

LABORATÓRIO DE QUÍMICA: AMBIENTE INVESTIGATIVO EM UMA ATIVIDADE DE MODELAGEM MATEMÁTICA

Chemistry laboratory: investigative environment in a mathematical modeling activity

Karina Alessandra Pessoa da Silva¹
Jaqueline Munise Guimarães da Silva²

Resumo: Neste artigo investigamos que recursos o laboratório de Química oferece ao desenvolvimento de atividades de modelagem matemática. Para isso, nos fundamentamos nos pressupostos teóricos da modelagem como alternativa pedagógica e no entendimento de que o laboratório consiste em um ambiente investigativo em que atividades experimentais podem ser desenvolvidas. Os dados que subsidiaram nossas argumentações foram relatórios, gravações em áudio e vídeo de um grupo de alunos de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade federal do Paraná no desenvolvimento da atividade de modelagem matemática para a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 1. A análise predominantemente qualitativa indicou que o laboratório possibilitou coleta de dados empíricos que auxiliaram a desenvolver uma interpretação matemática para o fenômeno investigado, bem como a mobilização de conhecimentos químicos, matemáticos e laboratoriais.

Palavras-chave: Educação Matemática. Modelagem Matemática. Laboratório de Química.

Abstract: In this paper we investigate what resources that the Chemistry Laboratory offers for the development of mathematical modeling activities. For this, we base ourselves on the theoretical assumptions of modeling as a pedagogical alternative and on the understanding that the laboratory consists of an investigative environment in which experimental activities can be developed. The data that support our arguments are inscriptions, audio and video recordings of a group of students of a Chemistry teacher training course of a federal university of Paraná in the development of mathematical modeling activities for the discipline of Integral and Differential Calculus 1. The predominantly qualitative analysis indicates that the laboratory allows the collection of empirical data that helped to develop a mathematical interpretation for the phenomenon investigated, as well as the mobilization of chemical, mathematical and laboratory knowledge.

Keywords: Mathematics Education. Mathematical Modeling. Chemistry Laboratory.

¹ Graduada em Licenciatura em Matemática, Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Docente do Departamento Acadêmico de Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, karinapessoa@gmail.com

² Graduada em Licenciatura em Química, Mestranda em Química da Universidade Estadual de Londrina, jaque19343@gmail.com

Introdução

No âmbito da Educação Matemática, a modelagem matemática se configura como uma alternativa pedagógica destinada ao ensino e à aprendizagem da matemática. As atividades de modelagem são de caráter investigativo, que se iniciam com a problematização de um fenômeno oriundo da realidade, em que uma solução é apresentada em linguagem matemática (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

Para Carreira (2011, p. 169) um aspecto importante de atividades de modelagem matemática “é a estrutura e os elementos reais da situação contextual que estão embutidos (explícita ou implicitamente)”. Segundo a autora, os dados que subsidiam o desenvolvimento de uma atividade de modelagem possibilitam constituir espaços em que suposições e interpretações se fazem presentes.

Para a coleta de dados, como afirma Carreira (2011), existem recursos nos quais os envolvidos com a atividade conferem relações entre diferentes disciplinas para a realização de um trabalho investigativo, ao mesmo tempo em que saberes e conhecimentos extracurriculares podem emergir.

Considerando o contexto do curso de Licenciatura em Química no qual se configura a formação de um professor, bem como o entendimento de que a Química é uma ciência experimental, um dos ambientes em que nos apoiamos para o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática é o laboratório. Com isso, buscamos ampliar o ambiente educacional perpassando as “paredes” das salas de aula convencionais enquanto local para o ensinar e o aprender Matemática.

O laboratório é um ambiente que possibilita investigação e exploração de atividades experimentais a partir de um fenômeno em estudo, além de propiciar validações, comprovação de teorias e o estabelecimento de novas metodologias experimentais (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Na literatura, para além de explorar atividades experimentais, o laboratório tem sido apontado como um ambiente em que pesquisadores investigam aspectos cognitivos que dele emergem quando os alunos desenvolvem atividades em que manipulam equipamentos, reagentes, compostos, substâncias e espécies químicas (SILVA; MORTIMER, 2001, SUART; MARCONDES, 2009, ASSAI; FREIRE, 2017, ROSA; SUART; MARCONDES, 2017, SILVA; TRIVELATO, 2017).

De forma geral, a manipulação de equipamentos e reagentes conferida no ambiente laboratorial, proporciona aos alunos compreender os fenômenos investigados, estruturar seus conhecimentos acerca desses fenômenos, interpretar resultados, comunicar e argumentar frente a divergências e convergências com aspectos teóricos presentes na literatura. Com isso, corroboramos com Carreira e Baioa (2011) que fazer uso de atividades experimentais na aprendizagem matemática promove “o desenvolvimento de atitudes inquiridas, a imagem da matemática como útil e relevante para interpretar instrumentos diários, bem como a concretude de ideias matemáticas em ambientes do mundo real” (CARREIRA; BAIÓIA, 2011, p. 212).

Levando em consideração os apontamentos supracitados, nas aulas de matemática, mais especificamente nas aulas de Cálculo Diferencial e Integral 1, do curso de Licenciatura em Química, temos nos dedicado em implementar atividades em que os alunos são convidados a usar experimentação para estudar situações problemáticas com vistas a obter uma solução via conteúdos matemáticos. Com isso, nos debruçamos em investigar *que recursos o laboratório de Química oferece ao desenvolvimento de atividades de modelagem matemática?*, visto que tem sido um ambiente escolhido pelos alunos para desenvolver as atividades.

Neste artigo, resultados e inferências sobre a questão de pesquisa são abordados, considerando inicialmente apontamentos sobre Modelagem Matemática e experimentação realizada no laboratório de Química, apresentados na segunda seção. Em seguida, tratamos dos procedimentos metodológicos considerados na pesquisa. A descrição e a análise de uma atividade de modelagem matemática desenvolvida são apresentadas na quarta seção. Finalizamos apresentando algumas considerações.

Modelagem matemática e experimentação no laboratório de Química

De forma geral, experimentação pode ser entendida como o ato de experimentar. Etimologicamente provém do latim *experiri*, palavra formada pelo prefixo *ex*, que significa fora, mais *peritus*, que se refere a testado, com conhecimento. Consiste em uma investigação em que se inicia com o levantamento de hipóteses para um problema em que se faz necessário organizar e desenvolver fatos, validando ou não as hipóteses. O aluno “raciocina sobre o problema proposto e procura respostas para sua solução a partir da proposição de hipóteses e análise dos dados, manifestando assim, suas habilidades de cognição” (SUART; MARCONDES, 2009, p. 51-52). Neste sentido, para além de ser uma atividade empírica de manipulação de materiais, de testar algo com conhecimento, a experimentação deve ser entendida como uma atividade que promove o desenvolvimento de conteúdos e procedimentos.

Na literatura, muitas pesquisas têm apontado aspectos positivos no uso de experimentação para a abordagem de conteúdos de diferentes disciplinas curriculares (SILVA; MACHADO, 2008; CARMO; CARVALHO, 2009; SUART; MARCONDES, 2009; ROSA; FILHO, 2014; SILVA; TRIVELATO, 2017; ASSAI; FREIRE, 2017). Nessas pesquisas, de forma geral, o destaque da experimentação está em buscar uma solução para um problema, oriundo de uma situação-problemática relativa a um fenômeno. As respostas para tais problemas, de forma geral, desafiam os estudantes “a encontrar formas de coletar dados e informações que os levem a propor soluções razoáveis” (GOMES; BORGES; JUSTI, 2008, p. 187).

Pesquisa realizada por Guimarães (2009) aponta que ao desenvolver experimentos, os estudantes tendem a ter maior participação, por meio de interações e questionamentos, discutindo sobre a importância daquela prática e os resultados que foram obtidos e, principalmente, argumentam sobre os motivos que levam o procedimento ser conduzido daquele modo, ocasionando um estudo que transcende apenas a área em que a situação-problema está inserida. Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química:

O laboratório didático, além de possibilitar articulações entre conhecimentos, auxilia na resolução de situações-problema do cotidiano, permite a construção de conhecimentos e a reflexão sobre diversos aspectos, levando o aluno a fazer inter-relações. Isso o capacita a desenvolver as competências, as atitudes e os valores que proporcionam maior conhecimento e destaque no cenário sociocultural (BRASIL, 2001, p. 22).

O laboratório de Química tem por objetivo possibilitar a investigação de diversos fenômenos químicos por meio da manipulação de materiais. De forma geral, devido à complexidade de alguns temas presentes na ementa de disciplinas do curso de Química, deve-se promover no ambiente educacional, aulas práticas para que os alunos tenham uma visão sobre a origem de determinados dados, assim como a capacidade de se utilizar tais informações para descrever comportamentos e desenvolver operações com o objetivo de

prever os produtos que serão gerados (SICCA, 1996, SILVA; MORTIMER, 2001, MACÊDO *et al.*, 2004, SUART; MARCONDES, 2009, SILVA; TRIVELATO, 2017).

Na Educação Matemática, Carreira e Baioa (2011) defendem que experimentos com objetos reais correspondem a um tipo particular de modelagem e decorre de três fatos:

(1) Os alunos têm a oportunidade de aprender fazendo (enquanto executam manipulação e experimentação reais, se engajam em conjecturar e validar). (2) Trabalhar com materiais físicos concretos é uma maneira de investigar as propriedades matemáticas dos objetos. (3) Investigar por meio da experimentação reflete sobre ações mentais e sobre a aprendizagem subsequente de ideias matemáticas e se torna uma maneira de desenvolver compreensão de modelos matemáticos (CARREIRA; BAIóa, 2011, p. 214).

Para as autoras, as atividades de modelagem são vistas como “contextos matemáticos consideravelmente “ricos” no sentido de que eles tipicamente incluem três componentes importantes do pensamento matemático: resolver problemas, investigar/explorar, validar e ampliar as soluções” (CARREIRA; BAIóa, 2011, p. 212). Borssoi e Almeida (2013) ampliam esses três componentes ao afirmar que atividades de modelagem matemática possibilitam ações como:

a busca de informações; a identificação e seleção de variáveis; a elaboração de hipóteses; a simplificação; a transição de linguagens; a ativação de conhecimentos prévios; o uso de técnicas e/ou procedimentos matemáticos; a comparação e distinção de ideias; a generalização de fatos; a articulação de conhecimentos de diferentes áreas; a argumentação para expor para outros o julgamento do valor de teorias e métodos usados no desenvolvimento da atividade (BORSSOI; ALMEIDA, 2013, p. 485).

Essas ações subsidiam a construção de uma representação matemática que a literatura convencionou se referir como modelo matemático. Trata-se de “um sistema conceitual, descritivo ou explicativo, expresso por meio de uma linguagem ou uma estrutura matemática e que tem por finalidade descrever ou explicar o comportamento de outro sistema, podendo mesmo permitir a realização de previsões sobre este outro sistema” (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012, p. 13). O modelo matemático “é uma representação simplificada da realidade sob a ótica daqueles que a investigam” (BORSSOI; ALMEIDA, 2013, p. 485). Em tal representação, “a realidade é restrita a fatos e fenômenos selecionados e o resultado é um tipo de “realidade isolada e individualizada”” (D’AMBROSIO, 2015, p. 43).

Considerando a abordagem investigativa, entendemos que Modelagem Matemática consiste em uma alternativa pedagógica que parte de uma situação problemática e, por meio de ações com vistas a obter um modelo matemático, chega-se a uma solução para o problema. Levando em consideração esse entendimento e os apontamentos de Carreira e Baioa (2011), corroboramos com Doerr e Lesh (2011) quando afirmam que:

As estratégias pedagógicas, refinadas através da experimentação na prática e pelas interações entre os professores, são compartilhadas em contextos e situações problemáticas, passam de ser meramente procedimentos locais para se tornar princípios conceitualmente fundamentais para ver e responder às tarefas de ensino” (DOERR; LESH, 2011, p. 258).

Neste sentido, considerando o encaminhamento da experimentação no contexto do desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, trazemos a baila nosso

empreendimento no curso de Licenciatura em Química, no qual o laboratório tem se constituído como ambiente aliado às investigações realizadas pelos alunos.

Procedimentos metodológicos

Para investigarmos que recursos o laboratório de Química oferece ao desenvolvimento de atividades de modelagem, realizamos nossa investigação com alunos de um curso de Licenciatura em Química (regime semestral) de uma universidade federal do Paraná na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 1.

Compondo os trabalhos avaliativos da disciplina, a professora (pesquisadora em modelagem matemática e primeira autora deste artigo) solicitou aos alunos o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática cujo tema deveria estar relacionado a assuntos abordados na Química. Isso se deve ao fato de considerarmos, assim como Tortola e Almeida (2013, p. 624) que a “modelagem matemática configura-se como uma possibilidade de atividades para as aulas, a qual, visando à aprendizagem dos alunos, lhes proporciona conhecer aplicações da Matemática [...]”. Para o desenvolvimento das atividades, os alunos contariam com o acompanhamento da aluna de iniciação científica (segunda autora deste artigo) cujo projeto consistia em evidenciar conhecimentos matemáticos e químicos que emergem no ambiente do laboratório.

Os alunos reuniram-se em grupos e, ao longo do semestre, desenvolveram atividades de modelagem matemática, desde a escolha da situação até sua solução. Dos dez grupos de alunos, três realizaram a coleta de dados em um dos laboratórios de Química³ da instituição. A aluna de iniciação científica auxiliou na manipulação dos instrumentos e materiais, na elaboração do relatório e na análise dos dados que culminou na escrita do artigo.

Conforme apontam as Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química, o licenciado deve “saber trabalhar em laboratório e saber usar a experimentação em Química como recurso didático”, bem como “possuir conhecimento dos procedimentos e normas de segurança no trabalho” (BRASIL, 2001, p. 7). Neste sentido, é que buscamos nas aulas de Cálculo Diferencial e Integral 1 contribuir para a formação do licenciado em Química, além de possibilitar contato com metodologias de ensino variadas, como a Modelagem Matemática.

Na apresentação dos resultados do trabalho para a turma, um dos grupos que realizou a coleta de dados no laboratório optou por desenvolver uma aula com os colegas na qual solicitou abordagens de conteúdos estudados na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 1. É o desenvolvimento da atividade de modelagem matemática, sob a temática *Varição de gás carbônico no refrigerante quando submetido ao aquecimento* desse grupo que analisamos neste artigo.

Os dados que subsidiaram nossas argumentações foram obtidos por meio de gravações em áudio e vídeo no laboratório bem como da apresentação dos resultados e do relatório entregue, que foram autorizados pelos alunos via preenchimento e assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido. Para nos referirmos aos alunos do grupo analisado, utilizamos nomes fictícios que aparecem no corpo do texto.

As reflexões que realizamos seguem uma abordagem predominantemente qualitativa que, segundo Garnica (2004), têm como características:

³ Na instituição existem cinco Laboratórios de Química munidos com equipamentos para atender as diferentes áreas de atuação.

(a) a transitoriedade de seus resultados; (b) a impossibilidade de uma análise a priori, cujo objetivo da pesquisa será comprovar ou refutar; (c) a não neutralidade do pesquisador que, no processo interpretativo, vale-se de suas perspectivas e filtros vivenciais prévios dos quais não consegue se desvencilhar; (d) que a constituição de suas compreensões dá-se não como resultado, mas numa trajetória em que essas mesmas compreensões e também os meios de obtê-las podem ser (re)configuradas; e (e) a impossibilidade de se estabelecer regulamentações, em procedimentos sistemáticos, prévios, estáticos e generalistas (GARNICA, 2004, p. 86).

Considerando tais procedimentos metodológicos, na sequência, apresentamos uma descrição e análise da atividade de modelagem matemática.

Descrição e análise da atividade de modelagem matemática

Nesta seção descrevemos e analisamos o desenvolvimento da atividade de modelagem matemática *Variação de gás carbônico no refrigerante quando submetido ao aquecimento*.

A atividade foi desenvolvida por um grupo formado por quatro integrantes (Lucas, Douglas, Renato e Gustavo – nomes fictícios). O grupo escolheu investigar a concentração de gás carbônico (CO₂), responsável pelo sabor e conservação do guaraná, conforme informações pesquisadas, estruturadas e compiladas em forma de texto pelos alunos no relatório e que constam do Quadro 1.

Um dos fatores mais importantes na análise sensorial de refrigerante é o teor de gás carbônico dissolvido na bebida, que é adicionado ao produto na etapa de carbonatação.

A dissolução do gás carbônico no refrigerante relaciona-se com os princípios de solubilidade dos gases em solventes líquidos, que é influenciada, entre outros fatores, pela temperatura e pela pressão parcial sobre o sistema.

Quadro 1 – Informações sobre a concentração de gás carbônico no refrigerante

Fonte: Relatório dos alunos.

De posse dessas informações, os alunos, de certa forma compreenderam o fenômeno que estavam investigando e, então, identificaram e definiram o problema a ser investigado: Qual é o volume de gás carbônico liberado do refrigerante com o passar do tempo?. A primeira ação dos alunos foi observar o que acontecia com o gás carbônico do refrigerante colocado em um copo de 200 mL e deixado exposto no ambiente. Em um período de duas horas, os alunos não conseguiram identificar visualmente diminuição na quantidade de gás carbônico, nem mesmo alteração no sabor do refrigerante. No entanto, os alunos retomaram as informações iniciais presentes no Quadro 1 sobre os efeitos da temperatura no desprendimento de gás carbônico e consideraram como hipóteses que: se o refrigerante está com temperatura mais elevada, a liberação de gás carbônico é mais rápida. Com isso, o grupo realiza a estruturação da situação considerando uma hipótese que subsidiaria o desenvolvimento da atividade. O que podemos evidenciar foi que houve uma compreensão do fenômeno em estudo – a temperatura interfere no desprendimento do gás carbônico.

De certa forma, o levantamento de hipótese para o desenvolvimento da atividade somente foi considerado após o grupo de alunos ter realizado uma prática, o que inviabilizou um resultado imediato para o que se propuseram a investigar. Com isso, entendemos que o grupo de alunos fez uma interpretação do problema, procurando solução “a partir da proposição de hipóteses e análise dos dados, manifestando assim, suas habilidades de cognição” (SUART; MARCONDES, 2009, p. 51-52). De certa forma, a prática de laboratório para esses alunos era algo em construção e a atividade de modelagem auxiliou nesse processo.

O levantamento de hipóteses e os questionamentos precisam estar presentes em atividades experimentais, pois com isso os alunos refletem, questionam, pesquisam, constroem linhas de raciocínios, elaboram respostas e soluções (MACÊDO *et al.*, 2004).

Após conferir na literatura os efeitos da temperatura na concentração de CO₂, sob supervisão da aluna de iniciação científica, os alunos se disponibilizaram a elaborar um sistema capaz de permitir a coleta dos dados. Na conversa transcrita a seguir, que ocorreu no laboratório de Química, foi possível evidenciar que os alunos buscaram por materiais presentes no laboratório para elaborar o sistema:

Gustavo: Tem que usar coisas que não quebrem com a temperatura e que não deixe o ar entrar ou sair.

Douglas: E para aumentar a temperatura? Não adianta ser forte em altas temperaturas, tem que arrumar um jeito de fazer a temperatura subir.

Renato: Vamos usar o bico? Será que uma placa de aquecimento dá certo?

Douglas: Não sei.

Renato: Vamos pensar, se usar a placa tem que ter alguma coisa para medir o gás e como vamos fazer isso? Este é o xis da questão.

Gustavo: Vamos listar os materiais que têm a ver com temperatura. Pode ajudar.

Douglas: Tem a placa, tem o bico, tem a manta aquecedora, e... ah, acho que é isso mesmo.

Gustavo: Qual é o mais simples?

Lucas: Vamos usar a manta, assim a gente coloca o refri no vidro da manta e vai olhando o volume, não dá?

Gustavo: Mas tem as linhas que fala a medida do volume no vidro da manta?

Lucas: Não entendi!

Douglas: Tipo assim, como vamos medir o gás entende? Na verdade, ele quer saber se tem os risquinhos que mostram os volumes, mas nem se tivesse não ia adiantar para nada.

Renato: Não tem um gástrometro não?

Lucas: Olha, pra que serve aquela parte do kitassato que é para fora, vocês viram?

Renato: Normalmente eles encaixam uma mangueira para tipo transferir o calor ou um composto que tá sendo evaporado.

Lucas: E se a gente usasse a manta, colocava o refri no kitassato e encaixava a mangueira na parte exposta ali.

Douglas: Hum... é uma boa ideia, mas o problema ainda é medir o gás carbônico.

Lucas: Um dia lá no curso, o professor encheu um béquer com água e nele colocou a proveta cheia de água dentro dela, mas invertida, daí o que saía da mangueira aquecia a água e ele via esta diferença de água na proveta.

Os alunos buscaram por si mesmos os materiais laboratoriais para desenvolver o sistema, utilizando conhecimentos práticos do dia a dia, como identificar materiais resistentes a fontes de calor, bem como conhecimentos construídos durante o curso. Isso corrobora com as afirmações de Carreira e Baioa (2011, p. 219) de que “a atividade prática oferece aos alunos a oportunidade de desenvolver uma compreensão e familiaridade mais sólidas com a situação (inclusive com a matemática envolvida)”. No caso, a matemática envolvida seria aquela relacionada ao volume de gás carbônico desprendido do refrigerante com o passar do tempo.

Macêdo *et al.* (2004), defendem que, no laboratório, os alunos possuem maior facilidade em comentar um processo físico e aprender conceitos que ainda não estão embasados, mas que estão relacionados à experimentação. Além disso, a experimentação torna-se espaço

para a revisão dos conceitos trabalhados em anos anteriores, da mesma forma como permite a incorporação e engajamento de novos conhecimentos (SILVA; MORTIMER, 2001).

O sistema elaborado pelo grupo foi constituído por 1 chapa aquecedora, 1 kitasato com mangueira, 1 béquer de 1000 mL e 1 proveta (Fig. 1A). Para coletar os dados, completou-se o béquer com água destilada e neste submergiu-se a proveta com 50 mL de água (Fig. 1B). No kitasato adicionou-se cerca de 100 mL de refrigerante, na sequência foi tampado e submetido ao aquecimento por meio da chapa aquecedora. O vapor gerado no kitasato foi transferido para o béquer por meio da mangueira, com isso o gás carbônico foi evaporado e a quantia foi mensurada pela alteração do volume na proveta.

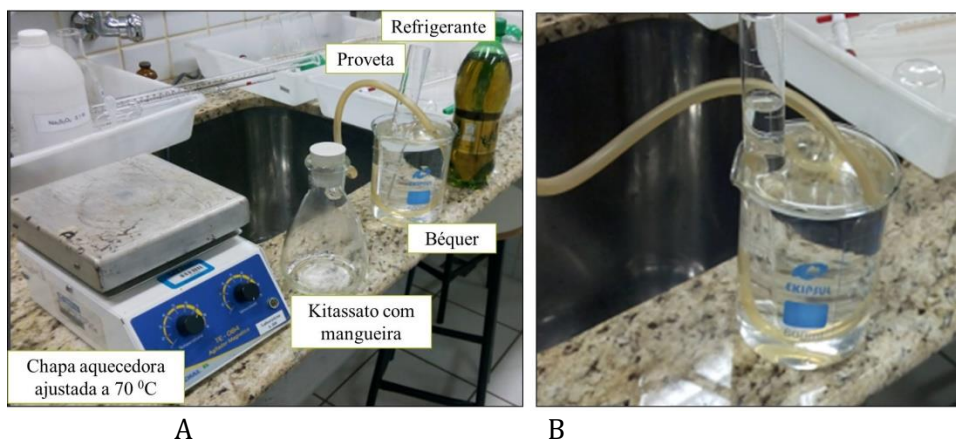


Figura 1 - Sistema montado pelos alunos (A); Análise da concentração do CO₂ (B)
Fonte: Relatório dos alunos.

Defronte do sistema montado, os alunos teceram algumas considerações, conforme conversa entre os integrantes do grupo:

Renato: Tá dando certinho mesmo. Anota aí o volume que deu Lucas. Nossa olhando os dados parece que vai dar exponencial né?

Lucas: Com o aumento da temperatura na manta o gás diminui e o refri tá com uma cor até diferente, você tá vendo?

Com a realização do experimento, os alunos anotaram em uma tabela os valores obtidos (Tabela 1) e, com isso, teceram uma análise matemática para o comportamento do fenômeno – “vai dar exponencial né?”. Essa constatação foi subsidiada pela representação dos pontos no plano cartesiano, realizada por meio do software Excel (Fig. 2). Os alunos, para evidenciar o comportamento do fenômeno via lentes matemáticas, lançaram mão de diferentes representações semióticas – tabela e gráfica – que pudessem estar associadas a um objeto matemático. No entanto, é por meio de uma representação explícita – os pontos no plano cartesiano – que os alunos associam o objeto matemático função exponencial – representação conceitual. Para isso, estabeleceram uma representação mental do comportamento dos pontos no plano cartesiano associando-os à curva que uma função exponencial descreve na representação gráfica. Carreira e Baioa (2011, p. 124) afirmam que trabalhar “com materiais físicos concretos é uma maneira de investigar as propriedades matemáticas dos objetos”.

Tabela 1 – Volume de gás carbônico em função do tempo

Tempo (em s)	Volume de gás carbônico (em mL)
0	0
30	0
60	4
90	11
120	17
150	23
180	28
210	35
240	39
270	50

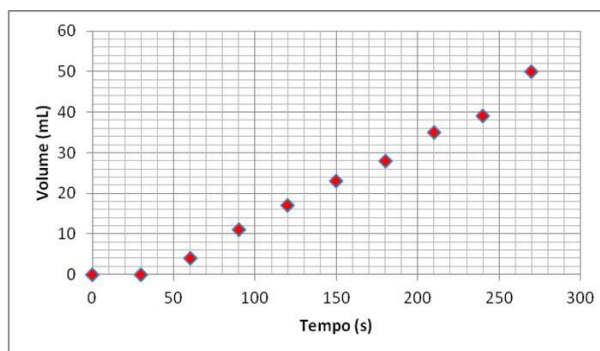


Figura 2 – Gráfico do Volume de gás carbônico em função do tempo

Fonte: Relatório dos alunos.

Fonte: Relatório dos alunos.

A necessidade de matematização da situação com vistas a levantar hipóteses sobre o comportamento do fenômeno fez com que os alunos, para além de realizarem uma análise qualitativa – desprendimento de gás carbônico do refrigerante –, realizassem uma análise quantitativa – o volume de gás carbônico desprendido em função do tempo tem comportamento exponencial. Trata-se de uma interpretação matemática do fenômeno que estava sendo investigado. Segundo Sicca (1996):

É necessário que os alunos desenvolvam a capacidade de observação, aprendam a apreciar os fenômenos, qualitativa e quantitativamente descobrindo correlações, induzindo dos fatos as leis definidas a que eles obedecem, e compreendam o valor real das hipóteses, sua função coordenadora e orientadora de novas descobertas (SICCA, 1996, p. 2).

No entanto, a hipótese de que o volume de gás carbônico desprendido do refrigerante em função do tempo se comportava de maneira exponencial foi refutada pelos alunos quando, por meio do software Excel, fizeram um ajuste polinomial de quarto grau (Fig. 3), ou seja, ao analisarem a curva que mais se ajustava aos pontos plotados no plano cartesiano, os alunos optaram por escolher aquela que estava mais próxima de todos os pontos. Com isso, foi considerada a expressão algébrica, $V(t) = 3,8 \cdot 10^{-8} t^4 - 2,20 \cdot 10^{-5} t^3 + 4,17 \cdot 10^{-3} t^2 - 0,11 t + 1,40 \cdot 10^{-2}$ em que V é o volume de gás carbônico (em mL) em função do tempo t (em segundos).

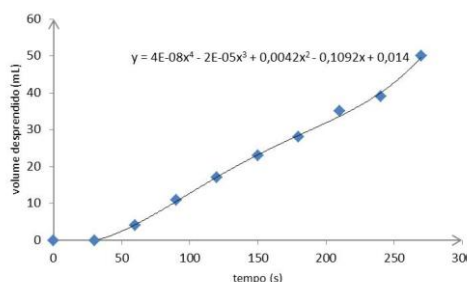


Figura 3 – Representação gráfica do gás carbônico desprendido em função do tempo

Fonte: Relatório dos alunos.

O fato de refutar uma hipótese inicial indica que os alunos procuram estabelecer uma interpretação matemática que, além de representar o fenômeno, pode ser validada considerando os dados coletados empiricamente. Além disso, o entendimento do comportamento do fenômeno, todavia, não pode se estabelecer enquanto uma previsão futura, visto que a quantidade de gás carbônico em 100 mL de refrigerante é limitada. Para

a investigação realizada, os alunos destacaram o domínio e a imagem da função que deduziram para representar o fenômeno em estudo: $D = \{t \in \mathbb{R} / 0 < t \leq 270\}$ e $\text{Im } f = \{V \in \mathbb{R} / 0 < V \leq 50\}$, eliminando uma provável conclusão sobre o desprendimento infinito do gás carbônico. Carreira (2011, p. 169) afirma que “a modelagem matemática e a compreensão matemática são concebidas como sendo executadas lado a lado”.

Tendo posse da representação algébrica, considerada uma representação matemática explícita do fenômeno em estudo, considerando o domínio da função, os alunos puderam apresentar solução ao problema investigado – Qual é o volume de gás carbônico liberado do refrigerante com o passar do tempo? Ou seja, para um valor de tempo qualquer de até 270 segundos é possível indicar o volume desprendido de uma amostra de 100 mL de refrigerante.

Em sala de aula, porém, ao escolherem comunicar os resultados para os colegas por meio do encaminhamento de uma aula, os alunos do grupo solicitaram o cálculo da taxa de variação do volume de gás carbônico liberado em função do tempo. Com isso, uma abordagem para conhecimentos matemáticos estudados na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 1 – derivada – foi empreendida, da qual se obteve a função $V'(t) = 1,52 \times 10^{-7} t^3 - 6,60 \times 10^{-5} t^2 + 8,34 \times 10^{-3} t - 0,11$. Com isso, de certa forma, por meio da atividade, a modelagem matemática proporcionou a mobilização de conhecimentos matemáticos via aplicações matemáticas (TORTOLA; ALMEIDA, 2013). Em relato, Douglas afirma que: “A gente queria usar linguagem matemática em experimentos da nossa área de atuação, mas permanecer nessa área, porque aplicar limite e derivada em funções quaisquer já fizemos em alguns momentos de aulas.”

Além de fazer uma abordagem matemática considerando o cálculo da derivada da função, os alunos determinaram a massa de gás liberado, considerando a equação da lei dos gases ideais ($PV = nRT$), em que P representa a pressão (em atm), V é volume (em litros), n o número de mols do gás, R constante universal dos gases (atm.L/mol.K) e T temperatura (em Kelvin). Tal abordagem decorre de estudos que realizaram em outras disciplinas do curso, configurando uma articulação de aspectos matemáticos aos aspectos químicos. O cálculo realizado pelos alunos para a obtenção da massa de gás liberado é apresentado no relatório, conforme apresentado no Quadro 2.

Sabendo o número de mols como a razão entre a massa (m) e a massa molar (MM) de uma substância, pode-se fazer um rearranjo da expressão para encontrar a massa do gás liberada do experimento.

$$PV = nRT \rightarrow PV = \frac{m.R.T}{MM}$$

Considerando as condições de ambiente, durante a realização do experimento, de pressão = 1 atm e temperatura = 25°C (298K), a constante dos gases $R = 0,082$, a MM do $\text{CO}_2 = 44$ g/mol, substitui-se na expressão.

$$1.V = \frac{m.0,082.298}{44} \Rightarrow m = \frac{44.V}{24,436}$$

Como 50 mL do gás equivalem a 0,05 L para V na expressão acima, calcula-se a sua massa.

$$m = \frac{44.0,05}{24,436} \cong 0,09 \text{ g}$$

Com isso, descobriu-se 0,09 gramas de CO_2 liberadas do refrigerante no experimento.

Quadro 2 – Procedimentos empregados pelos alunos para o cálculo da massa do gás liberado
Fonte: Relatório dos alunos.

Algumas considerações

No desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática em que o laboratório se configurou como ambiente investigativo, podemos evidenciar uma possibilidade de coleta de dados empíricos e, posterior, interpretação matemática para o fenômeno investigado.

Nessa atividade, os integrantes do grupo se empenharam em realizar uma interpretação matemática no contexto químico, extrapolando o que se propuseram a investigar. Evidenciamos que o grupo que desenvolveu a atividade *Variação de gás carbônico no refrigerante quando submetido ao aquecimento* apresentou facilidade na escolha do tema e nas outras etapas da atividade de modelagem matemática, bem como nas etapas da coleta de dados. Porém, quando perceberam que no laboratório existem limitações quanto à disponibilidade de equipamentos, realizaram procedimentos em que utilizaram materiais disponíveis (vidrarias, amostra e manta aquecedora). Apesar dos questionamentos e dúvidas que os próprios alunos tiveram na montagem do sistema, esta prática se mostrou fundamental para o entendimento dos aparatos laboratoriais e da postura exigida no laboratório, como cuidados e o nível de periculosidade na manipulação de alguns reagentes e instrumentos, um dos objetivos apontados pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química – “possuir conhecimento dos procedimentos e normas de segurança no trabalho” (BRASIL, 2001, p. 7).

O que pudemos evidenciar foi que a necessidade da construção de um sistema, fez com que os alunos desconsiderassem grandezas como pressão e massa que, embora sejam elementos associados ao problema, não o alteram para o que se propuseram a investigar, realizando uma simplificação. A ação cognitiva de simplificar uma situação faz parte dos encaminhamentos de uma atividade de modelagem matemática e foi possibilitada com os recursos presentes no laboratório. Porém, mesmo com a simplificação, conceitos químicos relativos à interferência da temperatura no desprendimento do gás carbônico foram considerados. O fato de considerarem o volume e o tempo para serem variáveis investigadas, nos possibilitou concluir que o laboratório, apesar de ter um enfoque experimental, também favoreceu aos alunos a compreensão da necessidade de averiguar as variáveis dependentes principalmente porque na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 1 têm-se enfoque na função de uma variável. Neste sentido, a simplificação aproximou a atividade experimental de conceitos abordados na disciplina.

Diante dos dados coletados, os alunos estabeleceram uma hipótese matemática sobre o comportamento dos mesmos que foi refutada com o uso de um software computacional. A manipulação do software proporcionou a análise matemática da situação em que, além de representar algebricamente os dados, os alunos calcularam a taxa de variação mobilizando conhecimentos sobre o cálculo de derivada no contexto da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 1, mesmo que este encaminhamento não interferisse no estudo do fenômeno.

Com o acompanhamento da coleta de dados e análise da atividade, evidenciamos que o laboratório de Química possibilita a coleta de dados empíricos de um fenômeno, promovendo aprimoramento de metodologias e até mesmo a construção de métodos para se obter dados e conclusões. Outro fato evidenciado é que este ambiente mobilizou conhecimentos já estudados no curso em disciplina específica da área de Química.

Incentivar os alunos na elaboração de novos métodos foi uma tarefa que enriqueceu a atividade, pois proporcionou momentos de discussões e reforçou para os futuros

professores que a inovação e a criação são atitudes que fazem parte da vida profissional de um docente, principalmente quando se trata de um curso no qual o laboratório é um aliado como recurso didático.

Assim, a atividade de modelagem matemática possibilitou diálogo entre saberes no contexto da formação inicial desses alunos, corroborando com Mesquita e Soares (2012, p. 250) que defendem a necessidade de “conversação, troca de ideias e opiniões entre duas ou mais pessoas ou instâncias”. Além disso, a modelagem matemática subsidiada pela coleta de dados laboratoriais pode se constituir em uma metodologia na qual esses alunos se embasem para desenvolver suas aulas no futuro, enquanto professores, oportunizando acesso, durante sua formação inicial, a diferentes abordagens pedagógicas, ou seja, “à capacitação para optarem pela melhor forma didática e o recurso mais adequado para abordarem determinado conceito de Física, Biologia, Matemática, dentre outras disciplinas” (MESQUITA; SOARES, 2012, p. 250). Essa abordagem não foi destacada nesta pesquisa, sendo uma possibilidade de pesquisa futura.

Referências

- ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo: Contexto, 2012.
- ASSAI, N. D. S.; FREIRE, L. I. F. A utilização de atividades experimentais investigativas e o uso de representações no ensino de cinética química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 6, p. 153-172, 2017.
- BORSSOI, A. H.; ALMEIDA, L. M. Uma aproximação entre modelagem matemática e unidades de ensino potencialmente significativas para a aprendizagem significativa: o caso das equações de diferenças. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 481-503, 2013.
- BRASIL, Ministério da Educação. Conselho Nacional em Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química**. Brasília, 2001.
- CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v.15, n.1, p.61-84, 2009.
- CARREIRA, S. Looking Deeper into Modelling Processes: Studies with a Cognitive Perspective – Overview. In: KAISER, G. et al. (Ed.). **Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling: international perspectives on the teaching and learning of mathematical modeling**. ICTMA 14. New York: Springer, p. 159-164, 2011.
- CARREIRA, S.; BAIOA, A. M. Students’ Modelling Routes in the Context of Object Manipulation and Experimentation in Mathematics. In: KAISER, G. et al. (Ed.). **Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling: international perspectives on the teaching and learning of mathematical modeling**. ICTMA 14. New York: Springer, p. 211-220, 2011.
- D’AMBROSIO, U. Mathematical Modelling as a strategy for building-up systems of knowledge in diferente cultural environments. In: STILLMAN, G. A.; BLUM, W.; BIEMBEGUT, M. S. (Eds.). **Mathematical Modelling in Education Research and Practice: Cultural, Social and Cognitive Influences**. Cham, Switzerland: Springer, 2015, p. 173-183, 2015.
- DOERR, H. M.; LESH, R. Models and modelling perspectives on teaching and learning Mathematics in the twenty-first century. In: KAISER, G. et al. (Ed.). **Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling: international perspectives on the teaching**

and learning of mathematical modeling. ICTMA 14. New York: Springer, p. 247-268, 2011.

GARNICA, A. V. M. História Oral e Educação Matemática. Em: BORBA, M. C.; ARAUJO, J. L. (Orgs.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004, pp. 77-98.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, 13(2). 187-207, 2008.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol.11, n. 2, 2006.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, 2009.

MACÊDO, G. M. E. et al. **A utilização do Laboratório no Ensino de Química: Facilitador do Ensino** – Aprendizagem na Escola Estadual Professor Edgar Tito em Teresina, Piauí. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Teresina, Piauí. 2004.

MESQUITA, N. A. S.; SOARES, M. H. F. B. Tendências para o ensino de Química: o caso da interdisciplinaridade nos projetos pedagógicos das licenciaturas em química em Goiás. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 1, p. 241-255, 2012.

ROSA, C. W.; FILHO, J. P. A. Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as atividades experimentais em física. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 20, n. 1, p. 61-81, 2014.

ROSA, L. M. R.; SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. Regência e análise de uma sequência de aulas de química: contribuições para a formação inicial docente reflexiva. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 1, p. 51-70, 2017.

SICCA, N. A. L. Razões Históricas para uma Nova Concepção de Laboratório no Ensino Médio de Química. Em: **Paidéia**, FFCRLP-USP, Rib. Preto, fev/ago, 1996. p 115-129.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. As estratégias enunciativas de uma professora de química e o engajamento disciplinar produtivo dos alunos em atividades investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 117-138, 2001.

SILVA, M. B.; TRIVELATO, S. L. F. A mobilização do conhecimento teórico e empírico na produção de explicações e argumentos numa atividade investigativa de Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 139-153, 2017.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. . A experimentação no ensino médio de Química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso. **Ciência e Educação** (UNESP), v. 14, p. 233-249, 2008.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências e Cognição**, v. 14, p. 50-74, 2009.

TORTOLA, E.; ALMEIDA, L. M. W. Reflexões a respeito do uso da modelagem matemática em aulas nos anos iniciais do ensino fundamental. **Rev. bras. Estud. pedagog.** (online), Brasília, v. 94, n. 237, p. 619-642, maio/ago. 2013.