirmando que a maior fonte de poluição do ar no Brasil não é decorrente das indústrias e dos usos dos combustíveis fósseis. Queimadas enquanto queima das biomassas depende do seu tipo e da umidade, além de fatores ambientais como a temperatura, umidade relativa do ar e ventos. Na biomassa vegetal, iniciado o processo de ignição, vem o aquecimento e, conjuntamente, a vaporização dos gases combustíveis. Prosseguindo, se inicia o estágio com a presença de chamas (flaming) o qual é o mais efetivo da combustão. Neste, a temperatura se eleva e provoca ruptura com as moléculas constituintes da biomassa, decompondo-a em partículas com alto percentual de carbono elementar (Lobert & Warnatz, 1993).

No estágio da combustão com chamas, as temperaturas elevadas favorecem o surgimento de compostos de natureza gasosa, como o vapor d'água; mo-

nóxido de carbono; dióxido de carbono; dinitrogênio; óxido nítrico e dióxido de enxofre. A partir da diminuição das condições para a manutenção das chamas, como a indisponibilidade de biomassa ou a ocorrência de chuvas, por exemplo, inicia-se o estágio do arrefecimento (smoldering).

Um agravamento da poluição atmosférica a partir da queima das biomassas e doutras fontes ocorrem porque também liberam materiais particulados (MPs), os quais não permanecem restritos aos locais das fontes emissoras. À medida que esses MPs são incorporados às massas de ar, deslocam-se por vários quilômetros, juntando-se a poluições doutras fontes, principalmente, nos grandes centros residenciais e industriais (Lisboa, 2014). Igualmente aos compostos gasosos, os MPs também podem ser diretamente emitidos pelas fontes primárias ou serem secundariamente formados na atmosfera. Conforme Arbex et al. (2012), em decorrência dessa condição, os MPs são os poluentes do ar mais investigados. Acrescentam que os poluentes atmosféricos primários mais investigados no Brasil e no mundo são os óxidos de nitrogênio, o monóxido de carbono, o dióxido de enxofre e os compostos orgânicos voláteis (COVs).

Quando em suspensão no ar, os MPs assentam-se por meio da atuação da força gravitacional, cujo processo é nomeado deposição seca. Logo, quando maior a densidade dos MPs, menor o tempo de permanência no ar. Além desse, outro determinante para os MPs não permanecerem em suspensão no ar é o fenômeno da coagulação, mais eficiente em partículas com diâmetros inferiores a 0,1 μm. A uma mesma temperatura, as partículas menores possuem menor chance de ricochetearem em consequência dos movimentos brownianos. Com isso, diminuem as possibilidades de coagulação (Brito, Sodré & Almeida, 2018).

As dimensões dos MPs são relacionadas às fontes emissoras, característica que se presta para suas classificações. Os MPs atmosféricos possuem diâmetro variando de aproximadamente 0,002 μm ($MP_{0,002}$) a 100 μm (MP_{100}), embora os menores que 1 μm e os maiores que 50 μm sejam pouco frequentes na atmosfera, em consequência dos processos de deposição seca e coagulação. A natureza dos MPs também se presta como indicador da fonte de poluição atmosférica ou para a exclusão de fontes. O íon potássio (K^+), por exemplo, frequentemente é utilizado como indicador da queima de biomassa vegetal, haja vista ser um íon muito presente no desenvolvimento dos vegetais (Idem).

Os poluentes atmosféricos, constituídos por gases e materiais particulados emitidos por fontes diferentes, possuem distintos períodos de reatividade. Os po-

luentes com vida curta ou Poluentes Climáticos de Vida Curta (PCVC) possuem vida relativamente curta na atmosfera, cujos principais componentes são o carbono negro, o metano, o ozônio troposférico e alguns hidrofluorocarbonetos. As principais fontes do carbono negro são a queima de biomassa ao ar livre, motores a diesel e a queima de alguns combustíveis sólidos, como o carvão e a madeira. Em relação ao metano, as principais fontes produtoras estão vinculadas a criação de animais, a agricultura, estações de tratamento de esgotos e os aterros sanitários.

Quanto as implicações dos PCVCs, possuem efeitos nocivos sobre os mais distintos ecossistemas e consequentemente sobre a produção agrícola e ainda sobre a saúde humana. Os materiais particulados, cujo principal componente é o carbono negro, implicam efeitos bastante adversos sobre os sistemas respiratório, ocular e sanguíneo humano, podendo evoluir ao óbito (Arbex et al., 2012).

A poluição atmosférica é um fator que representa agravamento de risco à saúde da população, notadamente, para as crianças, idosos e portadores de vulnerabilidades respiratórias e cardiovasculares. De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (2018), as patologias respiratórias e cardiovasculares estão entre as patologias crônicas não transmissíveis que mais contribuem com o quantitativo de óbitos no mundo, as quais, anualmente, contabilizaram 17,9 milhões e 3,9 milhões, respectivamente.

Investigações específicas sobre os malefícios das queimadas, disponibilizadas pela Organização Mundial da Saúde (2022), apontam que os principais causadores desses são os $MP_{2,5}$ e MP_{10}, o monóxido de carbono, a fumaça, o ozônio, o dióxido de nitrogênio, os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, como também o dióxido de enxofre. Arbex et al. (2012) alertaram que, em consequência da grande área de contato do sistema respiratório com o ar, os agentes poluidores são diretamente inalados através dos pulmões, atingindo a circulação sanguínea e, consequentemente, outros órgãos.

Um marco emblemático relacionado à poluição atmosférica ocorreu na cidade de Londres, em dezembro de 1952, o qual se tornou conhecido como The Big Smog (O Grande Nevoeiro). Com a diminuição da temperatura e o intenso uso de carvão mineral para aquecimento nas residências durante cinco dias, ocorreu uma inversão térmica. Um grande nevoeiro pairou sobre a cidade, levando 12.000 pessoas a óbito e 100.000 a infecção respiratória, aproximadamente. Pelas condições do clima, gases e materiais particulados ficaram sem dispersão (Brito, Sodré & Almeida, 2018).

Diante de suas dimensões científicas, tecnológicas, ambientais, sociais e sanitárias, as queimadas constituem uma temática pertinente ao Ensino de Ciências. Sua abordagem permite articular conceitos relacionados à combustão, à transferência de calor, à composição e ao deslocamento da fumaça, além de problematizar as causas e os efeitos socioambientais da poluição atmosférica. Essa articulação fundamenta a atividade experimental analisada neste estudo e possibilita ultrapassar uma abordagem restrita à observação do fenômeno físico.

O ENSINO DAS CIÊNCIAS E AS MÚLTIPLAS SEMIOSOSES

Desde as últimas décadas do século XX, considerações do campo das linguagens tem se aproximado e se fortalecido no campo do ensino das ciências, resultando em possibilidades promissoras. Tanto que, distintas perspectivas da linguagem já têm lugar assegurado nas pesquisas do ensino das ciências, no sentido de ser imprescindível para a construção de uma educação científica autêntica, pautada nas interações interpessoais e com vínculos culturais. Inclusive, essa aproximação, tem deixado marcas em documentos oficiais brasileiros, a exemplo da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), onde alegam que a adoção das distintas linguagens possibilita a valorização da diversidade de saberes e vivências. Apesar das investigações, a complexidade da articulação desses campos, não se encontra esgotada. Mas, demandam várias outras, sobretudo em contextos específicos, como a formação de professores das ciências e no ensino das ciências.

Paralelamente as aproximações dos campos anteriores, o desenvolvimento das tecnologias das comunicações, sobretudo as digitais e em rede, tem alcançado aprimoramentos e otimizações em escala exponencial, favorecendo as mais distintas interações síncronas e assíncronas. Como consequência, tem impactado nas relações do âmbito pessoal, recreativo, corporativo, educacional e outras. A partir desse desenvolvimento das comunicações, o acesso quase instantâneo a dados das mais diversas naturezas, favorecem o trânsito de informações e a mobilização dos mais diversos textos, sobre os quais adotamos a perspectiva ricoeuriana.

Para Ricoeur (1976), o texto não se encontra limitado a impregnação da escrita em bases fixas, considerado como o noema (husserliano) do ato de fala, mas, transcende a tudo que possibilita a leitura e a interpretação. Dentre esses, as ações humanas; a história; os monumentos e outros. Enquanto evento da linguagem, o texto incorpora discurso, sendo permeado de referência e significação. Logo adentrando na semântica e na semiótica. Ou seja, o discurso indo além do textual, ao encontro da hermenêutica dialógica do autor.

Diante do panorama complexo e plural que perpassa pelas linguagens, Lemke (2006) advoga que a educação científica não poderá se manter a margem do desenvolvimento advindo das comunicações e acesso aos dados. Com isso, construiu defesas para que a educação científica também refratasse as possibilidades comunicacionais recentes, haja vista as disponibilidades de acesso às informações e, consequentemente, da construção das mais distintas semioses, as quais impactam diretamente na construção dos saberes.

Em distintas perspectivas teóricas, a mobilização das linguagens confere amplas implicações para o ensino, sobretudo o ensino das ciências. Em sintonia com essa possibilidade, Lemke (1997) argumenta que uma das peculiaridades da linguagem das ciências da natureza relaciona-se ao seu vocabulário específico e complexo, haja vista ser formada por conceitos, cujo uso preciso não é do domínio público. Acrescenta que, para se compreender mínima e satisfatoriamente a linguagem das ciências, não basta se compreender o emprego de um conjunto de termos.

Lemke (2002) argumenta que a linguagem da ciência mobiliza distintos sistemas comunicacionais e representacionais, tais como diagramas e imagens em geral. O autor exemplifica particularizando com as equações, os mapas, as tabelas, as fotografias, as simulações, os vídeos, as narrativas, os textos, bem como as observações das atividades experimentais e as interações verbais sobre essas. Ou seja, trata-se de múltiplos semióticos visuais e verbais, as vezes materializados em bases físicas ou virtuais, com semântica própria e bem distintos da linguagem cotidiana, mas, quando integrados produzem novas significações. Logo, essa multiplicidade de semioses deverá ser incorporada ao ensino das ciências e os estudantes serem encorajados a interpretá-las em contextos específicos, bem como incorporá-las em suas escritas e debates.

Em suas explanações, Lemke (1997) defende que, desde a educação básica, os estudantes sejam iniciados nos processos de compreensão das terminologias das ciências. Logo, é imperativo que recorrentemente sejam oportunizados a escreverem e a debaterem sobre temas científicos e suas implicações. Além desses, o autor também tem apontado a importância de discutirem o planejamento e a implementação das atividades experimentais. Para isso, a recomendação é que nas aulas das ciências, os professores desenvolvam estratégias que oportunizem os estudantes a mobilizarem temas científicos a partir de distintas perspectivas do campo da linguagem, bem como, encorajando as interações entre eles.

Para viabilizar a participação dos estudantes sobre temáticas das ciências, Lemke (Idem) aponta a necessidade de recorrentemente serem encorajados a se tornarem mais participativos. Para tal, aponta chamamentos como: Quais suas ideias sobre esse tema? O que desejam saber sobre esse tema? Esses chamamentos fomentam as interações verbais em sala de aula, notadamente as interações em múltiplas direções, tendo em vista que, nem sempre o padrão da linguagem dos professores assegura uma comunicação autêntica e compreensível pelos estudantes. Ou seja, articular o ensino das ciências a uma prática comunicacional, vinculada ao contexto cultural dos participantes.

Em nosso entender, o panorama anterior incorpora um amplo desafio aos professores das ciências na educação básica. Esses perpassam pela necessidade de formações adequadas, no sentido de enfrentarem os desafios do contexto profissional, como aulas e programações fragmentadas, temáticas impostas através de órgãos administrativos alheios as demandas do contexto e outros. Para tal, desde os processos formativos iniciais, é imprescindível que os professores sejam oportunizados a mobilizarem distintas perspectivas das linguagens em suas futuras aulas. E para tal, se faz necessário fundamentações teóricas compatíveis. Com isso, um alerta aos elaboradores de currículos para a formação de professores das ciências.

Neste estudo, esses referenciais desempenham funções complementares. A perspectiva de Ricoeur (1976) sustenta uma concepção ampliada de texto como produção passível de leitura e interpretação. Bakhtin (2003), Marcuschi (2008) e Schneuwly e Dolz (2004) contribuem para compreender os gêneros como formas social e historicamente situadas de comunicação, que, ao serem incorporadas ao contexto escolar, passam por processos de seleção e transformação didática. Lemke (1997, 2002, 2006), por sua vez, permite compreender que os significa-

dos científicos são produzidos pela articulação de diferentes sistemas semióticos, como a linguagem verbal, as imagens, os gráficos, as representações químicas e a observação experimental.

Para os propósitos desta investigação, denominamos **gênero textual** a forma socialmente reconhecida de organização da comunicação, como a notícia e o texto de divulgação científica. A expressão **modalidade de linguagem** refere-se aos modos pelos quais os significados são produzidos e comunicados, como as modalidades verbal, escrita e visual. Já os **recursos semióticos** correspondem aos elementos empregados na produção desses significados, entre os quais se encontram fotografias, gráficos, fórmulas, esquemas, gestos, falas e representações químicas.

CICLO DE EXPERIMENTAÇÃO DIDÁTICA

Com o intento de desenvolver a experimentação didática em uma abordagem que possibilite refletir e discutir para além das situações idealizadas, nos orientaremos pelas proposições delineadas no Ciclo de Experimentação Didática (Ciclo), o qual mobiliza distintos gêneros textuais e possibilita que, através das linguagens, a mencionada experimentação se aproxime de situações vivenciais e reais, bem como das práticas culturais (Monteiro, 2023).

O Ciclo é constituído por cinco etapas ou fases, as quais deverão ser desenvolvidas em torno da experimentação didática. Cada uma das fases possui atribuições bem definidas, embora se complementem em torno da atividade experimental. As fases recebem as seguintes nomeações individuais: i. Mobilização dos gêneros textuais secundários; ii. Apresentação dos componentes e do arranjo da experimentação; iii. Realização da experimentação; iv. Fundamentos conceituais; v. Tecnologias, técnicas e práticas culturais.

Fase Mobilização dos gêneros secundários: No tocante aos gêneros textuais, é adotada a conceituação de Marcuschi (2008), que os considera como padrões comunicativos compartilhados socialmente. Pela dinâmica de modificação e ressignificação das comunicações, o autor afirma que o quantitativo de gêneros textuais é infindável. Além disso, os gêneros existentes não permanecem estáticos, mas apresentam plasticidade e incorporam modificações em

decorrência da época, contexto e situações relacionadas a suas mobilizações. Por tais características o autor os gêneros textuais como uma gramática social enunciativa por excelência.

Nesta fase, os gêneros textuais secundários relacionados a temática abordada e materializado em bases físicas/digitais são mobilizados como objeto didático. Podemos citar reportagens e notícias, poesias, as letras musicais, roteiros teatrais, imagens, tirinhas, imagens e outras que incorporam aspectos da temática abordada e implicações. Porém, é imprescindível atentar-se que muitos objetos didáticos que incorporam gêneros textuais, suas abordagens não foram elaboradas visando o contexto do ensino e da aprendizagem, tal como alertam Schneuwly e Dolz (2004).

A medida os estudantes procedem com a leitura e a interpretação desses objetos didáticos, poderão ser orientados a debaterem com os pares, desenvolverem a escrita produzindo outros gêneros textuais. Assim, familiarizam-se com termos científicos através da leitura, da escrita e das interações verbais, ao encontro das sugestões de Lemke (1997).

Fase Apresentação dos componentes e do arranjo da experimentação: Nesta se procede com a apresentação dos componentes físicos da atividade experimental, além de possíveis procedimentos a serem implementados. Logo, a configuração geométrica e a natureza dos componentes possibilitam especulações a priori da experimentação, corroborando com a elaboração de hipóteses e interações entre os participantes. A posteriori da experimentação, é recomendável que os prováveis efeitos com componentes doutra natureza e com outros arranjos físicos também poderão ser debatidos, no sentido de não esgotar a atividade em uma única configuração.

Para os que não possuem autonomia em um campo científico, a previsão dos fenômenos decorrentes da manipulação de um aparato experimental não denota ser trivial. Certamente por isso, prognósticos consistentes não serão manifestos, notadamente, na educação básica. No entanto, essa poderá ser uma etapa valiosa para a elaboração de hipóteses e para as interações verbais, favorecendo aproximação com a linguagem conceitual.

Fase Realização da experimentação: A priori da implementação da atividade experimental, a clareza dos propósitos dessa na educação científica pelo professor é condição indispensável para a condução satisfatória da atividade. Há quase

quatro décadas, Hodson (1988) apontou reflexões valiosas para se conduzir a experimentação no contexto do ensino das ciências. Por que implementar uma atividade experimental? Quais as contribuições que se espera dessa atividade para a educação científica? Como conduzir a atividade e o que se deve requerer dos estudantes? Os encaminhamentos possibilitam a emergência de abordagens relacionadas à natureza da ciência e implicações, as quais impactam na delimitação dos objetivos para a atividade.

Ao delimitar os objetivos para a atividade experimental, é desejável que o professor incorpore diretrizes que favoreçam a autonomia dos estudantes, como a opção pelo uso de outros materiais e arranjos.

Fase Fundamentos conceituais: Aqui são contemplados os conceitos em si. Trata-se de um gênero secundário (Bakhtin, 2003), mas, pela especificidade inerente ao gênero científico, na proposta **é** tratado distintamente dos demais. Nas abordagens da presente fase, priorizam-se explicações para os fenômenos relacionados à experimentação. Assim, o professor mobilizará os modelos explicativos para a análise dos fenômenos manifestos na experimentação em foco, assim como das implicações decorrentes do arranjo e constituição material dos aparatos e da manipulação desses.

Fase Tecnologias, técnicas e práticas culturais: A presente fase tem como propósito abordar aspectos das tecnologias, cujos processos de planificação, danos decorrentes da produção, rejeitos, usos e descartes trazem consequências para os participantes de um dado contexto ou mesmo para uma população mais ampla. Igualmente pertinente investigar os impactos sociais de algumas tecnologias, notadamente as implicações sobre as manifestações comportamentais dos usuários e nos traços culturais mais amplos incorporados as mais diversas práticas sociais.

Para a implementação do Ciclo, o professor poderá iniciar suas atividades em qualquer uma das fases constituintes, a depender do seu planejamento. A fase subsequente a primeira e as demais, também dependerá das opções do professor, o que possibilita considerar as interações desenvolvidas na fase anterior. Finalizada uma dada fase, não implica que não poderá retornar a mesma a posteriori. Além disso, a implementação de todas as fases deverá ser permeada pelas interações verbais entre o professor e os estudantes, sendo incentivados e requeridos a exporem suas reflexões e interagirem entre si.

A mobilização do Ciclo no contexto da formação de professores de ciências tem se mostrado profícua para fomentar interações verbais entre os participantes, além de vincular a temática central da experimentação com distintas situações, tais como as implicações tecnológicas estruturadas nos conceitos em análise, discussões de práticas culturais e ocorrências vivenciadas ou conhecidas pelos participantes, explicadas pelas abordagens correspondentes. Através da implementação do Ciclo, Monteiro e Pereira (2024), por exemplo, vincularam uma atividade experimental sobre os espectros de emissão atômica de algumas substâncias com uma ocorrência anterior de grande impacto ambiental no litoral do Nordeste brasileiro. Além do intenso envolvimento dos estudantes com as discussões e a implementação da experimentação, denotaram terem situado a atividade em uma perspectiva bastante ampla de possibilidades.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

A presente abordagem foi desenvolvida como parte da programação de uma componente curricular obrigatória, ofertada em uma universidade pública brasileira para futuros professores de Física. Essa componente curricular é constituída por 72 tempos de aula, implementada em encontros semanais, com 4 tempos de aula. A abordagem, aqui mencionada, foi desenvolvida em 12 tempos de aula, tendo ocorrido no segundo semestre do ano de 2024. Das interações, participaram cinco estudantes, aqui nomeados como estudantes E_a, E_b, E_c, E_d e E_e. Além desses, também ocorreu a participação da professora P.

A investigação possui abordagem qualitativa e natureza interpretativa, pois se concentra nos processos de interação, nas explicações apresentadas pelos participantes e nas mudanças observadas na mobilização dos conhecimentos ao longo de uma intervenção didática situada (Bogdan & Biklen, 1994). A atividade investigada integrou a programação regular do componente curricular, e sua análise tomou como unidade delimitada o desenvolvimento do Ciclo de Experimentação Didática com os cinco licenciandos participantes.

Com o intento de abordar a poluição atmosférica a partir de vários gêneros textuais vinculados à experimentação didática e as interações verbais, desenvolvemos o Ciclo de Experimentação Didática (Ciclo). A abordagem teórica visava contemplar a transferência de calor e o aparato experimental foi escolhido com o

intento de vincular a temática com a poluição atmosférica através da queima de biomassa vegetal. Os gêneros textuais mobilizados foram imagens (fotografias, gráficos e tabelas), notícia e texto de divulgação científica (TDC) relacionados a distintos aspectos da poluição atmosférica.

A investigação foi orientada pela seguinte questão: *como licenciandos em Física mobilizam conhecimentos científicos e diferentes linguagens durante um Ciclo de Experimentação Didática sobre transferência de calor, queimadas e poluição atmosférica?*

Como desdobramentos, procuramos compreender: a) quais explicações os licenciandos apresentaram para o movimento da fumaça; b) como essas explicações foram confrontadas e reformuladas diante do comportamento experimental inesperado; e c) como imagens, notícias e textos de divulgação científica contribuíram para relacionar o experimento às queimadas e à poluição atmosférica.

A professora responsável pelo componente curricular também atuou como pesquisadora, conduzindo os questionamentos, selecionando os materiais, organizando as etapas da atividade e interpretando os registros. Sua atuação, portanto, não foi externa ou neutra, mas constitutiva das interações analisadas. Para considerar essa condição, a interpretação procurou distinguir as explicações espontaneamente apresentadas pelos licenciandos daquelas produzidas após perguntas, informações ou recursos introduzidos pela professora. Reconhecemos, entretanto, que a dupla posição de professora e pesquisadora influenciou tanto a produção quanto a seleção e a interpretação dos dados.

DESENVOLVIMENTO INTERPRETATIVO DAS ABORDAGENS

Na presente abordagem, optamos por iniciar a implementação do Ciclo através da fase Apresentação dos componentes e do arranjo da experimentação, no sentido de entendermos se havia interesse dos estudantes pela aproximação com atividades experimentais. Dispomos os seguintes materiais: garrafa maleável e incolor (tipo pet); folhas de papel em branco e com imagens impressas; estilete e fósforos. Esses materiais foram apresentados um a um aos estudantes, os quais foram comunicados que os utilizaríamos na atividade experimental. Prosseguindo,

mencionamos que, o arranjo e os procedimentos básicos da atividade experimental seriam os seguintes: com uma folha de papel em branco, fazerem um cilindro (tipo canudo) o mais delgado possível. Com o estilete, perfurar uma pequena cavidade na lateral da garrafa e inserir uma extremidade do canudo de papel, de modo a ficar nivelado na horizontal. Em seguida, levar a extremidade externa do canudo à combustão. (Foram alertados para não permitirem a chama muito próxima à garrafa). A partir desse momento, se iniciaram as interações verbais.

E_a: Uma dúvida! Qual o lugar dessa cavidade? A altura que essa cavidade deve ser feita?

E_c: Se entendi /.../ parece simples.

P: A altura da cavidade? A princípio, vamos considerar o ponto médio. Depois, se aproximando da base e outra, da extremidade superior. Ou outras. Vamos analisar várias possibibilidades?

E_b: Analisar? O que analisar? Não sei. Não faço ideia.

P: Importante sua colocação /.../. Quando iniciamos uma investigação sobre um arranjo experimental, deveremos ter clareza daquilo que queremos analisar. Outros focos de investigação poderão surgir. Mas, inicialmente, deveremos ter um intento. Vamos lá /.../. Nesse arranjo, quando se leva o canudo a combustão, o que poderá surgir? O que surgirá? Qual o fenômeno?

E_a: O fogo. A chama se mantém. A queima do canudo, o tempo da queima do canudo /.../. Seria isso?

P: A chama, o tempo de queima do canudo. Sim. Poderão serem analisados. Algo mais?

E_a: Não está vindo agora?

E_d: Seria a fumaça?

P: Que fumaça?

E_d: Sim. A fumaça que vai sair do papel /.../ O papel queimando produz fumaça.

P: Analisar o comportamento da fumaça a partir da situação proposta. Agora, vamos escolher uma altura. Posteriormente, poderemos alterar algumas dessas condições inicialmente. Então, iniciemos. Antes, disso /.../. Haverá

produção de fumaça, quando levarmos a extremidade exterior do canudo a combustão, é isso? Todos concordaram. /.../. Então, vamos lá. Vamos analisar o deslocamento dessa fumaça, possibilidades, inicialmente. Após o início da combustão, para onde a fumaça irá se deslocar? Também associando com o questionamento de E_a /.../. Não podemos esquecer. Será que a altura h da cavidade interfere no deslocamento da fumaça?

E_b: A fumaça vai subir.

P: Entendi. Você opina que a fumaça subirá. Mas, vamos imaginar duas situações. A cavidade localizada na base da garrafa. Próximo dessa. Ou seja, uma altura h pequena. A outra cavidade localizada na extremidade superior da garrafa, tipo h', uma altura máxima possível (foram indicadas). A fumaça continuará emergindo? Ou seja, na direção vertical ascendente? O que acham?

Entre os estudantes, havia concordância que o movimento da fumaça sempre ascendia, independentemente da altura da cavidade de sustentação do canudo de papel.

P: Vamos aclarar algo. Vocês entendem que o movimento da fumaça será ascendente. Mas, entrará fumaça no interior da garrafa? Na discussão, denotaram certeza de que a fumaça seria produzida próximo a chama. No interior da garrafa não. Mas, surgiu um questionamento.

E_e: Essa garrafa está aberta ou fechada?

P: Garrafa aberta ou fechada? Faz diferença? (Não se posicionaram).

P: Vamos analisar as duas condições? Quero dizer/.../. Realizar o procedimento com a garrafa fechada e com a garrafa aberta, mas, mantendo as demais condições iguais.

Conforme mencionado para essa fase, notemos que, a partir da análise do aparato, surge a possível interferência de uma modificação no arranjo da experimentação, com possível implicações na manifestação do fenômeno a ser analisado. Aqui, o percurso da fumaça produzida pela combustão.

E_e: Bom. Se a garrafa estiver fechada, não sei. /.../ Se estiver aberta, irá entrar fumaça na garrafa.

P: Entenderam a colocação de E_e? O que acham?

E_d: Mas, por que só entrará fumaça se estiver aberta?

E_e: Eu pensei na seguinte situação /.../ Igual a um cigarro. Se você olhar o cigarro quando estiver aceso, próximo ao local que está queimando, sairá fumaça. /.../. Do outro lado, também. Em menor quantidade, mas, terá fumaça. Agora, quando está livre dos dois lados.

E_d: Ah! Agora entendi.

Notemos que E_e conjecturou sobre uma situação, fazendo analogia com outra situação vivenciada. Digo, em relação ao cigarro. Porém, não se referiu as causas daquela ocorrência prevista – a fumaça se deslocaria para o interior da garrafa, caso estivesse aberta.

P: Tudo bem, temos então duas possibilidades. Uma com a garrafa fechada e outra com a garrafa aberta. Segundo E_5, com a garrafa aberta, a fumaça emergirá no interior da garrafa e todos concordaram. É isso? Em síntese, foi condição aceita por todos, sem discordância.

Após a discussão anterior, a professora P buscou compreender a avaliação dos estudantes acerca do comportamento da fumaça no interior da garrafa, quando estivesse fechada. Mostraram-se reticentes, a priori, alegando que a parte superior da garrafa seria um limitante para a expansão livre da fumaça. Alguns (E_c e E_a) opinaram que, inicialmente, a fumaça ascenderia e, posteriormente, iria se deslocar até a base da garrafa, haja vista não poder ficar em repouso em uma localidade.

E_a: Já que está aquecida, a fumaça vai subir. Como na chaminé. /.../ Agora, se a garrafa está fechada, a fumaça irá circular dentro da garrafa. Não vai ficar parada no gargalo da garrafa.

P: Mas, por que irá subir quando aquecida? O que explica isso?

Notemos que, nessa discussão, a professora P, conduz o foco para a fase Fundamentos conceituais, a partir do questionamento a E_a.

E_a: O ar aquecido sobe, /.../ se desloca para cima. Ao contrário do frio.

P: Quem complementa?

E_e: Como assim?

P: O ar aquecido se desloca para cima. Como explicar a partir de uma teoria?

E_e: Entendi. Vamos ver. Está relacionado com a densidade /.../ Assim. O ar é um fluido, certo? Como a água. Quando vai aquecendo, vai se expandindo. Aumentando o volume. Aí a densidade diminui. Maior volume, menor densidade. Tende a subir.

P: Alguém associa com outra situação?

E_e: Como o isopor na água. Sim, o mesmo princípio da densidade.

P: Vamos a experimentação? Mas, vamos à síntese. Pelo que estou ouvindo, comentaram, opinam que se a garrafa estiver aberta, a fumaça sairá. Sairá da garrafa, após ascender. Caso esteja fechada, a fumaça se acumulará no gargalo, inicialmente e após um certo acúmulo, descerá. É isso? Outra /.../ Percebam que não falamos em variar o comprimento dos cilindros, dos canudos de papel. Outro parâmetro que poderá ser trazida para a experimentação.

$E_{b:}$ Sim. É isso. Eu estou entendendo assim. /.../ Acho que todos /.../.

E_c: A garrafa aberta ou fechada é uma condição. O tamanho do canudo é outra. Simples, mas, eu não pensei nisso. /.../. Mas, faz sentido. Isso modifica tudo.

Notemos que, a incursão a fase Fundamentos conceituais esteve articulada com a fase Apresentação dos componentes e do arranjo da experimentação, a medida em que se prestou como embasamento teórico para as conjecturas apresentadas sobre as possibilidades da experimentação. Essas discussões ocorreram em um único encontro, com duração de quatro tempos de aula.Notemos que, através da explanação anterior, foi possível os estudantes apresentarem suas hipóteses iniciais sobre a experimentação, apresentarem fundamentos teóricos e interagirem verbalmente. Ou seja, situação que se assemelha ao que Lemke (1997) propõe para estudantes da educação básica – serem oportunizados a falarem e a debaterem suas ideias. Para tal, a importância de serem conduzidos para tal interação, as quais ocorreram em quatro tempos-de aula.

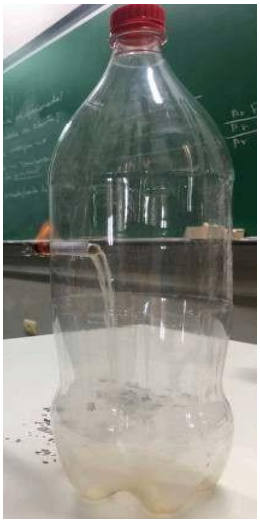

Figura 1. Liberação de fumaça no interior do recipiente.

Fonte: Os autores, 2024.

No encontro seguinte, o retomarmos as interações, revisamos todas as possibilidades apontadas para o arranjo do aparato experimental. Em seguida, iniciamos a fase Realização da experimentação. Perfuramos uma cavidade na lateral da garrafa, na posição um pouco acima do ponto médio da altura máxima e perpassamos um canudo de papel branco, sem uso prévio.

Com a parte superior da garrafa fechada, levamos a extremidade exterior do canudo a combustão, até que a chama ficasse a uma distância segura da superfície da garrafa. Através da Figura 1, o comportamento da fumaça após os instantes iniciais da combustão do papel.

O comportamento da fumaça no interior da garrafa contrariou as expectativas de todos os estudantes. A fumaça que ia penetrando o interior da garrafa em vez de emergir, inicialmente, submergia, assemelhando-se a uma cascata e se acumulava na base do recipiente. A fumaça próxima a chama, emergia, conforme esperado.

A constatação anterior gerou várias conjecturas explicativas entre os estudantes, vinculadas a uma situação idealizada, na qual o ar aquecido no interior do recipiente teria a sua densidade diminuída, ascenderia e com o posterior arrefecimento, descenderia e geraria uma corrente de convecção.

Notemos que os estudantes perpassaram pela fase Fundamentos conceituais, a medida em que buscavam explicar as expectativas. No entanto, em nosso entender, desprezaram a complexidade da situação, a queima de um material com alto teor de celulose, cuja fumaça transporta materiais particulados e gasosos. Continuando, a professora P iniciou a mediação.

P: Não esperavam o movimento descendente da fumaça. Além disso, E_c está atribuindo tal comportamento ao fato do recipiente se encontrar fechado. Mas, percebam que em todos os momentos, a fumaça esteve se deslocando para a base da garrafa.

E_3: Isso mesmo. Aberta, a garrafa aberta, será não subiria como em várias outras situações?

P: Tudo bem. Então, vamos analisar várias possibilidades. Implementar a experimentação com a garrafa aberta e com a cavidade em várias alturas. Além dessa, vamos também analisar o comportamento da fumaça quando se usa um canudo feito com papel com figuras impressas, variando também as dimensões do canudo. Deveremos analisar essas variações uma a uma.

E_e: Não entendi /.../. Por que o papel com figuras?

P: Seguinte. O canudo feito com papel que tenham figuras impressas.

E_e: Mas, por que o papel com figuras?

P: O papel com figuras para analisar se a tinta da impressão interfere no comportamento da fumaça. Na direção da fumaça. Também, deveremos analisar outras variáveis. Conforme já falamos, analisar se a altura h da catividade, o tamanho do canudo e até a impressão do papel interferem. Mas, analisemos separadamente.

E_e: Agora entendi. /.../. Ficou claro.

E_c: Certo. Vamos analisar a variação da altura h dessa cavidade. Mas, essa ficará aberta?

P: Vamos usar a fita crepe pra vedar essa cavidade e não usar outros recipientes /.../.

Dando prosseguimento, em seguida, foram experimentados o comportamento da fumaça para algumas variações do arranjo, a saber: variação da altura da cavidade na garrafa; canudo de papel impresso; canudo com menor comprimento.

Semelhantemente a primeira situação, não foi evidenciando nenhuma mudança significativa no comportamento da fumaça, nem no interior, tampouco no exterior do recipiente.

A partir das condições anteriores, começamos a especular acerca dos motivos desse comportamento inesperado da fumaça. Os estudantes que participavam na atividade não aventaram nenhuma nova conjectura. Assim, buscamos articular uma análise do objeto da investigação com o referencial teórico. Logo, o encaminhamento para a fase Fundamentos conceituais, ou seja, buscando um modelo teórico para explicar o fenômeno. No entanto, percebemos a necessidade de analisar o aparato a partir da sua complexidade. Não dispúnhamos de um fluxo de ar aquecido, apenas. Mas, um fluxo de ar que transportava materiais particulados.

> P: Na situação em análise, quais os conceitos para a explicação das ocorrências? Ou melhor, quais os conceitos físicos, químicos e outros relacionados a atividade experimental proposta? Isso é importante para conhecermos a experimentação em si e, principalmente, para desenvolvermos uma explicação para ela, para o que se mostra - o fenômeno em si. /.../

Pelas interações verbais, a concepção prevalecente era de que a experimentação seria explicada pelo fenômeno da transferência de calor. Que a fumaça deveria ir para a parte superior da garrafa, justificando tanto através da variação de densidade pelo aquecimento, quanto pelas visualizações de situações anteriores. Embora não tenham mencionado a terminologia, mas estavam se referindo as correntes de convecção. Mas, por que essa expectativa não foi correspondida pela situação? /.../ Não ocorreram posicionamentos. Prosseguindo, brevemente explanamos sobre a transferência de calor por condução, radiação e convecção.

> P: Tudo bem. Em síntese, o ar aquecido deveria se deslocar para a parte superior. Mas, o que explica essa previsão?
>
> E_c: O ar aquecido se expande /.../ e então tende a subir. Isso ocorre em várias situações. A fumaça sobe, sempre. /.../. Aqui, não.
>
> P: Entendo que todos estão concordando com E_c. /.../ Vamos lá. O ar se expande com o aquecimento. Ou seja, há expansão do volume. /.../
>
> E_d: Então, /.../ a densidade do ar diminui /.../ Menor densidade o ar flutua como o isopor na água.

Notemos que tanto E_c quanto E_d se reportam a outras vivências. E_d faz referência a situação distinta, porém explicada pelo mesmo princípio – flutuação do isopor devido a menor densidade em relação a água ou o meio. Porém, através das interações verbais dos estudantes, percebíamos que consideravam a fumaça como ar aquecido, apenas. Não consideravam a deposição de partículas e vapores na fumaça. Além disso, também não consideravam um dado arrefecimento da fumaça antes de penetrar o interior do recipiente, devido a transferência de calor para o canudo.

P: Vamos lá. Como a fumaça é levada para o interior do recipiente?

E_a: Pelo canudo.

P: Pelo canudo. E a temperatura dessa fumaça varia?

E_a: No canudo? /.../. Ah, temperatura diminui. A fumaça perde calor para o canudo.

E_c: /.../. Como na churrasqueira. A chaminé fica aquecida.

E_a: Mas, será que o ar fica tão frio assim? Frio para cair quando está dentro da garrafa.

E_c: Perde calor. Perde calor, sim. Mas, não prá cair dentro da garrafa. /.../ Não fica tão fria assim. Na chaminé, continua subindo lá em cima.

P: Estão considerando alguma influência da combustão do papel? Essa propicia apenas o aquecimento /.../ quero dizer, a combustão propicia apenas o aquecimento do ar?

E_b: Sim. A queima do papel que apenas aquece o ar.

P: Apenas aquece?

E_b: Sim. /.../ E produz fumaça.

E_a: E as cinzas. Mas, ficam foram.

P: E o que mais está sendo produzido em consequência da combustão?

E_b: As cinzas. Sim. Produzem cinzas. Mas, essas não interessam. Não interferem

P: As cinzas não interferem na fumaça? O que são as cinzas?

Notemos que os estudantes estavam considerando a fumaça como ar aque-

cido, apenas, denotando dificuldade de analisarem a situação a partir de uma condição não idealizada. A partir dessa constatação, adentramos na fase Fundamentos conceituais, abordando a combustão como uma reação química. Explanamos sobre os processos de combustão envolvendo o papel. Nesta etapa, mobilizamos algumas imagens, as quais indicavam os possíveis compostos formados no processo.

E_a: Muitas coisas. Não pensei nisso. E ainda, vocês perceberam umas gotas d'agua dentro da garrafa? No fundo? /.../ Pode ser mudança de estado? Mas, vejam a cor amarelada da água.

Até o alerta de E_a, os demais as mencionadas gotas d'agua, como também a coloração.

E_d: A formação da água, tudo bem. É a condensação. Agora, essa cor amarelada, apenas a condensação não explica. Mas, com essa explicação, faz sentido.

Procedemos com as considerações finais sobre a experimentação, haja vista que o término do encontro se aproximava. Porém, nas interações entre os estudantes, percebemos que estavam cientes da necessidade de analisar a atividade a partir da complexidade dos processos e materiais envolvidos, diferentemente, das abordagens envolvendo apenas lápis e papel.

Iniciando o encontro seguinte, a professora solicitou aos estudantes relatarem verbalmente as ocorrências do encontro anterior. Visando uma aproximação da experimentação com o contexto vivencial, adentramos na fase Mobilização dos gêneros textuais secundários. Para isso, e disponibilizamos um pequeno TDC, no qual, através da linguagem imagético-verbal, abordavam que a combustão era uma reação química, através da qual ocorria transformação da matéria. Após uma breve análise do TDC, analisamos a combustão do papel, formada basicamente por celulose ($C_6H_{10}O_5$), ao mesmo tempo associávamos com a explanação do encontro anterior.

Com o intento de focar na ocorrência das queimadas e relacioná-la nos processos envolvendo a combustão de biomassas e a consequente poluição atmosférica, mobilizamos notícias recentes, a época. Em uma delas, relatavam sobre ocorrências do fenômeno de inversão térmica em uma metrópole brasileira, consequente da poluição atmosférica durante queda de temperatura. Ampliando a possibilidade de análise dessa, mobilizamos várias imagens contendo explica-

ções dos processos físico-químicos envolvidos no fenômeno climático, bem como algumas implicações. Uma das imagens, indicavam a nomenclatura dos poluentes presentes nos gases aquecidos, emitidos pelos motores dos automóveis, bem como a poluição das chaminés de grandes indústrias de transformação, e suas contribuições para a poluição do ar.

Complementando, foi lida e debatida uma notícia sobre a relação entre inversão térmica e atendimentos hospitalares relacionados a problemas respiratórios. Também foi lido e analisado parte de um TDC que apresentava gráficos dos impactos da poluição atmosférica no ambiente. Na sequência, foram lidas e debatidas notícias que tratavam da poluição atmosférica decorrente das queimadas, lembrando que na localidade onde estávamos, havíamos presenciado um intenso nevoeiro sobre a cidade, algumas semanas anteriores. Entre os participantes, chamou muito a atenção a quantidade de poluentes das fontes naturais.

P: Recentemente, vivenciamos aqui na região uma certa poluição do ar. /.../ Lembrados?

$A_{b:}$ Semanas atrás, aqui /.../ tivemos as queimadas.

P: Isso. Fumaça das queimadas. Lembram do nevoeiro que se formou sobre toda a região.

A_d: Nossa. /.../ um nevoeiro que mal víamos o céu.

A partir da condição anterior, discutimos que a fumaça não era apenas o ar aquecido. Para tal, adentramos novamente na fase Fundamentos conceituais, focando com especificidades nos processos de combustão das biomassas, os compostos gasosos e particulados formados e os respectivos deslocamentos, impactando na qualidade do ar in loco e em localidades distantes. Nesta explanação, apresentamos quatro imagens contendo a sigla dos compostos particulados e gasosos produzidos durante a queima de biomassas, a formação de poluentes secundários e os processos de deslocamento desses, os compostos produzidos na queima dos combustíveis fósseis e os impactos no clima das áreas urbanas e os poluentes atmosférico incidindo sobre o sistema respiratório humano, respectivamente.

Complementando, lemos e discutimos uma notícia recente, discorrendo sobre áreas atingidas no Estado em que nos encontrávamos e impactos ambientais in loco, notadamente no bioma cerrado. Ampliando a abrangência da situação

anterior, adentramos na fase Técnica, tecnologias e práticas culturais. Abordamos as fontes naturais de queimadas nos períodos das estiagens e perpassamos pelas provocadas através das expansões das fronteiras agrícolas, bem como aquelas vinculadas às práticas culturais de alguns que implementavam a agricultura familiar, como a eliminação de vegetação desidratada das áreas a serem cultivadas. Devido aos ventos, muitas vezes essas também poderiam ser as causas da origem de grandes queimadas.

Nos dois tempos de aula seguintes, procedemos com uma reanálise da experimentação e das etapas associadas, agora com considerações mais amplas sobre a combustão das biomassas e, particularmente sobre o Ciclo. Ou seja, a partir dos fundamentos conceituais e outros, a experimentação didática foi ressignificada não apenas no tocante a uma perspectiva mais autêntica de explicar o fenômeno, mas, associá-lo a um contexto mais amplo e com implicações igualmente amplas.

Finalizando a abordagem, mencionamos a possibilidade de, em seus futuros campos de atuação, se abordarem a transferência de calor a partir das queimadas também seria pertinente abordarem a legislação ambiental brasileira relacionada ao controle de poluição atmosférica, enfatizando a importância do conhecimento dessa para a formação de uma cidadania autêntica. Ou seja, enfatizando que a experimentação didática nas aulas de física poderia ir além dos aspectos meramente técnicos, assim como conceitos e teorias relacionados aos fenômenos em análise.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de interações anteriores indicam que os estudantes acolheram as indagações em torno da experimentação didática à medida que apresentaram suas hipóteses e as debateram com os demais. Realçamos ser de grande valia a analogia com situações vivenciais para explicar a experimentação (fumaça do cigarro e a flutuação do isopor na água), haja vista que, após uma fundamentação teórica sobre a experimentação, poderá explicar e tomar decisões diante de futuras situações.

Por contemplar distintas perspectivas relacionadas a uma temática, à medida que se contempla as fases de Ciclo, associada ao fomento das interações

verbais em torno das hipóteses dos participantes, torna possível que o falar, investigar distintas implicações da temática venha a ter uma compreensão com significados autênticos pelos participantes, inclusive, levando-os a perceberem as limitações de alguns modelos explicativos para as situações.

A mobilização dos gêneros textuais foi de grande valia para a abordagem da temática transferência de calor em articulação com a ocorrência das queimadas e seus impactos. No tocante ao uso das imagens, por exemplo, em uma única imagem, por exemplo, é possível representar múltiplos compostos químicos e físicos presentes na poluição decorrente das queimadas, bem como os seus prováveis percursos de deslocamento através do ar. Além dessas, as notícias possibilitaram que algumas das implicações ambientais no local das queimadas já conhecidas, fossem debatidas pelos participantes. O TDC, pela sua natureza, possibilita uma aproximação com os conceitos científicos, como também situá-los em relação uma dada ocorrência, sem uma ruptura abrupta de linguagem.

A implementação da atividade experimental anterior, mediada pelas etapas e fundamentos do Ciclo, os quais priorizam tanto as interações verbais entre os participantes, quanto perspectivas que associam a experimentação com vivencias, mostra-se profícua para o desenvolvimento de uma educação científica autêntica. Não porque a experimentação a partir das estratégias do Ciclo conduza a certezas, mas, acolhe e possibilita a emergência de questionamentos acerca da situação experimental em si, quanto a situações análogos ocorridas no contexto vivencial, notadamente questões que, de ocorrência tão frequente, as suas causas e implicações são dadas como naturais ou não possuem visibilidade. Logo, ao encontro de uma perspectiva mais realista sobre o papel da experimentação didática, conforme sugerido há algumas décadas anteriores por Borges (2002), Hodson (1994), Garcia Barros & Martinez Losada, (2003) e outros e até indo além, a medida em que aventa a possibilidade de se relacionar as ocorrências da experimentação com questões significado ímpar, já consideradas como de grande impacto socioambiental.

Os gêneros e recursos semióticos mobilizados desempenharam funções distintas. As imagens e representações contribuíram para apresentar componentes e processos que não poderiam ser reconhecidos somente pela observação do experimento; o texto de divulgação científica apoiou a discussão da combustão como transformação química; e as notícias favoreceram a aproximação entre o fenômeno observado, as queimadas ocorridas na região e os impactos da polui-

ção atmosférica. Assim, a pluralidade de linguagens não constituiu apenas uma diversificação dos materiais, mas um meio de ampliar as dimensões conceituais e contextuais discutidas durante a atividade.

Os resultados devem ser compreendidos considerando os limites do estudo: participaram apenas cinco licenciandos, em um componente curricular específico, e a professora responsável também conduziu a intervenção e interpretou os registros. Além disso, não foram realizadas medidas de temperatura, densidade ou composição da fumaça, o que limita as conclusões sobre o mecanismo físico-químico responsável pelo movimento observado. Por isso, não se pretende generalizar os resultados nem afirmar a consolidação da aprendizagem, mas evidenciar possibilidades e desafios do Ciclo de Experimentação Didática na formação inicial de professores.

Conflito de interesse: Não houve conflitos de interesse na pesquisa.
Financiamento: O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Produtividade em Pesquisa PQ-C (processo nº 310257/2025-5).
Agradecimentos: Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECMat) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) por todo apoio e por nos possibilitar a pesquisa.

REFERÊNCIAS

Arbex, M. A., et. al. (2012). A poluição do ar e o sistema respiratório. Jornal Brasileiro de Pneumologia, 38(5), 643-655.

Arruda, S. M. & Laburú, C. E. (1998). Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências, In: Nardi, R. (Org.). *Questões Atuais no Ensino de Ciências*. São Paulo, SP: Editora Escrituras, 53-60.

Bakhtin, M. (2003). Os gêneros do discurso. Adendo da Estética da criação verbal. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 261-306.

Basso, L. (2022). De Lateral a Transvesal: A Trajetória das Questões Ambientais no Âmbito da OCDE. *Boletim de Economia e Política Internacional***,** 34, set/dez, 9-34.

Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994) *Investigação Qualitativa em Educação: uma*

introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora.

Borges, A. T. (1997). O Papel do Laboratório no Ensino de Ciências. *Anais do I ENPEC*, Águas de Lindóia, São Paulo, 27 – 29 de nov. de 1997, 2-11.

_____. (2002). Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências**.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 19(3), 291-313.

Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular - Ensino Médio*. Ministério da Educação – Secretaria da Educação Básica, Brasília: DF.

Brasil. (2021) Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. Poluição atmosférica na ótica do Sistema de Saúde: vigilância em saúde ambiental e qualidade do ar. Brasília, 16 p.

Brito, G. F. S., Sodré, F. F. & Almeida, F. V. (2018). O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar. Revista Virtual de Química, 10 (5), 1335-1354.

Cavallaro, R., Melo Jr, J. C. F., Bonatti-Chaves, M., & Renner, G. D. R. (2018). Avaliação do Efeito da Poluição Atmosférica em Populações Urbanas de Inga Edulis Mart (FEBRACEA) Por Meio do Método de Biomonitoramento Passivo. *Cadernos de Publicação da UNIVAG*, 8, 85-108.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - (CETESB) (2018). Qualidade do Ar: Histórico. São Paulo: SP. Disponível em: < http://cetesb.sp.gov.br/ar/>. Acessado em 05 abr. 2024.

Coelho, T. F., Souza, A. R., Souza, J. A. P. L. L. & Pedroza, M. M. (2023). Impactos dos Poluentes Resultantes das Queimadas na Saúde Humana. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 15(1), 1-15.

Freitas, S. R., Longo, K. M., SILVA DIAS, M. A. F. & SILVA DIAS, P. L. (2005) Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos Avançados*, 19(53), 167-185.

Garcia Barros, S. & Martinez Losada, S. (2003). *Enseñanza de las Ciencias***.** Número extra, p. 5-16.

Hodson, D. (1994). Hacia un Enfoque Más Crítico del Trabajo de Laboratorio**.** *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.

_____(1988). Experiment in science and science teaching. Educational Philosophy and Theory, 20, 53-66.

Instituto Nacional do Câncer. (2023). Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, Rio de Janeiro: RJ. Disponível em: Poluição do ar - Instituto Nacional de Câncer - INCA (www.gov.br). Acesso em: 24 mai 2024.

Krasilchik, M. (2000). Reformas e Realidade. O caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, 14 (1), 85-93. Localizado em: 09Krasilchik. Acessado em 16 fev de 2025.

Laburú, C. A. & Silva, O. H. M. (2011). O Laboratório Didático a Partir da Persepectiva da Multimodalidade Representacional. *Ciência & Educação*, v. 17(3), 721-734.

Lemke, J. L. (1997). *Aprender a Hablar Ciencia: lenguage, aprendizage y valores***.** Barcelona, Paidós.

_____. (2002). *Enseñar Todos Los Lenguajes de la Ciencia: palabras, símbolos, imágenes y aciones.* In: Benlloch, M. (ed.). La Educacion en Ciencias: ideas para mejorar su práctica. Barcelona, Paidós, 159-186.

_____ (2006). Investigar Para El Futuro de La Educación Científica: Nuevas Formas de Aprender, Nuevas Formas de Vivir, *Enseñanza de las Ciências*, 24(1), 5-12. Disponível em: www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/73528/84736.

Lisboa, H. de M. (2014). *Controle da Poluição Atmosférica*. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Lobert, J. M. & Warnatz, J. (1993). Emissions from the Combustion. Process in Vegetation. Fire in the Environment: The Ecological, Atmospheric, and Climatic Importance of Vegetation Fires. In: Crutzen, P. J. & Goldhammer (Org.). Fire in the Environment: The Ecological, Atmomspheric, and Climatic Importance of Vegetation Fires. J. G. New York: John Wiley &

Sons, 15-37.

Marcuschi, L. A. (2008). *Produção textual, análise de gêneros, compreensão*. São Paulo, SP: Parábola Editora.

Monteiro, M. A. (2023). Aproximações Entre a Experimentação Didática na Educação Científica Com os Gêneros Textuais. In: Araújo, V. F. (Org.). *Educação: Expansão, políticas públicas e qualidade*. v. 3. Ponta Grossa: Editora Atena, 125-138.

Monteiro, M. A., & Pereira, A. S. (2024). Os gêneros textuais como esfera para a mobilização da experimentação didática: a análise dos espectros atômicos motivada por ocorrência com impactos ambientais, *Revista Electrónica de Investigación em Educación en Ciencias*, 19(1), 42-56.

Pereira, A. de S., & Carvalho, W. L. P. de. (2020). Avaliação de ciclo de vida de produtos como temática sociocientífica na formação de professores de Química como intelectuais transformadores. *Ciência & Educação* (Bauru), 26, Artigo e20065. https://doi.org/10.1590/1516-731320200065

Pena, F. L. A., & Ribeiro Filho, A. (2009). Obstáculos Para o Uso da Experimentação no Ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicadas em periódicos nacionais da área, (1971-2006). Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 9(1), 1-13.

Ricoeur, P. (1976). Teoria da Interpretação. O discurso e o excesso de significação. Porto: Edições 70.

Schneuwly, B. & Dolz, J. (2004). Os Gêneros Escolares: das práticas de linguagem aos objetos de ensino. In: Rojo, R., Cordeiro, G. S. (Org.). Gêneros Orais e Escritos na Escola. Campinas, SP: Mercado das Letras, 71-91.