

PRODUÇÕES COLETIVAS DE PROFESSORES:

Guias Experimentais
Investigativos para o
Ensino de Química



Thiago Antunes-Souza
Simone Alves de Assis Martorano
(Orgs.)

 **Pedro & João**
editores

Produções Coletivas de Professores:
Guias Experimentais Investigativos para o
Ensino de Química

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2022/02774-2



Thiago Antunes-Souza
Simone Alves de Assis Martorano
(Organização)

Produções Coletivas de Professores:
Guias Experimentais Investigativos para o
Ensino de Química

Copyright © Autoras e autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos das autoras e dos autores.

Thiago Antunes-Souza; Simone Alves de Assis Martorano [Orgs.]

Produções Coletivas de Professores: Guias Experimentais Investigativos para o Ensino de Química. São Carlos: Pedro & João Editores, 2025. 144p. 16 x 23 cm.

ISBN: 978-65-265-1808-3 [Digital]

1. Conhecimentos Profissionais Docentes. 2. Ensino de Química. 3. Formação de Professores. 4. Experimentação Investigativa. I. Título.

CDD – 370/540

Capa: Luidi Belga Ignacio

Ficha Catalográfica: Hélio Márcio Pajeú – CRB - 8-8828

Diagramação: Diany Akiko Lee

Editores: Pedro Amaro de Moura Brito & João Rodrigo de Moura Brito

Conselho Editorial da Pedro & João Editores:

Augusto Ponzio (Bari/Itália); João Wanderley Geraldi (Unicamp/Brasil); Hélio Márcio Pajeú (UFPE/Brasil); Maria Isabel de Moura (UFSCar/Brasil); Maria da Piedade Resende da Costa (UFSCar/Brasil); Valdemir Miotello (UFSCar/Brasil); Ana Cláudia Bortolozzi (UNESP/Bauru/Brasil); Mariangela Lima de Almeida (UFES/Brasil); José Kuiava (UNIOESTE/Brasil); Marisol Barenco de Mello (UFF/Brasil); Camila Caracelli Scherma (UFFS/Brasil); Luís Fernando Soares Zuin (USP/Brasil); Ana Patrícia da Silva (UERJ/Brasil).



Pedro & João Editores

www.pedroejoaoeditores.com.br

13568-878 – São Carlos – SP

2025

Breve Apresentação: ação pública dos conhecimentos profissionais docentes

Thiago Antunes-Souza e
Simone Alves de Assis Martorano
(Organizadores)

Nas primeiras palavras que apresentam este livro, gostaríamos de destacar que a esta obra é constituída por um conjunto de propostas experimentais elaboradas por meio de parcerias entre professores formadores da Licenciatura, licenciandos em Química e professores de educação básica. **Este é, portanto, um livro para professores que é escrito por professores!**

Enquanto construção coletiva, esta obra envolveu a escolha de um tema da Química e a elaboração de um guia experimental investigativo seguindo o modelo derivado de minha pesquisa de doutorado (Antunes-Souza, 2018) e aplicado em outros estudos (Schnetzler, Antunes-Souza, 2019; Amaral, Antunes-Souza e Firme, 2020; Antunes-Souza, 2021; Camargo, Antunes-Souza e Martorano, 2022; Antunes-Souza e Aleme, 2023).

O contexto de elaboração de tais propostas são as disciplinas de Práticas Pedagógicas de Química I e II oferecidas ao curso de Licenciatura em Ciências da Universidade Federal de São Paulo. Este espaço didático é o campo empírico do projeto de pesquisa por mim coordenado de título: “Formação-Profissão: a construção de um ‘terceiro lugar’ na formação inicial de professores de Química”, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, sob o número 2022/02774-2.

No projeto, em diálogo com o campo de estudos e pesquisas da formação de professores, procuramos investigar o desenvolvimento dos conhecimentos profissionais docentes a partir das tensões entre as histórias de vida desses profissionais.

Essa pesquisa ocorre naquele contexto em que professores de educação básica atuam como formadores de professores em disciplinas de Prática Pedagógica de Química. Assim, nosso objetivo geral é compreender o movimento de construção da identidade profissional docente em disciplinas do curso de licenciatura nas quais professores de educação básica trabalhem com alunos em formação.

Nesse sentido, durante as disciplinas de Práticas Pedagógicas I e II que são semestrais, os licenciandos produzem materiais pedagógicos como vídeos, podcasts e/ou sequências didáticas articuladas aos temas da ementa de cada disciplina. Nossa proposta é que o estudo dos temas e a elaboração dos materiais pedagógicos sejam realizados pelos licenciandos sempre em parceria com os professores de educação básica.

Do conjunto de materiais pedagógicos produzidos durante os anos de 2023 e 2024, selecionamos quatro propostas de guias experimentais investigativos para compor nosso primeiro livro que sistematiza e divulga tais produções coletivas. São elas que serão apresentadas nos capítulos que seguem e que serão precedidas pelo próximo capítulo que tem como função principal apresentar as bases teóricas que sustentam as propostas experimentais desenvolvidas.

Nossa justificativa fundamental para a elaboração deste livro é o conceito de conhecimento profissional docente definido do Nóvoa (2022, p. 8):

[...] um conhecimento que está na docência, isto é, que se elabora na ação (contingente); um conhecimento que está na profissão, isto é, que se define numa dinâmica de partilha e de co-construção (coletivo); um conhecimento que está na sociedade, isto é, que se projeta para fora da esfera profissional e se afirma num espaço mais amplo (público).

Desta conceituação, gostaria de destacar a terceira característica: um conhecimento público. A natureza pública do

conhecimento profissional docente implica e a escrita e a socialização. Há nesse sentido, uma tentativa de aproximar os professores da escrita, enfrentando a antiquada ideia de que essa atividade seja exclusividade da esfera acadêmica.

Acreditamos, portanto, que o exercício da escrita por professores de educação básica é fundamental para o seu desenvolvimento profissional docente, para melhoria e reconhecimento social da profissão e para a construção de uma identidade mediada na experiência coletiva, tal como Nóvoa (2022, p. 12) defende:

Uma profissão que não se escreve, não se inscreve do ponto de vista social e fica diminuída na sua capacidade de participação no espaço público e no espaço das políticas públicas. Escrever bem é condição necessária para pensar bem; e pensar bem aproxima-nos da possibilidade de agir bem. O que significa publicação, no seu sentido literal? Significa pública ação. O conhecimento profissional docente define-se numa ação pública.

Nesses termos, dar voz aos professores, é oportunizar condições para eles extrapolem os muros da escola e se posicionem socialmente: “[...] hoje não podemos prescindir da sua exposição pública, da sua voz pública. O conhecimento profissional docente ganha legitimidade e relevância quando se difunde na sociedade” (Nóvoa, 2022, p. 12).

Ao escrever sobre suas crenças, seu trabalho pedagógico e sua vida profissional, os professores podem dar mais substância aos conhecimentos profissionais e afirmar a centralidade deles nos processos identitários e de desenvolvimento profissional.

Referências

AMARAL, E.; SOUZA, T. A.; FIRME, R. N. **Construindo o novo ensino médio: projetos interdisciplinares - Química**. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2020.

ANTUNES-SOUZA, T. **(Re)Elaborações de concepções sobre docência, experimentação e ciência na formação inicial de professores de química**. 193 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Metodista de Piracicaba, Pós-Graduação em Educação, Piracicaba. 2018.

ANTUNES-SOUZA, T. Experimentação no ensino de Química: a urgência do debate epistemológico na formação inicial de professores. **REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 20 n. 3, p. 335-358, 2021.

ANTUNES-SOUZA, T.; ALEME, H. G. Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química. **REVISTA COCAR (UEPA)**, v. 19, p. 1-20, 2023.

CAMARGO, A. M.; ANTUNES-SOUZA, T.; MARTORANO, S. A. A. Possibilidades de Curricularização Extensionista: aulas experimentais de química em tempos de pandemia de covid-19. **Revista Capim Dourado: Diálogos em Extensão**, v. 5, p. 125-146, 2022.

NÓVOA, A. Conhecimento profissional docente e formação de professores. **Revista Brasileira de Educação** v. 27 e270129 2022.

SCHNETZLER, R.; ANTUNES-SOUZA, T. Proposições didáticas para o formador Químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. **Química Nova**, p. 947-954, 2019.

Prefácio

Profa. Dra. Miriam Possar do Carmo¹

É notória a preocupação dos pesquisadores quando refletem sobre a atuação dos professores de ensino básico, suas práticas de ensino em salas de aula e o distanciamento deles em relação às pesquisas científicas. Desta forma, os cursos de licenciatura, tratando-se aqui principalmente os de Ciências, têm investido esforços para aliar cada vez mais a prática do ensino e a pesquisa em prol do desenvolvimento profissional dos licenciandos e professores.

Nesta obra um dos objetivos dos autores é enfrentar a visão simplista de ensino, oportunizando ao professor pensar sobre e na sua prática, para que isto reflita em um ensino que possibilite aos alunos participar (Carvalho, 2004) e se envolverem na construção de conhecimentos, questionando, levantando hipóteses, argumentando, analisando e buscando soluções para problemas, rompendo assim a visão linear do ensino.

Segundo os organizadores da obra (Antunes-Souza e Martorano), dar voz aos professores de educação básica para que socializem seus conhecimentos profissionais em parceria com professores formadores da Licenciatura e licenciandos em Química se mostrou uma experiência promissora na construção de materiais pedagógicos, tendo como mote o desenvolvimento de atividades experimentais de caráter investigativo.

Assim, as atividades experimentais desenvolvidas nessas parcerias buscaram ir além do sentido de comprovarem teorias com apresentação de um roteiro procedimental, que pouco contribuem para o desenvolvimento de habilidades cognitivas. Para tanto, são elaborados guias experimentais investigativos, cujas

¹ Doutora em Educação no Ensino de Química pela Universidade de São Paulo e professora de Química da Educação Básica há 46 anos.

propostas experimentais apresentam problemas a serem resolvidos, para os quais a solução exige de o aluno refletir sobre os aspectos fenomenológicos em articulação teórico- conceitual, ou seja, atingir uma compreensão submicroscópica.

Neste processo, o papel do professor como mediador é fundamental para que os três níveis (fenomenológico, representacional e teórico conceitual) sejam articulados e que os alunos, consigam elaborar hipóteses, analisar dados, propor soluções, estabelecendo relações conceituais.

O papel dos guias experimentais que serão apresentados trazem uma abordagem investigativa com grau de abertura relativa, buscando enfatizar as discussões teóricas da experimentação. Ele inicia com a problematização de fenômenos simples por meio de questionamentos para despertar no aluno, entre outros aspectos, maior participação, interpretação dos fenômenos, exposição de concepções prévias e desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem.

São apresentadas na obra cinco guias experimentais e a evolução dos licenciandos e professores na construção deles com vista no desenvolvimento teórico-conceitual dos alunos.

Os guias experimentais investigativos, na maioria, em suas primeiras versões deram ênfase aos aspectos concretos do fenômeno com ausência de articulações conceituais, escassez de questões norteadoras, erros conceituais, poucas mediações dos professores que dessem suporte ao desenvolvimento de relações conceituais para que o aluno pudesse transpor a visão macro para a submicroscópica.

Após intervenção e parceria dos professores formadores e discussões entre os pares, por meio de mapas de estruturas conceituais (mapas metaconceituais) os guias foram retomados e se iniciou a conscientização de uma hierarquia conceitual e sua sistematização. Assim, o licenciando e ou o professor deveriam ter em mente: os conceitos que os alunos deveriam aprender, os que deveriam apresentar ou definir e, os que deveriam retomar.

Essa estratégia formativa auxiliou na reelaboração do guia experimental investigativo com possibilidade de elaboração dos conceitos científicos, pois é perceptível nos guias experimentais uma demanda dos aspectos fenomenológicos aos teóricos-conceituais com ênfase nas discussões e interpretações dos fenômenos químicos, o que refletiu na interação entre os sujeitos e no avanço quanto o nível das atividades experimentais, as quais, de caráter comprobatório passaram a apresentar características investigativas.

Dentre os guias experimentais investigativos, são apresentados aspectos relacionados aos capítulos:

No primeiro capítulo, são discutidas as bases teórico-metodológicas que nortearam o desenvolvimento dos guias experimentais investigativos produzidos.

No segundo capítulo, o tema de óxido-redução, com foco conceitual; - entendo a solubilidade e a miscibilidade de solventes, com uma proposta de atividade lúdica e interativa (jogos mortais) com exploração de ferramentas digitais.

No capítulo terceiro é apresentada a proposta de tema “moeda de cobre, prata e ouro”, envolvendo aspectos históricos da química na construção humana e contextualização.

Construindo uma escala de pH com repolho roxo, é a atividade elaborada no quarto capítulo, a experimentação nesta proposta é apresentada como abordagem de construção e apropriação de conhecimentos.

O tema da Cinética Química é explorado no quinto capítulo, no contexto de práticas possíveis para a escola e a sistematização do conhecimento, com elaboração de textos com foco no desenvolvimento histórico do tema e da participação interativa do aluno.

Por fim, o sexto capítulo aborda materiais de baixo custo na atividade experimental: o exemplo do guia “Chuva Ácida”, proposta experimental visando a utilização de materiais de baixo custo, e exploração de questões ambientais.

Fica claro que as atividades experimentais são de extrema importância no ensino de Ciências e apresentam diferentes abordagens conforme o que se pretende desenvolver no aluno. O papel do professor na proposta de um ensino por experimentação que seja investigativo é fundamental, pois cabe ao professor promover condições para que o aluno, levante hipóteses, participe ativamente da proposta experimental, articule com seus conhecimentos, elabore conclusões, construa conhecimentos com vista a proposição de problemas.

Segundo Pella (1961), uma atividade experimental investigativa com alto grau de liberdade é aquela em que o aluno, elabora o problema, a hipótese, o procedimento, faz coleta de dados, analisa os dados e elabora conclusão, este tipo de atividade ocorre mais frequentemente quando o aluno desenvolve projetos.

Nesta obra, o foco principal foi a possibilidade de explorações e construções conceituais para ser atingido determinados objetivos educacionais como a transposição de uma visão macroscópica do fenômeno à construção de interpretações teórico-conceituais a partir de experimentos e estratégias envolvendo questões problematizadoras, daí um caráter investigativo.

Desta forma, ao professor leitor desta obra fica a certeza da contribuição dos autores para que a distância entre o ensino e a pesquisa devam ser rompidos, as trocas entre pares (professor formador, licenciandos e professores) sejam efetivadas e que a voz do professor deva ser valorizada e socializada.

Referências

- CARVALHO, A, M, P. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- PELLA, M. O. **The laboratory an science teaching.** The Science Teacher 1961, 28, pp.20-31.

Sumário

Bases Teóricas para Guias Experimentais Investigativos <i>Thiago Antunes-Souza</i>	15
Entendendo a solubilidade e a miscibilidade de solventes <i>Angeline Carvalho Pereira</i> <i>Maria Julia Araújo Ferreira</i> <i>Quelli Brandão da Silva</i>	45
Moeda de cobre, prata e ouro <i>Aline Oliveira Campos</i> <i>Aline Soares Sancho Silva</i> <i>Evelen Stefani Rodrigues</i> <i>Alexandra Blumtritt</i> <i>Ana Valéria Santos de Lourenço</i>	61
Construindo uma escala de pH, com repolho roxo, a partir da interpretação dos três níveis de conhecimentos químicos <i>Gabriel Tanajura Teixeira</i> <i>Matheus Olteanu Saragioto</i> <i>Maria Eduarda Verginio</i> <i>Rodrigo Curto Palhares</i> <i>Carlos Henrique Ribeiro dos Reis</i> <i>Helga Gabriela Aleme</i>	87
Cinética Química: práticas possíveis para a escola e sistematização do conhecimento <i>Vitória Bitiano</i> <i>Marcos Rogério dos Santos</i> <i>Lucinéia F. Ceridório</i>	107
Materiais de baixo custo na Atividade experimental: o exemplo do guia “Chuva Ácida” <i>Simone A. A. Martorano</i> <i>Gabriel Ferreira Rocha</i>	135

Bases Teóricas para Guias Experimentais Investigativos

Thiago Antunes-Souza¹

As bases teóricas que sustentam os guias investigativos dos próximos capítulos são fruto de estudos que venho desenvolvendo desde o meu doutorado e que, atualmente, como coordenador da Prática Pedagógica de Química oferecida ao curso de Licenciatura em Ciências da Unifesp, eu venho adaptando nas aulas com os estudantes. Neste capítulo, meu objetivo é discutir teoricamente o modelo de guia e os conceitos que o estruturam a partir de dados da tese: i) experimentação investigativa, ii) mediações pedagógicas e iii) três níveis de conhecimentos químicos. Assim, apresento um recorte dos dados apresentados em minha tese, com o objetivo principal de analisar o processo de elaboração de um guia experimental envolvendo o tema de óxido-redução realizado por duas licenciandas e identificar de que modo elas se apropriaram daquelas três abordagens e como essa apropriação impacta as proposições pedagógicas nos guias.

Introdução

Em minha tese de doutoramento intitulada: “(Re)Elaborações de Concepções sobre Docência, Experimentação e Ciência na Formação Inicial de Professores de Química” desenvolvi uma estratégia formativa com alunos do último ano de um curso de

¹ Licenciado em Química e Doutor em Educação pela Universidade Metodista de Piracicaba. Professor Adjunto da Universidade Federal de São Paulo. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação Multiunidades de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual de Campinas. E-mail: tasouza@unifesp.br.

Licenciatura de uma universidade confessional paulista (Antunes-Souza, 2018).

Neste estudo, optamos por trabalhar com licenciandos em Química possíveis ações de ensino, por meio de uma estratégia formativa, que integrasse três contribuições de pesquisas do campo da Educação Química, consideradas importantes para a melhoria do ensino:

i) O papel da experimentação investigativa na interpretação de fenômenos químicos: Partindo do pressuposto de que a experiência por si só não promove a aprendizagem em nível submicroscópico e repensando sua função no ensino de Química, exploramos suas potencialidades no que se refere ao estabelecimento de articulações entre os três níveis do conhecimento químico. A partir dos estudos de Silva e Zanon (2000), Silva, Machado e Tunes (2010), Souza et al (2013), Galiazzi e Gonçalves (2014); Quadros et al (2015); Schnetzler, Silva e Antunes-Souza (2016) e demais educadores químicos, propusemos atividades experimentais investigativas, considerando-as como mais uma maneira de desenvolvimento de pensamento, de afastamento do mundo concreto e elaboração de conhecimentos científicos.

ii) A articulação dos três níveis de conhecimentos químicos: Contrariando práticas de ensino que priorizavam informações fenomenológicas em detrimento de conhecimentos teórico-conceituais, retomamos o estudo de processos de ensino-aprendizagem que promovam a articulação entre os três níveis de conhecimentos químicos: fenomenológico ou macroscópico (aquilo que podemos ver, medir ou descrever - densidade, cor, peso etc. -); representacional (linguagem química: simbologia própria da Química para representar elementos químicos, fórmulas de substâncias e equações que representam reações químicas); e teórico-conceitual ou submicroscópico (modelos e teorias que nos permitem explicar os fenômenos). Tal articulação foi inicialmente proposta por Johnstone (1982, 1991, 2000) e enfatizada por vários educadores químicos. Para além de um ensino no qual o fenômeno, a linguagem e a teoria comparecem como aspectos igualmente

importantes, visamos problematizar a linguagem química como intersecção entre os níveis macroscópico e submicroscópico (Taber, 2013, 2015). Assim, apoiados em postulados da abordagem histórico-cultural, defendemos a linguagem química como constitutiva da articulação macro-submicro, em outros termos, como expressão de pensamento e palavra.

iii) A importância das mediações pedagógicas para a aprendizagem escolar: Apoiados em Vigotski (1934/1993, 1929/2000) e seus seguidores, assumimos o processo de elaboração conceitual em sala de aula como uma prática social mediada na/pela palavra e no/pelo outro. Assim, o professor tem a tarefa de promover no aluno a elaboração de ideias abstratas e generalizantes para interpretar o fenômeno observado, por meio de articulações mediadas por ele entre aqueles três níveis de conhecimentos químicos, com atenção especial ao papel constitutivo da linguagem nesses processos.

Com base nesses três fundamentos, a estratégia formativa desenvolvida, pautou-se na compreensão de que os processos interativos e dinâmicos no ensino e na aprendizagem são essenciais, pois é o professor quem faz intervenções deliberadas voltadas à elaboração de explicações e significações no nível teórico-conceitual. Nesses termos, enquanto formadores de professores, pensamos em atividades apoiadas na mediação pedagógica, nas quais, os futuros professores fossem desafiados a pensar em como ensinar o conhecimento químico escolar, considerando seu papel nas mediações pedagógicas baseadas em articulações concreto-abstratas por seus futuros alunos em possíveis ações de ensino.

Dessa forma, aos licenciandos foi dada a tarefa de elaborar guias experimentais investigativos considerando aquelas três contribuições anteriormente apontadas, visando a promoção de articulações concreto-abstratas por meio da interpretação de um fenômeno químico, guiada por questões que orientassem o pensamento dos alunos.

De maneira sucinta, podemos elencar o conjunto de atividades que compuseram a estratégia formativa:

i) identificação de concepções dos licenciandos sobre experimentação e ciência e sua problematização no ensino de Química pelo estudo e discussão de textos (Silva e Zanon, 2000; Silva, Machado e Tunes, 2010) que as criticam como atividade comprovativa de teorias científicas, justificando a importância do uso da experimentação investigativa naquele ensino;

ii) exemplificação de abordagem de uma experiência investigativa pela professora responsável para evidenciar a importância das mediações pedagógicas, por parte do professor, na interpretação do fenômeno químico investigado, contrariando concepções simplistas de docência (tal atividade pode ser encontrada em Schnetzler, Silva e Antunes-Souza, 2016);

iii) a proposição de um modelo para elaboração de guias experimentais investigativos que reflete a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e mediações pedagógicas exigidas para tal;

iv) a opção por um tema químico por parte dos futuros professores com a elaboração e apresentação de um guia experimental investigativo;

v) a introdução de elaboração de mapas metaconceituais (Maldaner, Costa-Beber, Machado, 2012) sobre o tema químico escolhido para auxiliar a organização da estrutura conceitual, evidenciando com cores distintas quais conceitos seriam retomados, quais seriam definidos ou transmitidos pelo professor e quais seriam elaborados (conceitos novos) pelos alunos na interpretação do fenômeno químico sob análise.

No que tange ao guia experimental investigativo, o modelo foi construído à luz das indicações de Silva, Machado e Tunes (2010), quando caracterizam Atividades Investigativas. Segundo os autores, tal abordagem inicia-se com a problematização de fenômenos simples, os quais são iniciados com a formulação de questões para despertar o interesse dos alunos. São apontados como contribuições dessas atividades: i) maior participação e

interação dos alunos entre si e com o professor; ii) melhor compreensão por parte dos alunos da relação teoria-experimento; iii) o levantamento de concepções prévias dos alunos; iv) desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e teste de hipóteses; v) valorização de um ensino por investigação (Silva, Machado e Tunes, 2010).

Em função de tais orientações, sugerimos aos licenciandos desenvolvessem uma atividade de ensino – elaboração de guias experimentais investigativos - com caráter orientador do trabalho do professor, evidenciando as mediações pedagógicas necessárias para os alunos interpretarem o fenômeno químico investigado. Em vista disso, deveriam ser guias que sugerissem como professores poderiam abordar tais experimentos, orientando o pensamento dos alunos à luz da teoria. Ou seja, os guias que eles elaboraram deveriam enfatizar a discussão teórica da experimentação.

Nesse sentido, ao contrário de roteiros tradicionais que se dirigem aos alunos orientando as técnicas de procedimento e a um resultado a ser alcançado, os guias elaborados deveriam ser orientadores de mediações pedagógicas por parte do professor. Os guias deveriam partir de uma situação problema para que o aluno fosse construindo hipóteses e participando cognitivamente (pensando sobre o que está fazendo). Colocando-se no papel de mediadores, os licenciandos estruturaram seus guias visando a orientação do pensamento do aluno que promovesse a articulação entre teoria e prática. Isto é, primando pela negociação de significados e construção de conhecimentos compartilhados, o professor precisaria questionar o experimento no sentido de que as problematizações não partissem somente do fenômeno.

Os guias experimentais investigativos foram organizados em três partes: i) apresentação do fenômeno e sua problematização; ii) interpretação do fenômeno, sugerindo quais tipos de perguntas o professor poderia fazer para nortear a discussão; iii) retomada do experimento por meio da construção da tabela dos três níveis de conhecimentos químicos envolvidos na interpretação do experimento.

Outras características gerais apresentadas foram:

i) A questão que sempre nortearia a interpretação dos fenômenos seria: *como eu explico o que eu estou vendo?*

ii) A demonstração do experimento seria acompanhada pela problematização sobre o que está acontecendo, qual é o fenômeno e a sua descrição, sem indicar a sua resposta.

iii) A interpretação do fenômeno, na qual os alunos seriam provocados a explicá-lo, ocorreria por meio do levantamento de conhecimentos prévios. Era objetivo, portanto, propor mediações pedagógicas que promovessem a articulação macroscópico-submicroscópico.

iv) O guia deveria ser organizado por cores: escritos, em vermelho, seriam as questões e as informações químicas que o professor poderia colocar a seus alunos; escritos, em azul, seriam as sugestões ao professor, com conceitos que poderiam orientar o pensamento dos alunos, levando-os a explicar o fenômeno.

v) Além das instruções acima, o guia experimental solicitaria que o professor auxiliasse seus os alunos a registrarem as informações discutidas segundo os três níveis de conhecimento químico:

Quadro 1 – Três Níveis de Conhecimentos Químicos

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

Fonte: Antunes-Souza (2018).

Partes dos resultados dessa pesquisa foram publicados em Schnetzler e Antunes-Souza (2019), Amaral, Antunes-Souza e Firme (2020), Antunes-Souza (2021) e Antunes-Souza e Aleme (2023). Para fins de aprofundamento teórico, trazemos neste texto, a análise de um dos guias produzidos e analisados na tese de doutorado (Antunes-Souza, 2018).

Portanto, o objetivo deste capítulo é analisar o processo de elaboração de um guia experimental envolvendo o tema de óxido-redução realizado por duas licenciandas e identificar de que modo

elas se apropriaram daquelas três abordagens e como essa apropriação impacta as proposições pedagógicas nos guias.

A partir de pressupostos metodológicos da abordagem histórico-cultural, construímos um caminho de análise baseado em duas diretrizes: a primeira, se refere à defesa de uma análise do processo em oposição à análise do objeto e, a segunda, diz respeito à análise explicativa e não meramente descritiva (Vigotski, 1931/2012).

Esse direcionamento metodológico, na visão de Pino (2005) inaugura na psicologia uma visão dinâmica e histórica do psiquismo. O fenômeno, nessa perspectiva, é estudado na emergência de seu próprio desenvolvimento histórico, sendo compreendido não como algo *é*, mas como algo que foi e está sendo: como um processo.

Assim, assumir os pressupostos dessa abordagem numa investigação de processos de elaboração de conhecimentos para superar concepções simplistas de futuros professores de Química sobre docência e empiristas/positivistas de experimentação e de ciência, dá suporte a uma metodologia que permite não só evidenciar as características desse processo, mas também, trabalhar e intervir nele.

Diante do exposto, antes de iniciar nossas análises apresentamos a dupla de estudantes escolhidas para este recorte:

Quadro 2 – Identificação da Dupla.

Dupla 2	
Bárbara	Possui curso técnico em Química e trabalha no laboratório ligado à Pós-Graduação de uma Universidade Pública. O plano inicial ao entrar no curso era ser professora de curso superior. Contudo, no último ano da graduação optou por auxiliar o marido em seu negócio e pretende se especializar em administração: <i>“ Meu plano, agora não é dar aulas. Mas eu terei uma graduação em Química, eu gosto de Química e, também, gosto de alunos... entendeu? Se essa parte administrativa não der certo eu corro pra Química”</i> .

Beatriz	Se encantou pela química por causa de uma professora do ensino médio: “ <i>mas na verdade eu me encantei pela química, não pela docência</i> ”. Apesar de ter ingressado no curso com o objetivo de trabalhar na indústria, durante o estágio supervisionado decidiu lecionar. Quando terminar o curso pretende fazer mestrado na Universidade Pública em que desenvolve estágio no laboratório.
Tema Químico escolhido: Oxido-redução	

Fonte: Antunes-Souza, 2018.

Essa dupla de alunas fazia parte de uma turma de 28 licenciandos do último ano do curso de licenciatura em Química de uma universidade confessional do interior paulista. A aplicação se deu durante a disciplina de Resolução de Problemas I e II com 32h semestrais respectivamente. A professora coordenadora da disciplina era também umas das orientadoras da tese de doutorado e contava com mais de 40 anos de experiência no ensino superior (Antunes-Souza, 2018).

Análise do guia experimental investigativo sobre óxido-redução

O experimento escolhido pela primeira dupla - Beatriz e Bárbara – envolveu palha de aço, que é basicamente composta de ferro (Fe), e soluções aquosas de sulfato de cobre (CuSO_4) e de sulfato de zinco (ZnSO_4). O momento de problematização do guia foi construído da seguinte forma:

Quadro 3 - Trecho da primeira versão da Guia da Dupla.

1º. Momento: Em um béquer foi adicionado uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4) de coloração azul e em outro béquer foi adicionado uma solução de Sulfato de zinco (ZnSO_4) de coloração transparente (figura 1). Em seguida foi adicionada em cada solução um pedaço de palha de aço basicamente composta de ferro. Após alguns instantes havia uma camada de coloração avermelhada sobre a palha de aço submersa na solução de sulfato de cobre e a solução apresentava um azul mais claro

se comparado ao início do experimento. Porém, na palha de aço submersa na solução de sulfato de zinco, nenhuma alteração visível ocorreu (figura 2.)

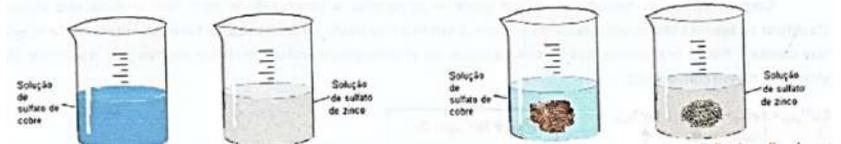


Figura 1-Soluções antes da adição da palha de aço.
Soluções após a adição da palha de aço.

Figura 2-

2º. Momento: Em qual sistema podemos observar algumas alterações? No béquer em que foi possível observar mudanças macroscópicas a coloração permaneceu igual ao início da reação? De que cor ficou a palha de aço? O que vocês sugerem que seja esse depósito avermelhado sobre a palha de aço? Podem representar a equação química da reação ocorrida? Por que não foi possível observar alterações na palha de aço onde contém solução de sulfato de zinco? Quais são as ideias e conceitos químicos que podem nos ajudar a compreender a reação química da palha de aço que ficou avermelhada? Quais ideias podem nos auxiliar para entendermos o porque nenhuma alteração foi vista na palha de aço submersa na solução de sulfato de zinco?

3º. Momento: Por favor, discutam em grupos e de acordo com as respostas obtidas destas questões preencham o seguinte quadro:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

Fonte: Antunes-Souza, 2018.

Conforme observamos no guia, o primeiro momento é constituído pela ênfase na descrição dos aspectos macroscópicos da experiência, ou seja, as alterações que são visíveis em apenas um dos sistemas. Assim, a problematização da experiência está centrada exclusivamente no nível fenomenológico e o reforço a esse nível de conhecimento revela-se nas orientações que são indicadas ao professor: “É importante pedir aos alunos que observem atentamente

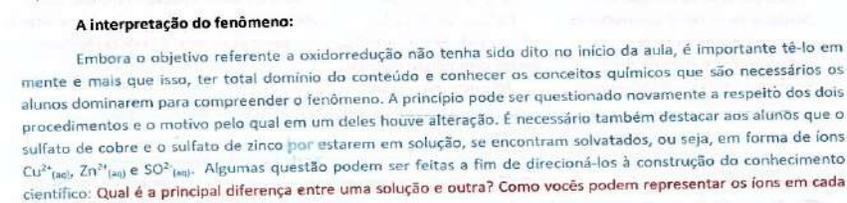
às [as] alterações que estão presenciando e incentivá-los a refletir o porquê estas [destas] mudanças macroscópicas que estão ocorrendo ou não”.

Por fim, apesar da existência de indagações sobre quais ideias e conceitos químicos poderiam ajudar a explicar o fenômeno, neste momento de problematização nenhum conceito foi retomado ou introduzido, tampouco a equação que representa a reação. Nesses termos, no que se refere à mediação proposta, há a orientação do aluno para as questões visíveis do fenômeno (atenção voltada ao objeto percebido ou observado) e ausência de orientação para aspectos em nível atômico molecular (atenção voltada para o conceito).

Na interpretação do fenômeno, Beatriz e Bárbara sugerem ao professor que retome o conceito de solvatação, indicando a necessidade de os alunos considerarem a presença de íons em solução e, a partir dessa ideia, propõem questões norteadoras que demonstram desarticulação conceitual. As primeiras perguntas realizadas requeriam dos alunos o domínio dos conceitos de número de oxidação, redução e oxidação, todavia, apenas a ideia de solvatação tinha sido retomada e já no início da interpretação o objetivo de aula é entregue: “*Houve alteração de NOX no metais, ou seja, houve transferência de elétrons?*”.

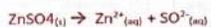
Logo após aquela primeira parte do guia, o segundo momento foi proposto da seguinte maneira:

Figura 1 Trecho da primeira versão do guia da dupla



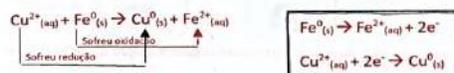
solução? Por que a coloração da solução de sulfato de cobre sofreu alteração? Qual era mesmo a principal composição da palha de aço? Como vocês descreveram a equação química da reação ocorrida entre a solução de sulfato de cobre e o ferro presente na palha de aço? Houve alteração do NOX nos metais, ou seja, houve transferência de elétrons? Qual é o agente redutor? Qual é o agente oxidante? Qual sofreu oxidação? Qual sofreu redução? Por que o íon de Cobre reagiu com o Ferro e íon de Zinco não reagiu? Vocês se lembram da fila de reatividade dos metais?

De acordo com as ideias que os alunos forem fornecendo é interessante que as principais delas sejam colocadas na lousa, como a solvatação dos íons nas soluções:



Pensando nos íons metálicos em solução é interessante levá-los a refletir sobre como cada um interagiu com o ferro presente na palha de aço: Já que houve uma reação química entre o íon de cobre e o ferro, como vocês podem representar esta equação demonstrando a transferência de elétrons?

Com as equações químicas na lousa, pode-se aproveitar a oportunidade para com a ajuda dos alunos classificar os agentes redutores e oxidantes representando a reação de oxidorredução e também apresentar a tabela que consta a fila de reatividade dos metais para que os alunos compreendam melhor o motivo pelo qual o íon de zinco não reagiu com o ferro:



Agente Oxidante: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$

Agente Redutor: $\text{Fe}^0(\text{s})$

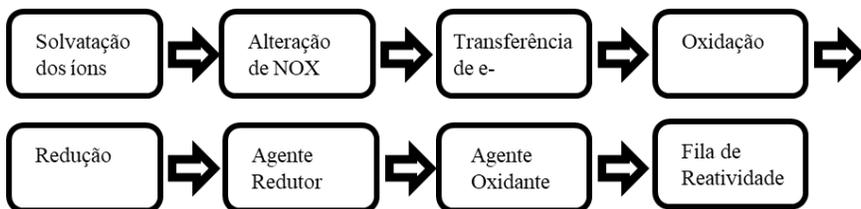


Li, K, Rb, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, **Zn**, **Fe**, Co, Ni, Pb, H, **Cu**, Ag, Pd, Pt, Au

← Maior reatividade, Menor nobreza

Fonte: Antunes-Souza, 2018.

Deste modo, se o objetivo do guia era propor um experimento investigativo para o ensino do tema óxido-redução, esperava-se que a interpretação do fenômeno promovesse uma discussão que chegaria ao que caracteriza tais reações: a transferência de elétrons. Nesse sentido, o conceito químico essencial a ser introduzido seria o de número de oxidação, explicando suas convenções. No entanto, o diálogo proposto é direcionado para caracterização de agente redutor, agente oxidante e fila de reatividade dos metais, demonstrando pouco domínio químico sobre o tema, o que pode ser evidenciado pelo confuso encadeamento de conceitos proposto pela dupla:



Ainda sobre a abordagem conceitual adotada, cabe destacar que a fila de reatividade é apresentada com um fim em si mesmo sem ser mencionado o conceito de eletropositividade (a capacidade de perder elétrons) para explicar o porquê de um metal ser mais reativo do que o outro. Isto é, ao final seria pertinente esclarecer que a série eletroquímica mencionada está baseada em uma ordenação das espécies de acordo com o seu potencial padrão, estabelecendo essa relação entre metais que são colocados em interação e levando-se em conta sua capacidade de perder elétrons.

No que tange à articulação dos três níveis de conhecimentos químicos, depois da problematização essencialmente macroscópica e a estrutura conceitual desorganizada em termos de sistematicidade do conceito, a linguagem química é pouco explorada. Afinal, mesmo com a indicação da dupla: *“Com as equações químicas na lousa, pode se aproveitar a oportunidade para com a ajuda dos alunos classificar os agentes redutores e oxidantes representando a reação de oxidorredução [...]”*, a própria desarticulação conceitual comprometeu a função da linguagem química como um signo mediador para a formação do conceito de óxido-redução, ficando restrita a função de comprovar a transferência eletrônica já anunciada.

Ao final do guia, é retomada a tabela dos três níveis de conhecimento químico:

Figura 2 Trecho da Primeira Versão do Guia da Dupla

Retomada da tabela que traz os três níveis do conhecimento químico:

A fim de retornar tudo o que foi discutido durante a aula, é importante preencher a tabela com os três níveis do conhecimento químico juntamente com os alunos, assim ficará ainda mais claro a explicação e equações químicas que representam as alterações macroscópicas que observaram a partir dos procedimentos:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
Becker com sulfato de cobre: - Descoloração da solução azul; - Depósito de material avermelhado sobre a palha de aço;	Becker com sulfato de cobre: $Fe^0_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu^0_{(s)}$ Becker com sulfato de zinco: $Cu^{2+}_{(aq)} + Fe^0_{(s)} \rightarrow Cu^0_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)}$	Solubilidade; Ligação iônica; Mobilidade iônica; Oxidorredução (transferência de elétrons); NOX / Valencia; Agente redutor e agente oxidante; Fila de reatividade.
Becker com sulfato de zinco: - Nenhuma alteração foi observada.	Becker com sulfato de zinco: Não ocorreu reação	

Após o preenchimento da tabela na lousa é necessário questionar a respeito de eventuais dúvidas e se necessário, explicar novamente alguns conceitos.

É muito interessante também discutir a importância dos processos de oxirredução no cotidiano, como por exemplo, a corrosão, a combustão da gasolina, os metais de sacrifício, buscando sobretudo relacionar o conteúdo aplicado em sala de aula com a realidade do aluno.

Fonte: Antunes-Souza, 2018.

Ao olharmos para a terceira coluna da tabela dos três níveis de conhecimento químico, é possível afirmar que Beatriz e Bárbara, apesar do modo como conduziram o diálogo na interpretação do experimento, consideram a transferência de elétrons como característica fundamental das reações de óxido-redução, pois escrevem assim: “*Oxidorredução (transferência de elétrons)*”. Essa constatação pode nos indicar i) que a falta de domínio químico sobre o tema está associada a ausência de um sistema conceitual, ou seja, existe a operação com a definição do conceito de oxido-redução, mas não há consciência de como tal conceito é elaborado a partir de um sistema conceitual; ii) apesar da estrutura do guia ter sido compreendida pelas licenciandas, o conceito de experimentação investigativa ainda não se apresenta claro, na medida em que o objetivo de do guia, ou seja, a ideia química a que queriam chegar, é entregue no primeiro diálogo proposto e comprovada pelo esquema desenhado ao final.

Assim que essa primeira versão do guia foi apresentada, a desorganização conceitual nos chamou bastante atenção e foi central nas nossas sugestões de correção para a dupla:

(1) Pesquisador: quando vocês apresentam o fenômeno, vocês não citam nada sobre oxidação ou redução e na segunda parte vocês começam com

questões bem específicas sobre número de oxidação e tal. Será que o aluno vai saber essas coisas?

Bárbara: Eu estou considerando que eles já conheciam alguma coisa, que não fosse a primeira vez... A gente até fala assim: "vocês se recordam de tal coisa?"

Professora: O que vocês precisariam ter entregue? O que é oxidação e o que é redução, porque o aluno não tem condição de dizer o que é oxidação. Essa é a parte que vocês têm que entregar. Por isso, não tem muito sentido perguntar se eles se recordam da fila de reatividade, porque estamos tentando explicar algo novo pra eles. Essa experiência que vocês propõem é muito legítima pra iniciar o conceito de óxido-redução... Em termos conceituais, não tem muito sentido fazer vários experimentos para trabalhar a fila de reatividade.

Pesquisador: Vocês têm que explicar o que é oxidação e o que é redução e o conceito de número de oxidação no começo.

Bárbara: Então, explicando nessa situação, a oxidação e a redução é a transferência de elétrons...

Professora: Calma, a redução é o ganho de elétrons e a oxidação é a perda de elétrons. Sabendo disso, o aluno pode dar "o pulo do gato" e chegar à ideia de transferência dos elétrons. Mas pra ele fazer isso você tem que entregar alguma coisa. Quer dizer, o que o aluno ia elaborar? Que essa reação ocorre por transferência de elétrons. Então, dá uma mexida no guia pensando nisso.

[Trecho da aula 13, durante o primeiro semestre]

Durante as aulas de apresentação nós não interrompíamos as duplas, geralmente eles apresentavam em até 20 minutos e, ao final, a professora formadora e eu fazíamos alguns apontamentos e sugestões de correção. No diálogo presente no excerto acima, pode-se destacar nossa ênfase na estrutura conceitual do guia, já que nos turnos 1, 3 e 4 nós questionamos quais conceitos o aluno deveria saber (conceitos retomados) e quais conceitos deveriam ser entregues (conceitos introduzidos) propondo uma reorganização conceitual que tivesse como ponto de chegada o entendimento de que as reações de óxido-redução ocorrem por transferência de elétrons (turno 6).

Em termos de elaboração conceitual, como Vigotski destaca: “Fora de um sistema, nos conceitos só cabem relações estabelecidas entre os próprios objetos, quer dizer, relações empíricas” (Vigotski, 1934/2014, p 274 – nossa tradução). Nesse sentido, conscientizar as licenciandas dessa estrutura conceitual é um movimento que fizemos com a intenção de ajudá-las tanto no aprimoramento da problematização do guia que estava essencialmente pautada nos aspectos macroscópicos do fenômeno como no modo de interpretação do experimento.

Afinal, se é o conceito um complexo ato de pensamento que se desenvolve a partir de um sistema de generalizações, este possui, portanto, uma estrutura lógica interna que está estabelecida por relações entre conceitos (Vigotski, 1931/1993). Assim, o domínio conceitual está intimamente ligado à ampliação dessa estrutura de generalização entre os conceitos:

Se o próprio significado da palavra pertence a um tipo determinado de estrutura, só um determinado círculo de operações será possível dentro dos limites da estrutura em questão, enquanto que outros tipos de operações só serão possíveis dentro dos limites de outra estrutura. No desenvolvimento do pensamento nós enfrentamos certos problemas de caráter interno muito complexos, que modificam a própria estrutura do tecido do pensamento (Vigotski, 1934/2014, p 279 – nossa tradução).

É por esta razão que as nossas intervenções, no final da apresentação de Bárbara e Beatriz, percorrem a questão estrutural, pois sem a consciência da relação entre os conceitos, a mediação, tal como foi proposta no guia, direcionava o professor a promover uma interpretação que operava concretamente com um conhecimento que exige operações abstratas.

Essa discussão voltada à estrutura conceitual dos guias foi recorrente em todas as apresentações, pois, de forma unânime, nas primeiras versões dos guias apresentados pelas seis duplas, a problematização dos experimentos estava exclusivamente centrada em descrições macroscópicas sobre o fenômeno e na ausência de

informações dos outros níveis de conhecimento químico. De tal forma que as abordagens propostas indicavam uma concepção de experimentação centrada na “descoberta” solitária por parte do aluno, evidenciando ausências de mediações pedagógicas que orientassem deliberadamente o seu pensamento, além da resistência da concepção de que a teoria provém da experiência.

Apoiados em Rosa (2004), acreditamos que as ações de ensino propostas são reflexos de outras concepções que fazem parte da atividade docente, como por exemplo, a visão de aluno, professor, de ciência que eles constroem ao longo da vida. Mais do que isso “essas concepções são acompanhadas de rotinas muito bem estabelecidas, estáveis e resistentes à mudanças” (Rosa, 2004, p.38). Por esta razão, não é surpreendente que a introdução dos guias indicasse a ausência de informações, gerando uma expectativa que o aluno descobrisse sozinho o fenômeno, já que, assim como evidenciamos nos capítulos anteriores, o ensino experimental por descoberta e a aprendizagem com ênfase no aluno foram tendências que marcam a história de formação dos professores de Química no Brasil.

De modo geral os guias preliminares mostravam-se problemáticos, pois havia i) a ausência de informações na primeira parte do guia para que os alunos tivessem condições de pensar sobre o fenômeno; ii) a escassez, em alguns guias, de questões norteadoras; iii) a falta de articulação dos três níveis de conhecimentos químicos; iv) a presença de erros conceituais nas explicações propostas; v) a interpretação do fenômeno que não promovia a aprendizagem do conceito, dada a estrutura conceitual confusa.

A partir da constatação das dificuldades de mediação e de conteúdo próprio da química, nós reprogramamos as atividades para o semestre seguinte. Nesse sentido, além dos comentários feitos por nós no final do primeiro semestre durante as apresentações, nós decidimos introduzir a elaboração de mapas conceituais com o objetivo de ajudar os licenciandos a representar a estrutura conceitual dos temas escolhidos. Assim, eles poderiam, talvez, ter clareza sobre quais ideias químicas deveriam ser

explicadas/retomadas/definidas aos alunos junto com a problematização do experimento na primeira parte dos guias.

Iniciamos, portanto, o segundo semestre com a devolutiva dos guias experimentais impressos às duplas e retomando as correções sugeridas nas apresentações que ocorreram no semestre anterior. Após essa introdução, a professora formadora começou a discutir a estrutura conceitual dos guias, por meio do estudo de mapas de estruturas conceituais. Diferente de concepções cognitivistas, foi a partir de pressupostos da abordagem histórico cultural que tentamos por meio do uso de mapas conceituais promover nos licenciandos o domínio consciente da articulação e hierarquia entre os conceitos, o que envolvia a concepção de sistematicidade tal qual Góes (2008, p. 2) explicita:

a sistematização do conceito implica um modo de pensar pelo qual o conceito é situado numa trama de outros conceitos, trama essa configurada por *um sistema de relações entre níveis de generalidade*. Dessa perspectiva, sistematizar é um ato de pensamento que põe em relação significados generalizados, que se organizam em termos de subordinação, coordenação e supraordenação.

Os mapas partiram do pressuposto de que os conceitos científicos são formados num sistema organizado, que envolve níveis de generalidade:

Se a tomada de consciência significa generalização, é totalmente evidente que a generalização por sua parte não significa nada mais que formação de um conceito superior, em um sistema de generalização em que se inclui o conceito em questão como um caso particular. Mas se depois do mencionado conceito surge um conceito superior, pressupor-se-á obrigatoriamente a presença não só de um, mas sim de uma série de conceitos subordinados (Vigotski, 1934/2014, p. 215 – nossa tradução).

A orientação para elaboração dos mapas partiu do princípio de que associado ao conceito central (tema químico que se

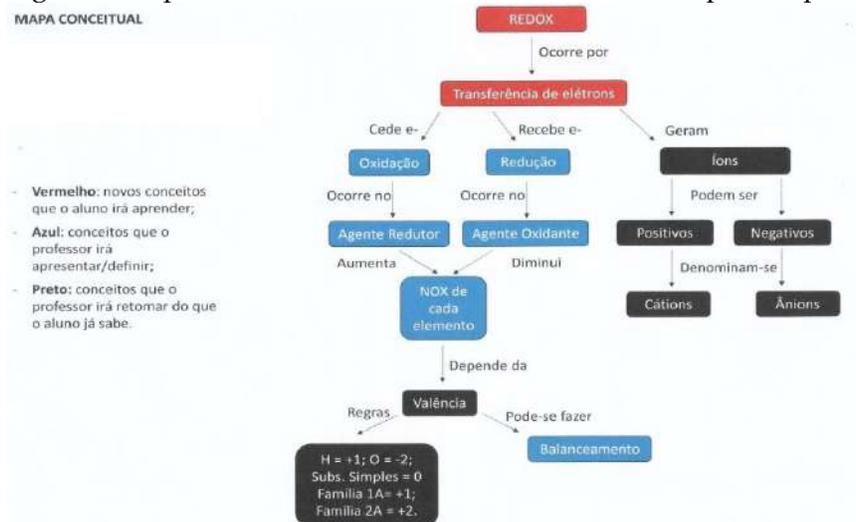
objetivava ensinar a partir do guia) estariam articulados conceitos secundários e/ou terciários e que o mapa seria pensado em dois sentidos: i) ter clareza da organização conceitual no âmbito específico da química, isto é, a estrutura hierárquica entre os conceitos e ii) ter clareza pedagógica de como tais conceitos poderiam ser abordados na explicação dos fenômenos.

Adotamos a nomenclatura de mapas metaconceituais apoiados nas contribuições de Maldaner, Costa-Beber, Machado (2012). Segundo os autores:

Na tentativa de distinguir de mapas conceituais, utilizamos o termo “metaconceitual”. Isso porque ele foi construído a partir de operações metacognitivas e não pelos conceitos que estruturam os diferentes componentes curriculares, ou seja, com a intenção de tomar consciência do pensamento realizado pelos estudantes, que é formado pelas relações conceituais por eles estabelecidas (Maldaner, Costa-Beber, Machado, 2012, p. 94).

Sobre essa clareza pedagógica, propusemos aos licenciandos que elaborassem mapas metaconceituais referentes aos temas químicos de seus guias experimentais, evidenciando com cores distintas quais conceitos seriam retomados (preto), quais seriam definidos ou transmitidos pelo professor (azul) e quais seriam elaborados (conceitos novos) pelos alunos na interpretação do fenômeno químico sob análise (vermelho). Os alunos tiveram 2 aulas para preparar tais mapas, durante esses dias nós orientávamos as duplas com sugestões e explicação de eventuais dúvidas. Terminada essa tarefa, durante as próximas 3 aulas, os alunos apresentaram os mapas conceituais elaborados. Já que ambas as duplas construíram o mesmo mapa, pois trabalharam o mesmo tema, trazemos como exemplo o mapa construído pela dupla:

Figura 3 Mapa de estrutura metaconceitual elaborado pela dupla



Fonte: Antunes-Souza, 2018.

Como é possível notar, o mapa metaconceitual proposto traz uma organização conceitual distinta das estruturas apresentadas nas versões dos guias analisados. Diferente do que apresentaram, a indicação “redox que ocorrem por transferência de elétrons” em vermelho (como conceito que será aprendido pelo aluno) sugere um entendimento do conceito que não determina a fila de reatividade dos metais como explicação que caracteriza as reações do óxido-redução. Além disso, ao considerarem oxidação, redução e número de oxidação como conceitos que serão definidos pelo professor, fica evidente a necessidade de tais ideias químicas serem abordadas durante a problematização do fenômeno.

Em termos metodológicos, inserimos os mapas metaconceituais como uma etapa da estratégia formativa em função dos resultados preliminares analisados anteriormente. Nosso intuito com essa atividade foi auxiliar os licenciandos na estrutura conceitual do próprio guia, a partir do desenvolvimento consciente da relação entre os conceitos no que se refere ao modo como estão hierarquicamente organizados.

Nesse contexto, associamos a função dos mapas conceituais ao que Vigotski (1926/2013, p. 65 – nossa tradução) chama de instrumentos psicológicos:

como um exemplo de instrumentos psicológicos e seus sistemas complexos podem servir a linguagem, as diferentes formas de numeração e computação, dispositivos mnemônicos, simbolismo algébrico, obras de arte, escrita, mapas, desenhos, todos os tipos de sinais convencionais, etc.

O autor ressalta que os instrumentos psicológicos são criações artificiais dirigidas ao domínio dos próprios processos psíquicos, modificando a evolução e a estrutura das funções psíquicas. Assim, o instrumento psicológico não é um meio de interferência no objeto, mas no próprio comportamento, na atividade psíquica:

no ato instrumental, entre o objeto e operação psicológica a ele dirigida, surge um novo componente intermediário: o instrumento psicológico, que se converte em centro do foco estrutural, na medida em que determina funcionalmente os processos que dão lugar ao ato instrumental. Qualquer ato de comportamento se converte em uma operação intelectual (Vigotski, 1926/2013, p. 67 – nossa tradução).

O instrumento psicológico pode possibilitar, portanto, que os fenômenos psíquicos necessários para se realizar a tarefa desenvolvam-se de uma forma melhor. Segundo Friedrich (2012, p. 63), para Vigotski “é o controle artificial dos fenômenos psíquicos naturais produzidos e desenvolvidos pelo homem com o auxílio de instrumentos psicológicos que se encontra no centro de suas preocupações e é também esse controle que constitui, segundo o autor, a essência do processo de desenvolvimento”. Deste modo, esperávamos que o mapa servisse de instrumento que auxiliasse na tomada de consciência da sistematização conceitual que envolvia o tema químico escolhido para ser abordado no guia.

Após a elaboração dos mapas, foi solicitado aos licenciandos que reelaborassem seus guias à luz da estrutura conceitual dos

temas químicos construída. Para finalização da disciplina, os futuros professores reapresentaram a segunda versão do guia investigativo por eles elaborada.

A segunda versão do guia apresentou mudanças significativas. Bárbara e Beatriz, à luz de nossas sugestões durante a primeira apresentação e do mapa de estrutura conceitual elaborado introduziram na problematização a retomada dos conceitos de ligação iônica e solvatação, além de definirem o conceito de número de oxidação. Também, ainda nesse primeiro momento, explicitaram a equação que representava a reação ocorrida, indicando-a ao professor como meio de se refletir sobre o fenômeno possibilitando a articulação entre os três níveis de conhecimento químico: *“É importante pedir aos alunos que observem atentamente as alterações que estão presenciando e incentivá-los a refletir sobre o porquê estas mudanças macroscópicas estão ocorrendo buscando relacionar com a equação química representada”*. Estas alterações podem ser vistas na figura a baixo:

Figura 4 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla

Apresentação do fenômeno a ser investigado:

Em um becker foi adicionado uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4) de coloração azul e em outro becker foi adicionado solução de sulfato de zinco (ZnSO_4) de coloração transparente (Figura 1). Em seguida, foram adicionados em cada solução um pedaço de palha de aço basicamente composta de ferro. Após alguns instantes havia uma camada de coloração avermelhada sobre a palha de aço submersa na solução de sulfato de cobre e a solução apresentava um azul mais claro se comparado ao início do experimento, pois a seguinte reação ocorreu:

$$\text{CuSO}_4(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + \text{SO}_4^{2-}(aq) \text{ (Dissociação do sal na água)}$$

$$\text{Cu}^{2+}(aq) + \text{Fe}^0(s) \rightarrow \text{Cu}^0(s) + \text{Fe}^{2+}(aq)$$

Porém, na palha de aço submersa na solução de sulfato de zinco, nenhuma alteração visível ocorreu (Figura 2).

Nesta etapa, é necessário relembrar aos alunos a respeito de ligações iônicas e como ocorre a dissociação. Além disso, também é preciso explicar aos alunos o conceito de NOX (número de oxidação).

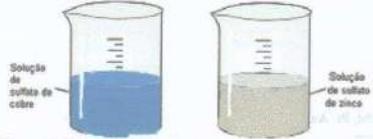
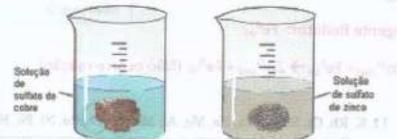



Figura 1: Ilustração das soluções antes da adição da palha de aço. Figura 2: Ilustração das soluções após a adição da palha de aço.

É importante pedir aos alunos que observem atentamente às alterações que estão presenciando e incentivá-los a refletir sobre o porquê estas mudanças macroscópicas estão ocorrendo buscando relacionar com a equação química apresentada. Como sugestão, alguns questionamentos podem ser feitos a fim de orientar a reflexão dos alunos: Quais são as transformações macroscópicas que vocês estão observando? De acordo com a reação, o que vocês sugerem que seja este depósito avermelhado sobre a palha de aço? Por que vocês imaginam que não foi possível observar alterações na palha de aço submersa na solução de sulfato de zinco? Quais são as ideias e conceitos químicos que podem nos ajudar a compreender o que ocorreu nos dois procedimentos? Por favor, discutam em grupos e de acordo com as respostas obtidas destas questões, preencham a seguinte tabela:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

O tempo para que os alunos discutam em grupo suas ideias a respeito dos fenômenos observados pode ser de 10 minutos, a fim de que a partir das ideias deles, você professor, auxilie na interpretação e explicação do experimento.

Fonte: Antunes-Souza, 2018.

Na interpretação do fenômeno, as questões não foram todas feitas de uma única vez e dão indícios de um raciocínio mais organizado sobre o experimento. As licenciandas sugerem que o professor parta do conceito de número de oxidação e questione os alunos sobre qual seria a causa da mudança desse número, possibilitando, assim, condições para que os alunos orientem sua atenção para o papel da transferência de elétrons nesse tipo de reação.

No desenvolvimento do diálogo, a articulação entre os níveis de conhecimento químico é mais bem estabelecida, pois, Barbara e

Beatriz evidenciam a importância de “destacar aos alunos que esse balanceamento pode ser feito através dos elétrons envolvidos: Como podemos representar a equação demonstrando a transferência de elétrons?”, possibilitando condições para a sistematização do conceito por meio da significação da linguagem química:

Figura 5 Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla

A interpretação do fenômeno:

Embora o objetivo referente a oxidorredução não tenha sido dito no início da aula, é importante tê-lo em mente e mais que isso, ter total domínio do conteúdo e conhecer os conceitos químicos que são necessários os alunos dominarem para compreender o fenômeno. Algumas questões podem ser feitas a fim de direcioná-los à construção do conhecimento científico: **Qual é a principal diferença entre uma solução e outra? Por que a coloração da solução de sulfato de cobre sofreu alteração? Houve alteração do NOX nos metais? Se houve alteração no NOX, qual foi a causa desta alteração?**

Com estas questões é esperado que os alunos citem os elétrons, então este pode ser o momento adequado para discutir e explicar aos alunos o conceito de oxirredução e agentes redutores e oxidantes. Após a discussão, sugerimos os seguintes questionamentos referentes à reação ocorrida:

Qual é o agente redutor? Qual é o agente oxidante? Qual sofreu oxidação? Qual sofreu redução? Comparando os dois procedimentos, por que o íon de cobre reagiu com o ferro e íon de zinco não reagiu? Após os alunos expressarem suas ideias, você professor, pode explicar sobre a fila de reatividade dos metais, demonstrando que cada metal tem uma forma de interação que varia conforme sua reatividade e nobreza.

Pensando no balanceamento da equação é importante destacar aos alunos que esse balanceamento pode ser feito através dos elétrons envolvidos: **Como podemos representar esta equação demonstrando a transferência de elétrons?**

Com as equações químicas na lousa, pode se aproveitar a oportunidade para com a ajuda dos alunos classificar os agentes redutores e oxidantes representando a reação de oxidorredução e também apresentar a tabela que consta a fila de reatividade dos metais para que os alunos compreendam melhor o motivo pelo qual o íon de zinco não reagiu com o ferro:

$$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Fe}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$$

↓ Sofreu redução
↑ Sofreu oxidação

Agente Oxidante: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$

Agente Redutor: $\text{Fe}^0(\text{s})$

$$\text{Fe}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$$

$$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s})$$

Semi-reação

$$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Fe}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Fe}^0(\text{s}) \text{ (Não ocorre reação)}$$



$\text{Li, K, Rb, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Co, Ni, Pb, H, Cu, Ag, Pd, Pt, Au}$
 ← Maior reatividade, Menor nobreza

Fonte: Antunes-Souza, 2018.

A terceira parte do guia permaneceu do mesmo jeito da versão anterior, conforme vemos a seguir:

Figura 6 - Trecho da Segunda Versão do Guia da Dupla

Retomada da tabela que traz os três níveis do conhecimento química:

A fim de retomar tudo o que foi discutido durante a aula, é importante preencher a tabela com os três níveis do conhecimento químico juntamente com os alunos, assim ficará ainda mais claro a explicação e equações químicas que representam as alterações macroscópicas que observaram a partir dos procedimentos:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
Becker com sulfato de cobre: - Descoloração da solução azul; - Depósito de material avermelhado sobre a palha de aço;	Becker com sulfato de cobre: $Fe^{0}_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Cu^{0}_{(s)}$ $Cu^{2+}_{(aq)} + Fe^{0}_{(s)} \rightarrow Cu^{0}_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)}$	Solubilidade; Ligação iônica; Mobilidade iônica; Oxidorredução (transferência de elétrons); NOX / Valência; Agente redutor e agente oxidante; Fila de reatividade.
Becker com sulfato de zinco: - Nenhuma alteração foi observada.	Becker com sulfato de zinco: Não ocorreu reação	

Fonte: Antunes-Souza, 2018.

Algumas Considerações do Analisado

Ao atribuímos às atividades experimentais a função de propiciar aos alunos a exploração e a interpretação de fenômenos, incluindo a identificação e a reelaboração de suas ideias prévias, tínhamos por objetivo que os licenciandos elaborassem guias preocupados em promover condições para que alunos conseguissem elaborar conceitos e desenvolvessem habilidades de raciocínio. Em outras palavras, divergente da experimentação para comprovação da teoria, estávamos conceituando a experiência como uma atividade de desenvolvimento da abstração tal como Silva, Machado e Tunes (2010) explicitaram ao associá-la à escrita e ao desenho. Nessa perspectiva, do processo de reconstrução do guia pela dupla Bárbara e Beatriz, podemos destacar três aspectos como relevantes.

O primeiro diz respeito à reelaboração do conceito de experiência investigativa, porque se na primeira versão do guia tínhamos indícios de um movimento de comprovação da fila de reatividade dos metais, nesta última, a interpretação proposta possibilita a formação do conceito de óxido-redução por meio da análise do fenômeno, cumprindo a função investigativa da experimentação.

Essa mudança de concepção não é fácil, visto que a dificuldade em propor abordagens de ensino numa perspectiva investigativa

pode estar associada aos modos como são assumidas as atividades experimentais dentro da lógica do próprio curso de formação:

Como essa discussão é pedagógica, a mesma dificuldade sinaliza para entendimentos sobre currículos pouco fortalecidos teoricamente, em que prevalece a supremacia de conteúdos específicos de química em detrimento de conteúdos pedagógicos. E naqueles, o que importa é a demonstração de uma teoria, a verificação (Galiazzi e Gonçalves, 2004, p. 326).

Nesse sentido, recorrer às discussões sobre o caráter infrutífero da experimentação comprovativa no que se refere às possibilidades de interações e aprendizagens em sala de aula foi um trabalho constante durante todo o processo e importante para a reelaboração dessa concepção. Em todas as nossas ponderações, durante as correções dos guias, reivindicávamos à aula experimental mais ênfase na discussão e interpretação de fenômenos químicos em nível teórico conceitual e não majoritariamente macroscópico, sendo que esse movimento foi desenhado por essas duas duplas durante a reelaboração dos guias.

O segundo aspecto a ser destacado refere-se ao indício de mudança de visão de ensino, já que o diálogo proposto se estabeleceu com mediações que privilegiaram os sujeitos em interação. Com isso, a relação aluno-professor parece ser compreendida na dinâmica interativa, diferente do modelo de transmissão-recepção.

Esse aspecto está relacionado ao papel assimétrico do professor nas relações de ensino-aprendizagem. Assim, em oposição às primeiras versões que priorizavam aspectos macroscópicos em detrimento dos outros dois níveis de conhecimentos químicos, na segunda versão, ambas as duplas indicaram processos interativos e dinâmicos sugerindo ao professor intervenções deliberadas voltadas para a elaboração de explicações e significações no nível teórico-conceitual.

Tal atividade implicou a proposição de mediações docentes, articulando conceitos teóricos que explicassem ou interpretassem constatações fenomenológicas. A esse respeito, Silva e Zanon (2000, p.135-136) apontam:

[...] reiteramos que é essencial, aos processos interativos e dinâmicos que caracterizam a aula experimental de ciências, a ajuda pedagógica do professor que, em relação não simétrica, faz intervenções e proposições sem as quais os alunos não elaborariam as novas explicações aos fatos explorados na sala de aula. Tal exploração não se baseia na observação empiricamente construída, mas sim, na problematização, tematização e conceitualização com base em determinados aspectos práticos/fenomenológicos evidenciados.

Portanto, podemos considerar que tais reelaborações acenam para um movimento de superação daquelas duas marcas ainda presentes no campo da formação inicial de professores de química: a visão simplista de docência e a concepção empirista de ciência.

Por fim, o terceiro aspecto diz respeito ao domínio do conteúdo químico a ser ensinado articulado à mudança de concepção de experimentação e ensino, pois tanto o diálogo quanto o caráter investigativo da interpretação estabelecidos podem promover a aprendizagem na medida em que estão baseados numa estrutura conceitual lógica e sistematizada. Ainda sobre o domínio do conteúdo, a partir das versões reelaboradas é possível apreender que a compreensão adequada do conteúdo químico (a estrutura conceitual) resultou em melhoria nos modos de articulação entre os três níveis de conhecimento químico.

São esses pressupostos teóricos que fundamentam as propostas que serão apresentadas nos capítulos seguintes.

Referências

AMARAL, E.; SOUZA, T. A.; FIRME, R. N. **Construindo o novo ensino médio: projetos interdisciplinares - Química**. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2020.

ANTUNES-SOUZA, T. **(Re)Elaborações de concepções sobre docência, experimentação e ciência na formação inicial de professores de química**. 193 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Metodista de Piracicaba, Pós-Graduação em Educação, Piracicaba. 2018.

ANTUNES-SOUZA, T. Experimentação no ensino de Química: a urgência do debate epistemológico na formação inicial de professores. **REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 20 n. 3, p. 335-358, 2021.

ANTUNES-SOUZA, T.; ALEME, H. G. Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química. **REVISTA COCAR (UEPA)**, v. 19, p. 1-20, 2023.

CAMARGO, A. M.; ANTUNES-SOUZA, T.; MARTORANO, S. A. A. Possibilidades de Curricularização Extensionista: aulas experimentais de química em tempos de pandemia de covid-19. **Revista Capim Dourado: Diálogos em Extensão**, v. 5, p. 125-146, 2022.

FRIEDRICH, J. **Lev Vigotski mediação, aprendizagem e desenvolvimento**: uma leitura filosófica e epistemológica. Campinas: Mercado das Letras, 2012.

GALIAZZI, M. do C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. **Química Nova**, v.27, n.2, p.326-331, 2004.

GÓES, M. C. R. A aprendizagem e o ensino fecundo: apontamentos na perspectiva da abordagem histórico-cultural. In: PERES, E.; TRAVERSINI, C.; EGGERT, E.; BONIN, I. (Orgs.). **Trajetórias e processos de ensinar e aprender**: sujeitos, currículo e cultura. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 414-420, 2008.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry – logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, n. 1. p. 9-15, 2000.

JOHNSTONE, A. H. Why is Science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*. Vol. 7, 1991, p. 75 – 83.

Learning at the Symbolic Level. GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (Editors). **Multiple representations in Chemical Education: models and modeling in science education**. Springer Science+Business, p. 75 – 108, 2009.

PINO, A. **As marcas do humano: as origens da constituição cultural da criança na perspectiva de Lev S. Vigotski**. São Paulo: Cortez, 2005.

QUADROS, A. L. As interações discursivas em aulas de Química da Educação Básica: como professores em formação delas se apropriam. In: SANTOS, B. F.; SÁ, L. P. (Orgs.). **Linguagem e Ensino de Ciências: ensaios e investigações**. Ijuí: Ediotra Unijuí, p. 1-15, 2014.

ROSA, M. I. F. P. dos S. **Investigação e Ensino articulações e possibilidades na formação de professores de ciências**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004.

SCHNETZLER, R. P.; SILVA, L. H. A.; ANTUNES-SOUZA, T. Mediações pedagógicas na interpretação de experimentações investigativas: uma estratégia didática para a formação docente em química. **Inter-Ação**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 585-604, set./dez. 2016.

SCHNETZLER, R.; ANTUNES-SOUZA, T. Proposições didáticas para o formador Químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. **Química Nova**, p. 947-954, 2019.

SILVA, L. de A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R. P; ARAGÃO, R. M. R. de (orgs.). **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda., p. 120 – 153, 2000.

- SILVA, R. R. de; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. e MALDANER, O. A. (Orgs). **Ensino de Química em foco**. Ijuí. Editora Unijuí, 2010, p.231 - 1.
- SOUZA, J. B. R.; BRASIL, M. A. J. S.; NAKADAKI, V. E. P. Desvalorização docente no contexto brasileiro: entre políticas e dilemas sociais. *Ensaio Pedagógico* (Sorocaba), vol.1, n.2, mai./ago. p.59-65, 2017.
- TABER, K. Exploring the language(s) of chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2015, 16, 193 – 197.
- TABER, K. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2013, 14, 156 -168.
- VIGOTSKI, L. S. (1931) **Obras escogidas II**: problemas de psicología general. Madrid: Visor, 1993.
- VIGOTSKI, L. S. (1934) **Obras escogidas III**: problemas del desarrollo de la psique. Madrid: Visor, 1995.
- VIGOTSKI, L. S. (1931) **Obras escogidas I**: el significado histórico de la crisis de la psicología. Machado Grupo de distribución: Madrid, 2013.
- VIGOTSKI, L. S. (1934) **Obras escogidas II**: pensamento y lenguaje, conferencias sobre psicología. Machado Grupo de distribución: Madrid, 2014.
- VIGOTSKI, L. S. Manuscrito de 1929. *Educação & Sociedade*, 21(71), p. 21–44, 2000.

Entendendo a solubilidade e a miscibilidade de solventes

Angeline Carvalho Pereira¹

Maria Julia Araújo Ferreira²

Quelli Brandão da Silva³

Neste capítulo, nosso objetivo é apresentar a produção coletiva de uma proposta experimental para o ensino médio envolvendo o tema solubilidade. Neste processo de produção compartilhada entre a professora de educação básica e as alunas de licenciatura, nós construímos um texto que apresentasse, além das propostas, um pouco da experiência da professora da escola básica, com suas aulas experimentais. Nessa perspectiva, o presente capítulo está dividido em três partes: a primeira é um depoimento da professora da escola básica sobre sua experiência com a experimentação no ensino de Química. Na segunda parte, discutimos o guia investigativo construído pelas licenciandas em parceria com a professora. Por fim, apresentaremos um mapa metaconceitual explicitando as relações entre os conceitos mobilizados no ensino dos conteúdos químicos para o planejamento didático da proposta.

¹ Mestranda em Química, Ciência e Tecnologia da Sustentabilidade (PPG Q-CTS) pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) Licenciada em Ciências com trajetória em Química pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Atuação na área de síntese orgânica e catálise com metais de transição. E-mail: angeline.carvalho@unifesp.br.

² Licencianda em Ciências com trajetória em Química pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Técnica em química pela instituição SENAI. Atuação em Pesquisa e Desenvolvimento na área de tintas, com foco em inovação e sustentabilidade, na BASF. E-mail: araujulia243@outlook.com.

³ Mestranda em Ciências e Matemática pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Licenciada em Química plena pela Fundação Santo André. Técnica em plástico pela instituição SENAI. Professora de Química do ensino médio na escola estadual PEI Sylvia Ramos Esquível. E-mail: quelli.silva@unifesp.br.

Jogos Mortais da escola Sylvia: compartilhando uma experiência

Meu nome é Quelli Brandão da Silva, sou professora de Química há apenas 4 anos. Atuo há 3 anos em uma escola PEI (Programa de Ensino Integral) na cidade de Diadema, São Paulo, onde tenho total liberdade para desenvolver minhas aulas. Posso resumir meu perfil como uma professora nada tradicional, nem sou do tipo de escrever textos imensos na lousa, sou a que ensina os alunos a fazerem bombas de fumaça na escola e eles adoram.

A escola onde trabalho possui uma boa estrutura e um excelente laboratório onde é possível explorar muito as aulas experimentais. Aproveitando esse recurso, além de utilizar o laboratório na disciplina de Química, onde sempre estou com os alunos realizando experimentos para ensinar e exemplificar, sempre que possível, o conteúdo, desenvolvi um projeto na disciplina de Eletiva⁴ denominado: “Jogos Mortais”, que vou detalhar neste texto mais adiante.

Desde o início da minha carreira docente escuto dos meus alunos o quanto eles “detestam” a Química, que não entendem nada ou, ainda que não vejam nenhum sentido em estudar. Além disso, sempre escuto a frase clássica “quando vou utilizar aquelas fórmulas e símbolos das aulas de Química?”. Diante dessa primeira impressão, comecei a ter vários desafios durante as minhas aulas, como despertar o interesse nos alunos em algo que eles declararam detestar? Comecei a criar minha metodologia de ensino, desenvolvendo meu perfil como professora de Química, aos poucos fui abandonando o tradicional giz e lousa e as minhas aulas estão ficando muito mais práticas do que teóricas.

Percebendo que os adolescentes são muito curiosos e adoram um desafio, eu opto por iniciar o ano letivo explorando a curiosidade dos meus alunos, inclusive nas aulas teóricas. Assim, durante as atividades de sala de aula, eu exploro a competitividade

⁴ As disciplinas eletivas no estado de São Paulo são um componente curricular oferecido semestralmente e de livre escolha dos estudantes.

saudável para estimular a participação deles. Eu não acredito nos métodos de ensino em que o professor é o centro do conhecimento e a única voz da sala de aula, então, eu busco sempre estimular a participação dos meus alunos.

No meu planejamento para as aulas experimentais, eu tento propor situações em que eles precisam falar sobre o que estão pensando, que levantem hipóteses para explicar os fenômenos etc. Eu acredito que dessa maneira as aulas ficam mais interessantes e atrativas aos adolescentes, pois nem sempre eles são fáceis de agradar e conquistar.

Com esse método de ensino, aos poucos eu fui conquistando meus alunos e mudando aquela ideia natural de “detestar” a Química. É claro que ainda tem aqueles alunos que diziam até gostar de mim, mas que detestavam a disciplina! Não somos unanimidade!

Movida pelo desafio de conquistar essa parcela de alunos resistentes à Química, fui planejando atividades experimentais cada vez mais interativas e explorando algumas ferramentas digitais. Esse trabalho vem sendo muito importante para quebrar essa primeira impressão que eles têm da Química.

Vejo as aulas experimentais como algo essencial para o desenvolvimento dos alunos, ao “botar a mão na massa” e ser desafiado a pensar em termos conceituais sobre o fenômeno nós conseguimos ampliar as habilidades cognitivas de concentração, memória, atenção voluntária, generalização, raciocínio etc.

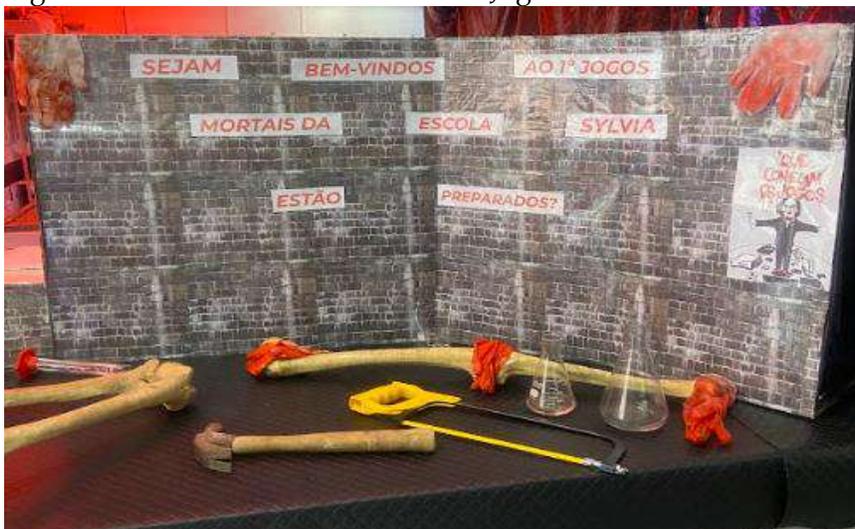
Para estimular ainda mais a participação deles, comecei a articular às aulas temas das artes à experimentação. No dia a dia com os adolescentes, fui percebendo que eles adoram assistir filmes e séries de terror, daí surgiu a ideia de criar um projeto que unisse o tema que eles tanto gostam com a disciplina de Química e foi assim que surgiu o projeto dos “Jogos Mortais da escola Sylvia”, com sua 1ª edição em 2022.

O objetivo deste projeto foi aprofundar o conhecimento de Química desenvolvido durante o ano letivo, refazendo 4 experimentos. Na figura 1 fiz um cenário de “boas-vindas” aos

Jogos Mortais, essa era a primeira estação que os alunos visualizavam ao entrarem no laboratório.

Para montar esse cenário, demorei algumas semanas e durante esse “preparo” fui criando todo um mistério nos alunos, proibindo-os, inclusive, de entrar no laboratório e foi nesse momento que percebi o quanto eles são curiosos e ansiosos, porque queriam muito saber o que eu estava aprontando para eles!

Figura 1 - cenário de boas-vindas aos Jogos Mortais



Fonte: própria autora

Esse cenário foi feito em todas as estações com os experimentos seguindo o estilo do Jogos Mortais, no qual, os alunos tinham um tempo determinado para finalizar e seguir para a próxima estação para realizar o próximo experimento. Caso fracassassem, não sairiam “vivos” do laboratório.

Escolhi os 4 principais experimentos realizados durante o aquele ano:

I - Condutibilidade elétrica: nesta primeira estação, o objetivo era trabalhar o conceito de ligações químicas, para tanto, eles deveriam identificar soluções que conduzissem eletricidade. Assim,

eu disponibilizei 3 béqueres contendo: i) água e sal; ii) água e açúcar e iii) álcool. Na descrição dos béqueres estava escrito criptografado: sal, açúcar e álcool. O desafio era decifrar a criptografia, identificar a composição das soluções e acertar qual delas conduziria eletricidade com o auxílio do condutivímetro. Após acender a lâmpada, os alunos consultariam a tabela periódica e localizariam os números atômicos dos elementos químicos Hidrogênio e Oxigênio. Esses números eram a senha do cadeado para abrir a caixa onde estava disponível as orientações para o próximo experimento. Tiveram 5 minutos para finalizar o experimento.

II - Nomenclatura de hidrocarbonetos: nesta estação, o tema químico envolvia a nomenclatura de compostos orgânicos. Assim, o desafio dos alunos era montar uma estrutura molecular pré-definida e seguir as orientações para encontrar o número do cadeado para seguir para o próximo experimento. Eles tinham 5 minutos para finalizar o experimento.

III - Medição de pH: A terceira estação envolvia a identificação de soluções ácidas e alcalinas por meio da escala de pH. Portanto, neste desafio, os alunos mediram o pH utilizando as fitas de medição, para identificação de soluções ácidas, neutras ou básicas. Com os valores encontrados, o desafio era somar apenas os valores das soluções ácidas para descobrir a senha do cadeado e abrir a caixa com as orientações do último experimento. Tiveram 6 minutos para finalizar o experimento.

III - Torre de tijolos coloridos: O último desafio envolveu duas propriedades de substâncias: a densidade e a solubilidade. Nesta estação, os alunos deveriam sobrepor os líquidos na ordem correta de acordo com os valores de densidade criptografados em cada béquer, de forma que não se misturassem, formando uma torre colorida de tijolos. Neste experimento os alunos tinham até 8 minutos para a conclusão do desafio.

De forma geral esse foi um projeto muito trabalhoso em vários sentidos, desde a escolha dos conteúdos para planejamento dos desafios até a confecção dos cenários e materiais necessários. Para

tanto contei com uma equipe de alunos que auxiliaram na preparação dos cenários e experimentos.

Outro desafio foi de implementar o projeto na escola, pois eu não tinha ideia de como os alunos iriam receber essa atividade. Para minha surpresa, foi um verdadeiro sucesso, a atividade proporcionou maior interação entre os alunos e dos alunos comigo. O desafio despertou não apenas o interesse nos alunos pela disciplina, mas também pelos próximos conteúdos, proporcionando mais engajamento nas aulas seguintes. Pude perceber que a raiva que muitos tinham de Química diminuíram depois deste projeto, nas aulas seguintes eles ficaram mais participativos, descrevendo exemplos do cotidiano deles, muito interessados mesmo no aprendizado, alguns até fazendo perguntas além do conteúdo abordado.

Essa forma mais lúdica e interativa de trabalhar a experimentação é o que tem me guiado como professora de Química no ensino médio. Penso que não existem receitas de bolo para ensinar, ou um método infalível que seja aplicável em qualquer contexto. Nesse contexto em que trabalho, eu pude ir me moldando às possibilidades locais, ou seja, frente ao desafio de estimular o interesse pela Química, pude explorar a estrutura de laboratório bem equipado que Escola Estadual Sylvia Esquível de Diadema possui. Além disso, pude contar com o apoio da gestão que permitiu e incentivou a execução de um projeto de ensino que saísse das já conhecidas aulas com lousa, giz e alunos dispostos em carteiras enfileiradas.

Assim, toda essa experiência adquirida na elaboração dessa atividade “experimental Lúdica” serviu como base para que eu junto com as alunas da licenciatura, elaborássemos o guia experimental investigativo que será apresentado a seguir.

Guia experimental investigativo: Entendendo a solubilidade e a miscibilidade de solventes

Este guia foi construído considerando toda a discussão teórica apresentada no capítulo 1, desta obra, e tem como objetivo central compreender os conceitos de solubilidade e miscibilidade de substâncias químicas e sua relação com os tipos de ligações e interações existentes entre os átomos e as moléculas. Para tal, escolheu-se o experimento “Todo e solubilidade”, reproduzido pelo canal PontoCiência, via YouTube. A exibição do vídeo pode ser realizada acessando o link: <https://www.youtube.com/watch?v=e-BR4Vpc3y4>⁵

Importante: Nas plataformas digitais existem vários vídeos demonstrando experimentos, sugerimos que você escolha fontes confiáveis, como por exemplo plataformas vinculadas aos órgãos governamentais como o Portal do Professor ligado ao Ministério da Educação, ou, ainda, sites vinculados à grupos de pesquisa como o GEPEQ da Universidade de São Paulo ou o XCiência da Universidade Federal de Minas Gerais. Caso, você escolha algum vídeo do YouTube, atente-se para a narração do vídeo, com o cuidado de corrigir possíveis erros conceituais que podem aparecer.

1º momento: apresentação do fenômeno investigado

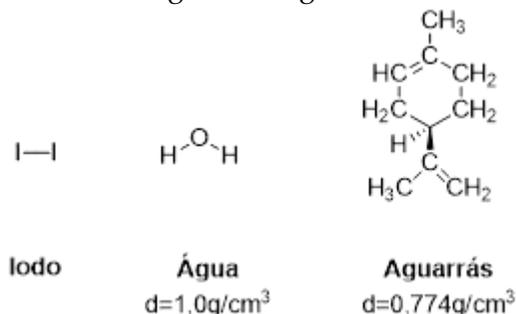
Antes de dar início a etapa prática, é fundamental apresentarmos as estruturas químicas da água (H_2O) e da aguarrás ($C_{10}H_{16}$) e suas respectivas densidades (figura 2). A proposta é, por hora, discutir quais são as semelhanças estruturais existentes entre elas, a fim de que os estudantes rememorem que a água é um solvente inorgânico fortemente polar enquanto a aguarrás é um solvente orgânico apolar, composto por uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos.

⁵ Acesso em 28/11/2024.

Neste primeiro momento, também, devem ser também introduzidos os conceitos de forças intermoleculares, em que se compreenderá que as moléculas de água interagem por ligações de hidrogênio, enquanto as moléculas de aguarrás interagem por forças do tipo dipolo induzido-dipolo instantâneo.

Não obstante, também devemos apresentar a estrutura do iodo, que é um sólido encontrado na natureza em sua forma diatômica (I_2), com ligações covalentes apolares que interagem por forças do tipo dipolo induzido-dipolo instantâneo.

Figura 2 – Estruturas da água e da aguarrás.



Fonte: próprias autoras

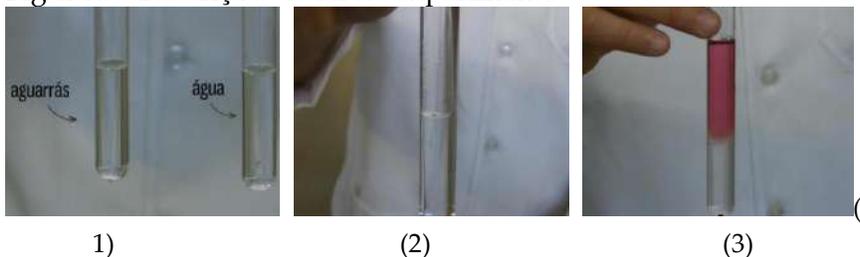
Mediação: Nos processos de elaboração conceitual pelo estudante, é fundamental que o professor introduza conceitos na problematização dos experimentos para que os alunos possam interpretar o fenômeno a partir de conceitos (em termos teórico-conceituais) e extrapole as impressões visuais (imediate-concreto). Esse salto analítico de pensamento, ou seja, que os alunos elaborem hipóteses a partir de conceitos, só acontece por mediação do professor, ao introduzir conceitos que orientem o raciocínio do aluno. Neste experimento, trazer no início da problematização a fórmula estrutural das substâncias participantes, podem indicar um caminho de pensamento para os estudantes: como essas substâncias interagem em termos atômico-moleculares?

Após a discussão introdutória, será realizada a seguinte pergunta:

Como podemos relacionar os conceitos de “solubilidade”, “miscibilidade”, “polaridade” e “interações intermoleculares”?

Em seguida, a prática será efetuada: em dois tubos de ensaio, serão adicionados volumes equivalentes de água e aguarrás (1) que, posteriormente, serão unidos em um único tubo. Após a transferência do líquido, será visualizada a formação de um sistema bifásico incolor, oriundo da imiscibilidade entre os dois solventes (2). Na sequência, ao mesmo tubo de ensaio, se adicionará o iodo sólido, agitando a vidraria cuidadosamente até a dissolução do soluto (3). Ao final, será observado que o soluto se solubilizou somente na porção superior da vidraria, onde havia a solução menos densa (figura 3).

Figura 3 - Descrição visual do experimento



Fonte: PontoCiência, YouTube (2013)

Com a finalização, é essencial que os estudantes compreendam que a origem da imiscibilidade e da solubilização específica decorre da polaridade distinta dos solventes. Também se torna necessário considerar a grandeza intensiva que leva o tubo de ensaio a assumir a configuração observada (densidade). Para isto, serão direcionadas as seguintes perguntas:

1) Com base nas estruturas apresentadas no início do experimento e considerando também o que foi observado durante sua execução, como podemos explicar a formação do sistema heterogêneo estabelecido após a mistura dos solventes?

2) Dado que o sistema apresentou duas fases, mas ambas eram incolores antes da adição do iodo, como podemos afirmar que o líquido da porção superior é a aguarrás e da porção inferior é a água?

3) Após a adição de iodo, podemos dizer que houve interação soluto-solvente? Se sim, ocorreu entre qual das espécies químicas?

2º momento: a interpretação do fenômeno

No segundo momento, durante a interpretação do fenômeno, a discussão inicial será retomada ao pensar sobre os tipos de interações realizadas por cada componente do sistema, refletindo também o motivo da regra “igual dissolve igual”.

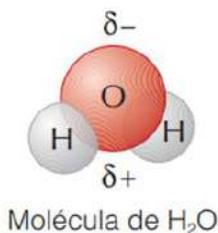
Mediação: Retomar a interpretação do fenômeno por meio da linguagem química é mais uma maneira de possibilitar ao aluno que pense o experimento a partir da teoria e não dos aspectos macroscópicos. Defendemos isso, pois a linguagem química, ao mesmo tempo que comunica, também, expressa conceitos. Em outros termos, ao discutir a fórmula estrutural dos solventes, podemos explorar o conceito de polaridade e na problematização do solvente-soluto, o conceito de solubilidade.

De forma sucinta, a explicação é que as ligações de hidrogênio realizadas pela água possuem interação mais forte e necessitam de uma maior energia para serem quebradas, em contrapartida, a aguarrás é composta por interações dispersivas de London, que são mais fracas e exigem menor energia para serem rompidas.

No primeiro caso, o átomo de oxigênio, que é mais eletronegativo, atrai fortemente os elétrons do hidrogênio presentes na ligação, deixando-os deficientes em elétrons. Assim, tem-se uma ligação polar com a formação de uma densidade eletrônica próxima ao oxigênio, tornando este o polo eletronegativo da molécula, enquanto o polo eletropositivo é representado pelos hidrogênios “desprotegidos” da mesma (figura 4). Como os átomos

de hidrogênio são menores, estes conseguem facilmente interagir com polos eletronegativos de outras moléculas de água presentes no mesmo ambiente químico, originando uma rede de interações muito forte entre as moléculas.

Figura 4- Representação dos polos da molécula de água



Fonte: Feltre, R. (2004)

Em contrapartida, no segundo caso, como os átomos de carbono e os de hidrogênio que compõem a aguarrás não apresentam diferença significativa na eletronegatividade, os elétrons não se concentram determinantemente ao redor de nenhum átomo e as forças repulsivas e atrativas entre os polos são pouco apreciáveis. Sendo assim, as interações na aguarrás são mais fracas e suscetíveis a quebra.

O iodo é apolar e apresenta interações do mesmo tipo que a aguarrás (interações dispersivas de London). Conseqüentemente, por razões energéticas, as interações entre os hidrocarbonetos que compõem a aguarrás são preferencialmente quebradas pelos átomos de iodo enquanto os átomos de água permanecem majoritariamente inalterados por sua alta energia de ligação, justificando, assim, a razão da solubilidade vista deste experimento.

Visando atingir o objetivo, serão lançadas as seguintes questões:

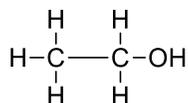
1) Ao observar a estrutura apresentada na lousa, que tipo de ligação há entre os átomos de O-H e C-H₄ dos solventes e I-I do soluto? Determine utilizando representações de Lewis.

2) Com base na questão acima, prediga que tipos de interações químicas são verificadas em cada substância analisada.

3) Considerando os dados coletados sobre a natureza dos solventes e do soluto, explique: por que houve interação soluto-solvente apenas com a aguarrás? O que explica esta interação? E com relação a água: por que não houve solubilização do iodo com este solvente?

4) Hipoteticamente, se repetíssemos o mesmo experimento alterando a água pelo etanol como solvente, que tipo de mudança seria esperada no tubo de ensaio? Por quê? Responda levando em consideração a figura abaixo.

Figura 5 – Estrutura do etanol



Etanol

$d=0,789\text{g/cm}^3$

Fonte: próprio autor

5) Elabore um esboço que represente, em âmbito molecular, o que foi observado durante a prática experimental, considerando os tipos de interações e ligações entre as substâncias químicas.

A discussão, proposta aos estudantes, a ser conduzida por meio dessas questões, pode promover o entendimento do conceito de solubilidade a partir da interação soluto-solvente considerando o conceito de ligações químicas e a energia envolvida para quebrar essas ligações nos processos, por exemplo, de solvatação de íons.

3º momento: retomada da tabela que traz os três níveis de conhecimento químico

Ao final da execução deste guia experimental, espera-se que os estudantes compreendam os conceitos de solubilidade e miscibilidade, aplicando os conhecimentos adquiridos para articulação dos três eixos essenciais, que podem ser visualizados no quadro 1.

Quadro 1 – Quadro de relação dos três eixos de conhecimento químico.

Fenomenológico	Representacional	Teórico-Conceptual
Observação da imiscibilidade entre os solventes no tubo de ensaio e solubilização do soluto em aguarrrás.	Representações estruturais de Lewis; Esboço, com a utilização de moléculas, da prática experimental.	Solubilidade; Miscibilidade; Ligações químicas; Interações intermoleculares; Densidade; Polaridade; Misturas heterogêneas.

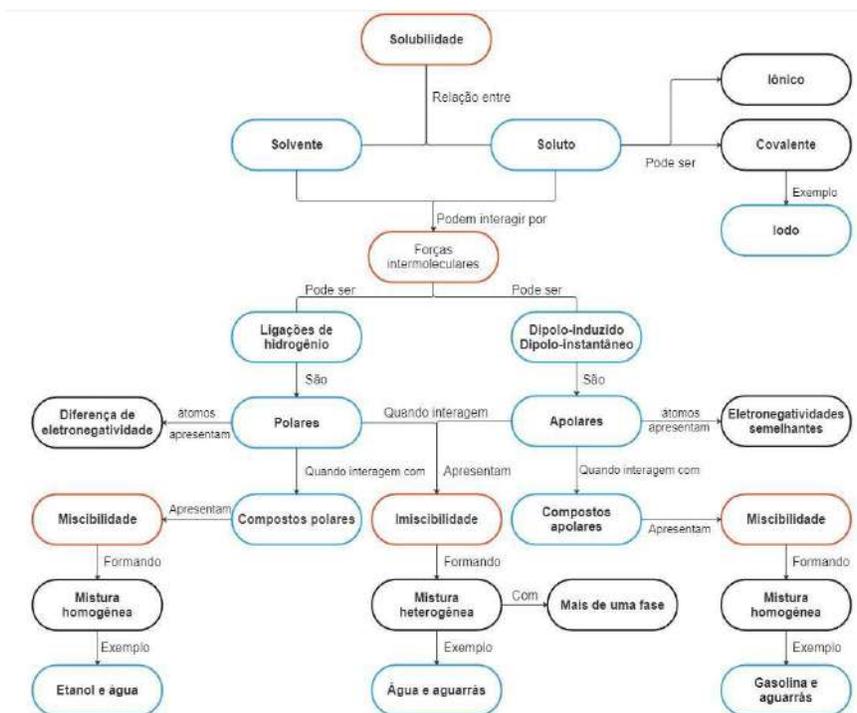
Fonte: Próprio autor

Mapa Metaconceitual

O mapa metaconceitual (Maldaner, Costa-Beber, Machado, 2012) que aqui apresentamos refere-se ao planejamento didático para elaboração do guia experimental. Em outros termos, em nosso planejamento didático, tendo como objetivo abordar o conceito de solubilidade, quais caminhos poderíamos propor para orientar o raciocínio dos alunos na interpretação do fenômeno a ser analisado? Nesse sentido, organizamos tal mapa da seguinte maneira: i) em vermelho, os conceitos que queremos ensinar e que são o objetivo da aula; ii) em azul, os conceitos que precisam ser introduzidos e que se relacionam com o conceito objetivo de aula;

iii) em preto, os conceitos que os alunos já deveriam conhecer e que precisam ser lembrados.

Ressaltamos que este mapa metaconceitual é diferente do conceitual porque ele é construído a partir de operações metacognitivas, ou seja, no planejamento didático do guia experimental, qual é a organização conceitual pensada pelo professor para ensinar determinado conteúdo e não pelos conceitos que estruturam os diferentes componentes curriculares. Isso é importante, como exercício para que o professor planeje seu ensino de forma consciente, e proponha caminhos para orientar o pensamento dos alunos a partir das relações conceituais que podem ser por eles estabelecidas.



Fonte: as autoras.

Para saber mais

MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. DO. Abordando Soluções em Sala de Aula – uma Experiência de Ensino a partir das Ideias dos Alunos. *Química Nova na Escola*, v. 28, p. 37-41, 2008.

Este artigo, as autoras apresentam uma proposta de ensino para o conceito de solução no ensino médio, considerando a ideia da homogeneidade como uma característica importante na interface da passagem de um conjunto de conceitos a outros e na construção de noções mais complexas.

OLIVEIRA, S. R.; GOUVEIA, V. P.; QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre Aprendizagem Escolar e o uso do conceito solubilidade/Miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. *Química Nova na Escola*, v. 31, p. 23-30, 2009.

Neste estudo, as autoras socializam um estudo que buscou compreender as concepções alternativas de estudantes do ensino médio sobre solubilidade/ miscibilidade.

Referências

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**, 7 ed., Porto Alegre: Bookman, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf acesso em 12 de setembro de 2023.

FELTRE, R. **Química / Química Geral**, 6ª ed., São Paulo: Moderna, 2006.

MALDANER, O. A.; COSTA-BEBER, L.; MACHADO, A. R. Desenvolvimento e Aprendizagem de Conceitos Biofísicoquímicos

em Uma Situação de Estudo: mapa conceitual e metaconceitual como instrumentos de investigação. **Alexandria (UFSC)**, v. 5, p. 85-111, 2012.

RODRIGUES, G. **Iodo e Solubilidade**. Ponto Ciência. Universidade Federal do Paraná (2013). Disponível em: <https://mecdb4.c3sl.ufpr.br:8443/rest/bitstreams/20683/retrieve> <Acesso em 31 de agosto de 2023>.

Moeda de cobre, prata e ouro

Aline Oliveira Campos¹

Aline Soares Sancho Silva²

Evelen Stefani Rodrigues³

Alexandra Blumtritt⁴

Ana Valéria Santos de Lourenço⁵

Neste capítulo, nosso objetivo é apresentar a produção coletiva de uma proposta experimental para o ensino médio, que aborda os conceitos de ligação metálica e as propriedades de metais. Neste processo de produção compartilhada entre professora de educação básica, professora do ensino superior e as alunas de licenciatura, elaboramos um texto que não só apresenta as propostas, mas também compartilha parte da experiência da professora Alexandra com a proposta experimental aqui descrita. Nessa perspectiva, o

¹ Licencianda em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo. E-mail: aline.campos@unifesp.br.

² Licencianda em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo. E-mail: sancho.aline@unifesp.br.

³ Licenciada em Ciências com especialização em Química pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Aluna de iniciação científica na área de educação com foco em impressão 3D. Licencianda em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo. E-mail: evelen.rodrigues@unifesp.br.

⁴ Licenciada em química pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora de ensino fundamental e médio da rede estadual de São Paulo. E-mail: ale.blum@gmail.com.

⁵ Bacharel em Química e Mestre em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos, Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Professora Associada da Universidade Federal de São Paulo. Professora do Programa de Pós-Graduação Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de São Paulo. E-mail: ana.lourenco@unifesp.br.

presente capítulo está dividido em três partes: a primeira é um depoimento da professora Alexandra sobre sua experiência com a experimentação no ensino de Química. Na segunda parte, discutimos o guia investigativo construído pelas licenciandas em parceria com as professoras. Por fim, apresentaremos um mapa metaconceitual, que detalha as relações entre os conceitos mobilizados no ensino dos conteúdos químicos para o planejamento didático da proposta.

Juravam que era ouro, mas era só ouro de tolo...

A alquimia surgiu em algum momento da história da humanidade entre 800 a 200 a.C., dividindo-se em dois movimentos, chinesa e ocidental. Esta arte antiga combinou conceitos de ciências da natureza, astrologia, metalurgia, misticismo e religião. Os principais objetivos da alquimia eram a transmutação de metais em ouro e a obtenção do elixir vida eterna. E eu aposto que não há um professor de Química que nunca tenha citado a Alquimia ou os Alquimistas em suas aulas. Este tema, de certa forma, faz parte do universo místico e prático que circunda a Química. Os alquimistas ficaram famosos pela busca da Pedra Filosofal e do Elixir da Longa Vida e, apesar de possuírem objetivos inatingíveis, como a transformação de metais em ouro, seus trabalhos contribuíram para que muitas substâncias fossem conhecidas e muitas técnicas e procedimentos foram aperfeiçoados. Mas como eles podem ter acreditado que produziram ouro? Essa crença dominou o pensamento alquímico em várias culturas e somente no século XVII foi categoricamente impossibilitado por Lavoisier no seu *“Tratado Elementar de Química”* em 1789 (Borges *et al.*, 2020). Em minhas aulas, quando trabalho com o experimento que será apresentado neste capítulo, tomo como partida da discussão um pouco da história da Química em possíveis articulações com a Alquimia.

Minha história com este experimento começou ainda na graduação com o Professor Arnaldo Rabelo de Carvalho, deixo

aqui minha honesta homenagem ao professor que mudou de modo profundo minha forma de enxergar o ensino da química. Estávamos conversando sobre a linguagem alquímica, mais precisamente sobre “extrair virtudes” ou, como conhecemos hoje, destilação. Foi quando ele me perguntou se eu conhecia o experimento de transformação de metais em ouro dos alquimistas e eu não conhecia. Anotei rapidamente a receita, como aquela receita de bolo que sua tia te passa por telefone, e fui ao laboratório no outro dia. Comecei fazendo sem limpar a moeda, ficou feio, limpei a moeda, melhorou. Ao longo dos anos fiz testes mudando as concentrações de reagentes, estados de granulação diferentes de zinco, aquecimento a diferentes temperaturas e com instrumentos variados, otimização da coloração dourada da moeda, chegando a um experimento que hoje tento passar adiante a todos que desejam aprender. A referência original, já perdi faz muito tempo.

Inicialmente vamos falar das moedas, o melhor seria ter em mãos moedas de 1 centavo, pois a porcentagem de cobre é maior nelas, mas como elas praticamente se transformaram em lenda urbana, aqui usamos moedas de 5 centavos, que possuem cerca de 80% de cobre. Comecei com a limpeza das moedas, pelo menos 3, esfregando com esponja de aço e mergulhando em uma solução de ácido clorídrico a 30% por alguns segundos, os resultados são melhores, é importante lavar em água corrente antes de colocá-las em solução de hidróxido de sódio 3 mol L⁻¹ com zinco.

A melhor fonte de aquecimento se deseja um resultado rápido é o bico de Bunsen, mas, caso não seja possível, uma lamparina com álcool (70% ou mais) também produz bons resultados, porém o tempo de reação aumenta aproximadamente de 4 vezes. Neste caso, uma trapaça honesta pode ser útil: deixe algumas moedas já zincadas dentro da solução e use-as. Outra dica: o experimento funciona bem também com uma chapa de aquecimento, mas é necessário cuidado ao colocar e retirar as moedas para não respingar no equipamento, pois a solução de hidróxido de sódio estará concentrada e quente.

A qualidade do hidróxido de sódio, se é padrão analítico ou não, não influencia no resultado visível da reação, fiz o experimento até com solução de soda cáustica pronta para fazer sabão caseiro vendida em lojas informais de produtos de limpeza. O zinco, entretanto, influencia de forma significativa na qualidade do produto, a melhor opção é usar zinco em raspas ou granulado, a reação se processa mais rapidamente e o resultado é uma moeda “prateada” mais brilhante, sendo que o zinco em pó frequentemente produz uma moeda opaca, não trazendo o aspecto prateado que os Alquimistas buscavam.

Ao retirar a moeda já de cor prata da solução, ela deve ser lavada e secada, secar a moeda reduz a chance do produto final ficar com manchas, então poderá ser levada diretamente ao fogo, adquirindo o aspecto dourado. Os melhores resultados dessa etapa foram obtidos com aquecimento em bico de Bunsen ou em lamparina segurando a moeda com pinça e alternando os lados da moeda durante o aquecimento. Uma chama de temperatura muito alta pode trazer o aspecto de queimado para a moeda e quando realizado sobre uma chapa de aquecimento pode resultar em uma coloração assimétrica.

Durante meu percurso como professora, já realizei este experimento em sala de aula de forma demonstrativa ou no laboratório inúmeras vezes, relacionando-o a temas como história das ciências, ligações metálicas, ligas metálicas ou mesmo para mostrar como a Química é linda. Não me entendam mal, não sou a favor de pirotecnia inútil em sala de aula, mas ver a beleza pode melhorar nossa relação com a aprendizagem de um assunto, quem nunca desejou ter algo só porque era belo? Quero que meus alunos desejem a Química e se apropriem dela. Funciona como uma bela experiência gastronômica, o alimento é mais saboroso se ele for bonito e cheiroso. E, na maioria das vezes, durante os experimentos é quando os olhos dos alunos estão mais abertos e brilhantes. Este experimento tem o poder de me transportar no tempo e refletir sobre como o ser humano é capaz de mudar nosso mundo a partir do desenvolvimento científico, me lembra que somos capazes de

pensar e chegar a respostas sobre os fenômenos que observamos. Perguntas que frequentemente faço aos meus alunos são: Como interpretaríamos o fenômeno observado se fôssemos alquimistas? Pensaríamos que era ouro de verdade? Hoje sabemos que não é ouro, é só ouro de tolo, ouro falso.

A realização de experimentos e as concepções que os envolvem ao longo da história das ciências trazem a grata satisfação de entender a ciência como uma construção humana, permeada de tentativas e erros, de suposições, ilusões, mas também de ideias, lógica e acertos. Assim, o belo experimento da moeda de “ouro” pode se transformar em discussão de conceitos e aprendizagem.

Na disciplina Prática Pedagógica, apresentei essa experiência aos licenciandos e o grupo de alunas que dividem a autoria deste comigo aceitaram elaborar um guia experimental investigativo que apresentamos a seguir.

Guia experimental investigativo: Moeda de Cobre, ouro e prata

O presente guia experimental teve como pressupostos teóricos aqueles apresentados no Capítulo 1, desta obra, e tem como objetivo abordar os temas de propriedades dos metais e ligação metálica. Por meio do experimento visamos a explicação do fenômeno ocorrido de maneira lúdica, a fim de elucidar o estudo das propriedades dos metais, que é o nosso objetivo principal e, paralelo a isso, a ligação metálica.

1º momento: apresentação do fenômeno investigado

Assim que nos foi dada a tarefa de construir um guia experimental, em parceria com a professora Alexandra, ela nos indicou a possibilidade de uma experiência que não conhecíamos, mas que ela trabalhava há muitos anos na educação básica: “ouro de tolo”. Durante uma das aulas de Práticas Pedagógicas, a professora demonstrou a experiência e comentou que era difícil

consultá-la em livros ou sites da internet. De fato, em uma pesquisa de literatura a respeito da presente proposta experimental, identificamos poucos registros tanto em sites de grupos de pesquisa, quanto em materiais didáticos, como por exemplo, os livros do PNLD (Plano Nacional do Livro Didático). Então, seguindo orientações da professora Alexandra, nós construímos uma abordagem preliminar que problematizasse a seguinte questão: É possível produzir ouro?

Outro ponto inicial do nosso planejamento foi escolher para qual nível e turma nós construiríamos a proposta. Dada as várias possibilidades de conceitos que poderiam ser explorados, nós escolhemos focalizar os conceitos de propriedades dos metais e ligações metálicas, tema possível para turmas de primeiro ano do ensino médio. Essa escolha foi importante para desenharmos o caminho conceitual no planejamento didático, abordado no mapa metaconceitual da próxima seção.

Para a problematização preliminar da experiência, entendemos que é importante partirmos de algumas premissas: i) este experimento apresenta transformações químicas em moedas; ii) de acordo com a composição química da moeda, um diferente aspecto visual é percebido; iii) de acordo com a constituição do material, pode-se esperar diferentes interações químicas, isto é, que apresentam diferentes propriedades químicas.

Nesse sentido, para introduzir este assunto, sugerimos um vídeo que ilustra as diferentes interações das moedas com soluções diversas. É aconselhável que para a exibição do vídeo você chame a atenção dos estudantes para que anotem qual é a constituição das moedas de cinco centavos de real. O vídeo produzido pelo Manual do Mundo pode ser apresentado acessando o link: <https://www.youtube.com/watch?v=DnkYxry9XSI>.⁶

⁶ Acesso em 29/11/2024.

Importante: Nas plataformas digitais existem vários vídeos demonstrando experimentos, sugerimos que você escolha fontes confiáveis, como por exemplo plataformas vinculadas aos órgãos governamentais como o Portal do Professor ligado ao Ministério da Educação, ou, ainda, sites vinculados à grupos de pesquisa como o GEPEQ da Universidade de São Paulo ou o XCiência da Universidade Federal de Minas Gerais. Caso, você escolha algum vídeo do YouTube, atente-se para a narração do vídeo, com o cuidado de corrigir possíveis erros conceituais que podem aparecer. O uso de vídeos, como este indicado, pode ser uma alternativa interessante, inclusive, por questões de acesso a determinados reagentes ou de segurança. Por exemplo, neste vídeo são usados ácidos concentrados e produz gases tóxicos que podem gerar graves acidentes quando manipulados em ambientes impróprios e com aglomeração.

Após a apresentação do vídeo, a aula poderá ser iniciada com perguntas simples para identificar conceitos prévios do educando: Vocês já ouviram falar sobre ligas metálicas? Vocês conhecem algumas propriedades dos metais?

Para esse diálogo que se inicia, podemos, inclusive, recorrer à tabela periódica para localização dos elementos metálicos e ir relacionando as suas características e propriedades físicas e química. Ainda recorrendo à leitura coletiva dos metais na tabela periódica, duas definições podem ser sistematizadas: metais e ligas metálicas.

Segundo Atkins e Jones (2001), metais são definidos como elementos que conduzem eletricidade, possuem brilho lustroso, são maleáveis e dúcteis, formam cátions, e formam óxidos básicos.

Quando se deseja melhorar as propriedades de um determinado material para uma aplicação específica, pode-se produzir ligas metálicas - que são materiais formados por dois ou mais elementos: "Liga é uma mistura de metais preparada por meio da fusão de componentes, logo depois resfriada. As ligas podem ser soluções sólidas homogêneas, na qual os átomos de um metal são distribuídos ao acaso entre os átomos do outro, ou podem ter

uma composição e estrutura interna definidas.” (Atkins, Shriver, 2003, p.289).

Ao fim desta introdução, o professor poderá lançar a pergunta que norteará todo o experimento, para explorar não apenas o fenômeno visual, mas os conceitos necessários para compreendê-lo: “Você acredita que é possível transformar um metal comum em outro metal nobre como o ouro?”

Mediação: Nos processos de elaboração conceitual pelo estudante, é fundamental que o professor promova questionamentos para identificar o que os estudantes já conhecem sobre o assunto e ir relacionando essas concepções iniciais aos conceitos científicos para interpretar o fenômeno. Esse momento pode ser importante para rememorar conceitos já aprendidos ou introduzir novos conceitos que serão base para o objetivo de aprendizagem de aula. Neste experimento, trazer no início da problematização o que são ligações metálicas, pode indicar um caminho de pensamento para os estudantes: de acordo com a constituição do material, pode-se esperar diferentes interações químicas, isto é, diferentes propriedades químicas.

Para que esses conceitos sejam desenvolvidos com os alunos, é importante que os estudantes compreendam o conceito de ligações metálicas, bem como o que caracteriza um elemento químico. A ligação metálica é um tipo de ligação química que ocorre entre elementos metálicos, que pode ser descrita pela teoria do mar de elétrons. Os metais são eletropositivos, isto é, possuem tendência a formar cátions, onde os elétrons que são “perdidos” na ligação ficam livres, e se movimentam livremente entre os cátions metálicos na estrutura cristalina. Neste momento, o professor poderá lembrar aos alunos que elemento químico é definido, segundo a União Internacional da Química Pura e Aplicada - IUPAC, como o conjunto de átomos com o mesmo número de prótons no núcleo atômico.

Como sugestão os estudantes poderão ser divididos em grupos de até 5 integrantes para a realização do experimento,

sendo executado por eles mesmos ou de maneira demonstrativa, executado pelo próprio professor, de acordo com os objetivos e características de cada turma.

Para este experimento vamos utilizar 3 moedas de 5 centavos de real. Segundo o Banco Central do Brasil, esta moeda possui com borda lisa, 22 mm de diâmetro e pesa cerca de 4 g. A moeda é do material de aço revestida por cobre. Em seu anverso, pode ser observado a efígie de Joaquim José da Silva Xavier, em decorrência de sua participação na Inconfidência Mineira, e outros motivos alusivos a este movimento.

Aço é uma liga metálica composta por ferro majoritariamente e carbono. O ferro na realidade não possui as propriedades adequadas para diferentes aplicações, sendo necessário a adição de pequenas quantidades de carbono para a modificação de suas propriedades, produzindo maior dureza e resistência mecânica.

Em seguida, é indicada a realização da parte prática. Para isto será necessário os seguintes materiais e soluções:

- Moedas de 1 ou 5 centavos (pelo menos 3)
- 1 balão volumétrico de 25 mL
- 25 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 3 mol L⁻¹
- 25 g de zinco em flocos (ou raspas)
- Béquer com capacidade de 150 mL ou um copo que suporte aquecimento
- Fonte de calor (chapa elétrica, fogão, microondas, cadinho com álcool metílico etc.)
- Maçarico ou lamparina
- Vinagre
- Pinça
- Espátula

O primeiro passo deverá ser a limpeza das 3 moedas de 5 centavos, a fim de remover quaisquer impurezas que possam interferir na deposição de zinco sobre a moeda; não poderá conter ainda marcas de oxidação. Para a limpeza indicamos o uso de uma solução ácida contendo 25 mL de vinagre e uma colher de sopa de sal de cozinha; após efetuar a limpeza, a moeda deve ser lavada em

água corrente e seca. Uma alternativa para a limpeza das moedas é esfregá-las com esponja de aço e, posteriormente, passá-las em solução de ácido clorídrico (50%) (Figura 1).

Figura 1 – Moedas de cobre durante a limpeza.



Fonte: Foto de Erik Alves Leandro aluno de Licenciatura em ciências UNIFESP.

Em seguida, preparar 25 mL de uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) a uma concentração 3 mol L^{-1} . Para este preparo, pesar a massa necessária de NaOH em um béquer pequeno (de 25 mL). A este béquer, adicionar aproximadamente 15 mL de água destilada e aquecer em uma fonte de calor até que a solução se torne transparente. Esperar a solução esfriar e então, transferir a solução para o balão volumétrico de 25 mL. Lavar o béquer com pequenas porções de água e transferir para o balão, tomando o cuidado para não ultrapassar a marca do volume do balão de 25 mL.

Em seguida, preparar 25 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) a uma concentração de 3 mol L^{-1} . Para isso pesou-se 10g de NaOH que é posteriormente adicionado em 15 mL água destilada, pode-se lavar o recipiente onde a base foi pesada com

auxílio de uma pisseta para evitar desperdício de massa. Esta dissolução é extremamente exotérmica e é necessário esperar o resfriamento para transferir o conteúdo para um balão volumétrico e, então, completar seu volume de 25 mL até o menisco e homogeneizar. A solução então estará pronta.

Transferir a solução aquosa de NaOH de concentração 3 mol L^{-1} para um béquer de capacidade de 150 mL e adicionar 25 g de zinco em flocos (ou raspas) e duas moedas de 5 centavos. Aquecer o sistema com auxílio de tripé, tela de amianto e lamparina. Observar o sistema. Após alguns minutos, a moeda irá adquirir a coloração prateada devido à deposição de zinco sobre o cobre (Figura 2).

Figura 2 – Moedas sendo aquecidas em solução de NaOH com zinco



Fonte: Foto de Erik Alves Leandro aluno de Licenciatura em ciências UNIFESP.

Quando as moedas estiverem com aspecto prateado, desligar o aquecimento e retirar as moedas com ajuda de pinça longa, lavando-as em água e secando em papel toalha.

Para a segunda transformação (“prata em ouro”), segurar a moeda de forma firme com uma pinça e expor a moeda diretamente à chama de uma lamparina alternando os lados. Quando o aspecto

da moeda estiver de cor amarelo ouro, levar a moeda em um béquer contendo água para o resfriamento abrupto, choque térmico, adquirindo assim aspecto brilhoso. A alteração da cor da moeda, para dourada, se dá pela formação da liga metálica “latão” que possui coloração semelhante ao ouro (Figura 3).

Figura 3: (a) Moeda com coloração prateada sendo exposta ao fogo da lamparina e, (b) moeda sendo resfriada após o aquecimento.



(a)



(b)

Fonte: Foto de Erik Alves Leandro aluno de Licenciatura em ciências UNIFESP.

Ao final do experimento, os alunos terão o exemplar de três moedas: a de cobre, esta moeda foi limpa no início e reservada, a de “prata”, que não passou pela etapa de aquecimento direto em lamparina, e a de “ouro”, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Moedas de cobre, “prata” e “ouro”.



Fonte: Foto de Erik Alves Leandro aluno do curso de Licenciatura em ciências UNIFESP.

Finalizado o experimento e a partir dos conceitos anteriormente apresentados, sugerimos as seguintes questões:

1) Quais foram as observações anotadas? A partir do conceito de transformações químicas, é possível dizer que as moedas obtidas são de ouro e prata, por quê?

2) A partir dos conceitos de ligação metálica e de propriedades dos metais, você conseguiria formular uma hipótese do que aconteceu em cada etapa do experimento?

2º momento: a interpretação do fenômeno

Em roteiros tradicionais, a interpretação do fenômeno fica, geralmente, sob responsabilidade dos estudantes para que sozinhos façam suas explicações em relatório a ser entregue na aula posterior ou no fim do dia. Nossa proposta, em sentido contrário, tem como característica essencial que a interpretação seja feita coletivamente por meio da mediação do professor. Nesse sentido, ao fim do experimento, é dado um período para que os alunos tentem formular hipóteses para responder às questões problematizadoras.

Na etapa anterior, após a conclusão do experimento, cada grupo de alunos terá em mãos um exemplar de moeda sendo uma de “cobre”, uma de “cobre coberta por zinco” e outra com a liga “latão”. Ao final do experimento, como tarefa, foi apresentado duas questões que os alunos deveriam propor explicações: 1) Quais foram as observações anotadas? A partir do conceito de transformações químicas, é possível dizer que as moedas são de ouro e prata, por quê? 2) A partir dos conceitos de ligação metálica e de propriedades dos metais, você conseguiria formular uma hipótese do que aconteceu em cada etapa do experimento?

Para a questão 1 (Quais foram as observações notadas? A partir do conceito de transformações químicas, é possível dizer que as moedas são de ouro e prata, por quê?) sugere-se retomar as informações visualizadas no vídeo introdutório, a respeito da constituição das moedas: as moedas de cinco centavos são de aço

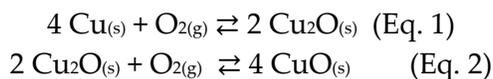
revestida por cobre (Cu) e, que na primeira parte do experimento elas foram colocadas em contato com zinco (Zn) em solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH). Neste momento, por meio do conceito de transformação química - reação química, que pressupõe o rearranjo das ligações entre os reagentes para a formação de novas substâncias e, a partir do princípio da conservação dos átomos, já se pode descartar a possibilidade de criação de um novo produto (no caso a prata, Ag, ou ouro, Au), já que estes não estavam presentes nos reagentes. E, lembrando a definição de elemento químico, que para ocorra uma mudança de elemento químico em uma transformação química, é necessário a modificação de seu núcleo, o que caracteriza uma reação nuclear.

No que tange à segunda questão (A partir dos conceitos de ligação metálica e de propriedades dos metais, você conseguiria formular uma hipótese do que aconteceu em cada etapa do experimento?), sugere-se que a explicação se inicie pelo procedimento de limpeza das moedas.

Mediação: Definimos antecipadamente que para esta proposta, o nosso objetivo seria o estudo dos conceitos de propriedades dos metais e ligações metálicas. Contudo, as explicações que apresentamos a seguir também envolvem o conceito de óxido-redução. Optamos por aprofundar as explicações do fenômeno neste material pedagógico, considerando as necessárias adaptações que o professor possa fazer em sua aula, inclusive ampliando a aplicação deste experimento para alunos dos segundo e terceiros anos de ensino médio, complexificando os conceitos envolvidos.

A limpeza da moeda de 5 centavos é necessária porque na camada externa de cobre depositada na moeda, quando exposta às condições ambientais, pode ser formada uma fina camada de produtos da corrosão, como por exemplo o óxido de cobre (I) (Equação 1). Este óxido, é então recoberto por uma outra camada de óxido de cobre (II) (Equação 2). Esta oxidação do cobre altera a

cor da moeda de avermelhada para marrom, além do brilho que não é mais percebido.



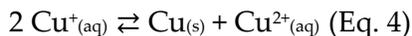
Mediação: Caso, o professor decida discutir o conceito de óxido-redução por meio deste experimento para as turmas mais avançadas do ensino médio, sugere-se que neste momento, por meio das variações do número de oxidação das espécies químicas envolvidas, sejam definidos os agentes oxidante e redutor. Também, neste momento, pela significação da equação, é possível fazer o balanceamento eletrônico, evidenciando que fenômenos de óxido-redução se caracterizam por reações que envolvem transferência de elétrons.

O método de limpeza empregado para a retirada dos óxidos da moeda com vinagre e sal caracteriza um método abrasivo. Isto é, haverá perda de massa em relação à inicial da moeda, pois o óxido de cobre (I) e óxido de cobre (II) serão retirados da peça. Assim como há perda de massa também com a limpeza com esponja de aço e ácido clorídrico.

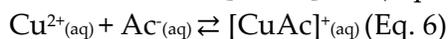
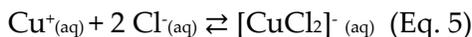
Segundo a teoria de Arrhenius, ácido é toda substância que em solução aquosa aumenta a concentração de íons H^+ . O vinagre possui em sua composição ácido acético (CH_3COOH), que é um ácido fraco (Equação 3) segundo a definição de Arrhenius.



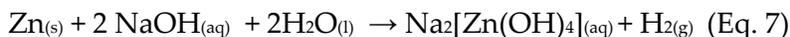
O ácido reage com os óxidos pouco solúveis presentes na superfície da moeda, dissolvendo-os, levando a formação de íons Cu^+ e Cu^{2+} na solução. Os íons Cu^+ podem sofrer desproporcionamento (Equação 4).



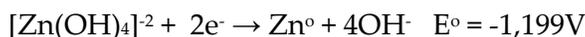
Os íons de Cu(I) e Cu(II) reagem com os íons cloreto (Equação 5) e íon acetato (Equação 6), formando complexos solúveis (reações com elevada constante de equilíbrio), favorecendo a dissolução do óxido na superfície da moeda.



Não é esperado que o zinco se deposite no cobre, uma vez que o potencial de redução do cobre é maior que do zinco. No entanto, ao adicionar o Zn em flocos (ou raspas) em solução de hidróxido de sódio 3 mol L⁻¹, ocorre uma reação de oxidação (Equação 7).



O complexo formado, [Zn(OH)₄]²⁻, possui potencial de redução maior que do cobre, desta forma, a deposição ocorre sem a necessidade de uma fonte de energia extra.



Observa-se no fundo do recipiente onde ocorre a reação o aparecimento de um sólido preto, justamente a coloração do CuO_(s), portanto, entende-se que para a formação da fina película prateada na moeda a equação abaixo é esperada com a deposição de zinco sobre a superfície da moeda.



Por fim, a explicação para a coloração amarela da moeda reside na formação de liga metálica, pois ao aquecer a moeda há o fornecimento de energia a fim da formação das ligações entre os metais, com a consequente formação da liga metálica latão, mistura de zinco e cobre, que possui a cor amarela, semelhante ao do ouro. Neste momento, o professor poderá problematizar o que ocorreu

ao aquecer somente uma parte da moeda e toda ela ficar aquecida - como as painéis metálicas utilizadas para a preparação de alimentos, pontuando a propriedade de bons condutores de calor dos metais.

A liga metálica latão tem alta resistência à corrosão, mesmo em ambiente marítimo. Possui aplicação na indústria automobilística, armamentos e até mesmo em instrumentos musicais de sopro.

Ao final dessas explicações, esperamos que a discussão a ser conduzida pelo professor, de acordo com o nível de complexidade conceitual pré-definido, permita aos estudantes associarem as características visuais das moedas aos conceitos, portanto, que alunos compreendam que a coloração prata se dá por conta da deposição de uma fina camada de zinco sobre a moeda e a coloração dourada se dá pelo resultado da ligação metálica, a qual, o produto é a formação da liga metálica chamada latão.

Para melhor articular os conceitos de propriedades dos metais e ligações metálicas, sugerimos a finalização desta etapa de interpretação com as seguintes questões:

1) Considerando as propriedades de ductilidade, maleabilidade, condutibilidade elétrica e resistência à oxidação, você acredita que as características químicas do latão são iguais às do cobre ou a do zinco?

2) A moeda está apenas coberta por uma fina camada de latão ou a reação acontece na camada mais interna?

3) Utilizando os dados da tabela 01, formule um teste para diferenciar um objeto de ouro da moeda coberta por latão

4) A deposição do zinco na moeda pode ser caracterizada por uma liga metálica? Justifique.

Respostas para reflexões:

1) Espera-se uma resposta onde as propriedades do latão não são iguais às do cobre ou do zinco, pode ser iniciada uma discussão a partir das cores iniciais dos metais, mas é importante lembrar que há materiais de cores iguais e propriedades diferentes, digo isso

porque a tendência da observação dos alunos de Ensino Médio geralmente se inicia por características macroscópicas, não levando em consideração as microscópicas, que são aquelas que são propostas neste roteiro. Um ponto de partida pode ser a utilização desses materiais no cotidiano, pois cada um é usado em um setor amplamente diferenciado do outro.

2) Para esta questão é proposto um adendo experimental, onde a moeda dourada tem um trecho esfregando com esponja de aço, podendo ser visualizado a remoção da película de latão e mostrando o cobre ainda predominante na moeda.

3) Utilizando-se os dados da tabela apresentada, pode-se notar que somente o ouro não é atacado por ácido nítrico, um teste com algumas gotas pode responder a pergunta. Outras formas podem ser pensadas, como o famoso teste da mordida, pois, historicamente, era comum as pessoas morderem moedas para provar que eram de ouro, sendo o ouro um metal muito maleável, quanto mais uma moeda possuísse marcas de mordidas mais era validada como ouro. Aplicar vinagre ou solução de vinagre com água sanitária também causará manchas em peças que não são de ouro.

4) A liga metálica no experimento, sob a forma que é realizado, é caracterizado pela coloração adquirida do material, porém, é muito importante lembrar que o fenômeno está ocorrendo somente na superfície da moeda, não é a moeda toda que se torna latão. E sim, na superfície da moeda ocorre a formação de ligações metálicas entre cobre e zinco após o aquecimento da moeda já recoberta pela película de zinco diretamente no fogo.

Quadro 1 - Propriedades e aplicações dos metais e ligas utilizados no experimento.

Metal ou liga	Propriedades e aplicações
Cobre (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Metal avermelhado; ◆ Sólido à temperatura ambiente; ◆ Não é suscetível à oxidação por íons hidrogênio sob condições padrão, favorecendo sua utilização em ornamentos; ◆ Solúvel em HNO₃ e H₂SO₄ a quente; ◆ Apresenta maleabilidade e ductilidade; ◆ Densidade 8,94 g/mL ◆ Temperatura de fusão: 1085 °C; temperatura de ebulição: 2562 °C; ◆ Utilizado na produção de várias ligas metálicas; ◆ Utilizado em peças automóveis, aviões; ◆ Utilizado na confecção de joias; ◆ Forma óxido de cobre I (Cu₂O) de cor vermelha que oxida rapidamente a óxido de cobre II (CuO) de cor preta; ◆ Micronutriente essencial para seres humanos; ◆ Potenciais de redução a 25°C: Cu⁺ + 1e⁻ → Cu⁰ E⁰ = +0,52V, Cu⁺² + 2e⁻ → Cu⁰ E⁰ = +0,34V, Cu⁺² + 1e⁻ → Cu⁺ E⁰ = +0,15V.
Ouro (Au)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Metal pesado de cor característica amarela, sob a forma pulverizada é marrom avermelhado; ◆ Sólido a temperatura ambiente; ◆ Resistente à corrosão, metal mais nobre e inerte nas condições terrestres;

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Somente a água régia pode dissolvê-lo formando os íons tetracloroaurato III (AuCl_4^-), pode ser dissolvido lentamente em cianeto de potássio (KCN) formando íons dicianoaurato I ($\text{Au}(\text{CN})_2^-$); ◆ Partindo tanto de sus formas monovalente como trivalente, o ouro é facilmente reduzido a metal e os compostos de Au^{3+} são mais estáveis que os de Au^{1+}; ◆ Apresenta maleabilidade e ductilidade; ◆ Excelente condutor de calor e eletricidade; ◆ Densidade 19,3 g/mL ◆ Temperatura de fusão: 1064 °C; temperatura de ebulição: 2856 °C; ◆ Utilizado para fabricação de jóias e moedas; ◆ Utilizado em dispositivos eletrônicos; ◆ Utilizado na indústria farmacêutica na forma de complexo para tratamento de artrite reumatóide; ◆ Potenciais de redução a 25°C: $\text{Au}^+ + 1e^- \rightarrow \text{Au}^0$ $E^0 = +1,6\text{V}$, $\text{Au}^{+3} + 3e^- \rightarrow \text{Au}^0$ $E^0 = +1,40\text{V}$.
Prata (Ag)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Metal branco-prata reluzente; ◆ Sólido à temperatura ambiente; ◆ Solúvel em ácidos concentrados, como HNO_3 8M e H_2SO_4 concentrado a quente; ◆ A prata em solução forma íons monovalentes incolores, o nitrato de prata é solúvel em água, os acetatos, nitritos e sulfatos menos solúveis e todos os demais compostos de prata insolúveis, porém, os íons complexos de prata são solúveis; ◆ Os halogenetos de prata são fotossensíveis, característica explorada pela fotografia; ◆ Resistente à corrosão; ◆ Apresenta maleabilidade e ductilidade;

	<ul style="list-style-type: none"> ◆Dentre todos os metais, é o melhor condutor de eletricidade; ◆ Densidade 10,50 g/mL ◆ Temperatura de fusão: 962 °C; temperatura de ebulição: 2162 °C; ◆ Utilizado na indústria fotográfica em emulsões fotográficas; ◆ Utilizado na fabricação de espelhos; ◆ Utilizado na medicina e em purificação de água, devido seus íons Ag^+ possuírem atividade antibacteriana e antifúngica; ◆ Utilizado em jóias e ornamentos; ◆ Potenciais de redução a 25°C: $Ag^+ + 1e^- \rightarrow Ag^0$ $E^0 = +0,80V$.
Zinco (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Metal branco azulado; ◆ Sólido a temperatura ambiente; ◆ O metal puro dissolve-se muito lentamente em ácidos e bases e a presença de impurezas ou contato com platina ou cobre, produzido por adição de algumas gotas de sais desses metais, aceleram a reação; ◆ Resistente a oxidação (protege aço e ferro da corrosão); ◆ Apresenta ductibilidade na faixa de temperatura de 110 a 150°C e maleabilidade moderada, isto é, pode ser facilmente moldado e esticado sem quebrar. ◆ Densidade 7,14 g/mL; ◆ Temperatura de fusão: 419,5 °C; temperatura de ebulição: 907 °C; ◆ Utilizado na produção de várias ligas metálicas; ◆ Utilizado na produção de pilhas e baterias secas; ◆ Micronutriente essencial para seres humanos;

	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Potenciais de redução a 25°C: $\text{Zn}^{+2} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}^0$ $E^0 = -0,76\text{V}$.
Latão	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Liga metálica homogênea, átomos de metais diferentes estão distribuídos de forma uniforme, de coloração amarela dourada; ♦ Liga metálica formada pela mistura de cobre e zinco com até 40% de zinco em cobre; ♦ Intensa resistência mecânica à corrosão; ♦ Bom condutor de calor e eletricidade (sua condutividade elétrica pode variar de 23% a 44% da do cobre puro); ♦ Densidade 8,35-8,80 g/mL (depende das porcentagens de cada metal da mistura); ♦ Temperatura de fusão: 900-940 °C; ♦ Utilizado na fabricação de aparelhos médicos e cirúrgicos, arames, armas, bacias, bijuterias, cadeados, cartuchos de munição, instrumentos musicais de sopro, joias, moedas, ornamentações, parafusos, rebite, rodas para carros, torneiras, válvulas e tubos de condensadores.

Fonte: Química inorgânica não tão concisa. São Paulo: Edgard Blücher, 2000 e Artigos da Química Nova na Escola: Cobre (v. 34, n° 3, p. 161-162, 2012); Ouro (v. 34, n° 1, p. 45-46, 2012); Prata (v. 34, n° 3, p. 111-117, 2012) Zinco (v. 34, n 3, p. 159-160, 2012).

Na articulação de uma resposta coletiva para essa questão, sugerimos ao professor que ele utilize as moedas para promover discussões sobre as características dos metais, como a cor, brilho, condutibilidade elétricas e térmicas elevadas, maleabilidade, ductibilidade e, a relação dessas propriedades com o grupo ao qual pertencem na tabela periódica. Ainda, espera-se que o aluno relacione as propriedades com a ligação química formada, uma vez que os elétrons estando livre na rede metálica possibilita que possam ser moldados sem se quebrar, possam conduzir calor e eletricidade, assim como tenham brilho.

Ao final da execução deste guia experimental, espera-se que os estudantes compreendam os conceitos de ligação metálica e as propriedades dos metais.

3º momento: fechamento

Nesse momento se faz necessário visar contemplar os três níveis de conhecimento químico

Quadro 2 – Quadro de relação dos três eixos de conhecimento químico.

Fenomenológico	Representacional	Teórico-Conceptual
Observação da mudança de coloração da moeda de cobreada para prata e depois para dourada	Equações e modelos explicativos	Transformações Químicas, Ligações Químicas, Ligação Metálica, Propriedades dos Metais

Fonte: Autoras

Mapa Metaconceitual

O mapa metaconceitual (Maldaner, Costa-Beber, Machado, 2012) que aqui apresentamos refere-se ao planejamento didático para elaboração do guia experimental. Em outros termos, em nosso planejamento didático, tendo como objetivo abordar o conceito de

metais e suas propriedades, quais caminhos poderíamos propor para orientar o raciocínio dos alunos na interpretação do fenômeno a ser analisado? Nesse sentido, organizamos tal mapa da seguinte maneira: i) em verde, os conceitos que queremos ensinar e que são o objetivo da aula; ii) em azul, os conceitos que precisam ser introduzidos e que se relacionam com o conceito objetivo de aula; iii) em preto, os conceitos que os alunos já deveriam conhecer e que precisam ser lembrados.

Ressaltamos que este mapa metaconceitual é diferente do conceitual porque ele é construído a partir de operações metacognitivas, ou seja, no planejamento didático do guia experimental, qual é a organização conceitual pensada pelo professor para ensinar determinado conteúdo e não pelos conceitos que estruturam os diferentes componentes curriculares. Isso é importante, como exercício para que o professor planeje seu ensino de forma consciente, e proponha caminhos para orientar o pensamento dos alunos a partir das relações conceituais que podem ser por eles estabelecidas.

Figura 5 – Mapa Metaconceitual Sobre a Atividade Proposta



Fonte: as autoras

Sugestões de leitura

FARIA, D.; BERNARDINO, N.; SETUBAL, S.; NOVAIS, V.; CONSTANTINO, V. Limpando moedas de cobre: um laboratório químico na cozinha de casa. **Química Nova na Escola**, v. 38, p. 20-24, 2016. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc38_1/05-CCD-58-15.pdf. Acesso em: 17 jan. 2025.

Neste estudo, os autores apresentam um envolvendo a limpeza de moedas de cobre devido ao seu baixo custo e fácil acesso a produtos comerciais. A limpeza de objetos de cobre pode ser usada para introduzir conceitos essenciais em química como equilíbrio, cinética e tipos de reações químicas.

RODRIGUES, M. A.; SILVA, P. P.; GUERRA, W. Cobre. **Química Nova na Escola**, v. 34, p. 161-162, 2012. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_3/10-EQ-37-10.pdf. Acesso em: 17 jan. 2025.

Neste texto, os autores analisam propriedades do elemento químico Cobre (Cu).

Referências

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; **Da Alquimia à Química**, São Paulo: Nova Stella Editorial, 1987, p. 1-127

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2001. p. 320-322, A17.

BORGES, P. A. F.; GROENER, L. V.; GOMES, G. P.; RODRIGUES, J. P., LIMA, G. M. DE, MUSSEL, W. N.; AUGUSTI, R.; FILGUEIRAS, C. A. L. Alquimia Experimental. **Química Nova**, v. 43. n. 9, p. 1362-1373, 2020.

- HAYNES, W. M. (Ed.). **CRC handbook of chemistry and physics**. FL, Boca Raton: CRC Press, 2014. Cap. 5, p. 84.
- LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- MALDANER, O. A.; COSTA-BEBER, L.; MACHADO, A. R. Desenvolvimento e Aprendizagem de Conceitos Biofísicoquímicos em Uma Situação de Estudo: mapa conceitual e metaconceitual como instrumentos de investigação. **Alexandria (UFSC)**, v. 5, p. 85-111, 2012.
- SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química inorgânica**, 4 ed., Porto Alegre: Bookman, 2008.
- VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos - O passado, o presente e o futuro**. São Paulo: Moderna, 2005. p. 20-23.
- VOGEL, A. I. **Química analítica qualitativa**. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Construindo uma escala de pH, com repolho roxo, a partir da interpretação dos três níveis de conhecimentos químicos

Gabriel Tanajura Teixeira¹

Matheus Olteanu Saragioto²

Maria Eduarda Verginio³

Rodrigo Curto Palhares⁴

Carlos Henrique Ribeiro dos Reis⁵

Helga Gabriela Aleme⁶

Neste capítulo, nosso objetivo foi o de trazer uma proposta experimental para o ensino médio envolvendo os conceitos de pH. A partir do processo de produção compartilhada entre o professor de educação básica, os alunos de licenciatura e a professora formadora, nós elaboramos um texto que apresentasse, além das

¹ Licenciando em ciências pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). E-mail: gabriel.tanajura@unifesp.br.

² Licenciando em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), com formação técnica em Meio Ambiente pela ETEC Getúlio Vargas. Atuo como professor de ciências para ensino fundamental e matemática e física no Ensino Médio da Escola Estadual Oito de Abril. E-mail: matheus.olteanu@unifesp.br).

³ Licencianda em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). E-mail: eduarda.verginio@unifesp.br.

⁴ Licenciando em ciências pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) professor de matemática e física para anos finais do colégio rede decisão unidade Saúde e Jardim Prudência. E-mail: rodrigo.palhares@unifesp.br.

⁵ Licenciado em química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Paulo. Professor de ensino fundamental e médio da rede estadual de São Paulo. E-mail: chhrdr@gmail.com.

⁶ Licenciada em Química, mestre e doutora em Química Analítica pela Universidade Federal de Minas Gerais e pós doutora em Educação pela Universidade de São Paulo. Professora Adjunta da Universidade Federal de São Paulo. E-mail: hgaleme@unifesp.br.

propostas, um pouco da experiência do professor da escola básica, com suas aulas experimentais na escola. Desse modo, o capítulo será dividido em três partes: na primeira um depoimento do professor sobre a sua experiência com essa proposta de experimentação. Na segunda parte, será apresentado o guia investigativo construído pelos licenciandos em parceria com o professor, e por fim, apresentaremos um mapa metaconceitual explicitando as relações entre os conceitos mobilizados no ensino dos conteúdos químicos para o planejamento didático da proposta.

Por que experimentação?

Tendo em vista o pouco tempo que eu trabalho como professor de química, a utilização da experimentação tem sido expressiva na minha prática docente. Desde que participei do PIBID⁷ (Programa de Iniciação à Docência), ainda como graduando em licenciatura em química, venho utilizando a experimentação como ferramenta de construção e apropriação dos conhecimentos por parte dos alunos. Naqueles momentos, trabalhávamos apenas com turmas da EJA (Educação de Jovens e Adultos) e levar experimentos significativos para o entendimento de fenômenos cotidianos era de grande importância para conseguir desenvolver tais habilidades.

Tinha eu, então, o suporte da professora supervisora (da escola básica), das orientadoras (docentes da minha graduação) e dos colegas discentes, mas após me formar e me vendo responsável pelas minhas turmas continuei dando a devida importância a experimentação com o objetivo de trazer significado concreto das aulas aos alunos, permitindo que eles refletissem e fizessem conexão dos diferentes conteúdos com as suas realidades.

Ainda hoje vejo ser imprescindível as práticas experimentais no processo de aprendizagem da química, na compreensão e na aplicação dos fenômenos trabalhados em sala de aula de forma teórica. Sua importância se dá também, em minha concepção, na

⁷ Pibid - Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – CAPES. Acesso em 26/11/2024.

utilização como recurso de um ensino investigativo, na possibilidade da construção do conhecimento por parte do aluno a partir da atividade proposta.

É preciso ressaltar que atualmente trabalho em uma escola de ensino integral que tem como uma das suas premissas a autonomia e o protagonismo dos alunos, possuindo também em seu plano de ensino o componente curricular de práticas experimentais. Esse fato permite a existência, manutenção e utilização de espaço próprio, sendo essencial articular os conhecimentos trabalhados nos componentes curriculares da formação geral básica de ciências da natureza com os experimentos realizados.

Trabalhar os conceitos de pH, ácidos e bases, por exemplo, é, para mim, uma tarefa que gera entusiasmo, mas também me desafia. Sempre que trabalho com esse conteúdo, tento elaborar e aplicar um experimento sobre tal assunto. Utilizar modelos científicos que levem o aluno ao entendimento do viés microscópico, pode ser bem complexo, mas com experimentos que evidenciam a transformação química de forma simples, a exemplo da mudança de cor, pode fazer com que o estudante entenda melhor este modelo.

Geralmente os experimentos, relacionados a esse conteúdo, são muitos parecidos trazendo sempre a interação macroscópica de diferentes indicadores ácido-base frente a diferentes substâncias químicas com o objetivo de classificá-las e prever seu pH de acordo com a escala própria. A utilização do indicador ácido base de repolho roxo não é uma novidade para mim, mas nunca realizei tal prática com meus alunos por ter acesso a outros indicadores tais como a fenolftaleína e o papel de tornassol, que são mais comuns nos roteiros encontrados e utilizados por mim, ou ainda alaranjado de metila e azul de bromotimol. Isso por conta do fomento dos parceiros da educação que financiaram a compra de reagentes do laboratório.

Por isso, a utilização deste experimento, com o repolho roxo como indicador de características químicas de diferentes substâncias é de grande valia, no sentido de viabilizar uma

educação contextualizada, permitindo que o aluno compreenda que alguns dos materiais utilizados na cozinha de suas residências, por exemplo, considerados esses de baixo custo, podem facilmente serem incorporados nos roteiros e experiências realizadas na escola, e para o professor, sem recursos para a realização de práticas experimentais em sala de aula, a possibilidade de inserir o experimento ao abordar o assunto.

Tendo em vista que a ciência não é neutra, nem absoluta e que em sala de aula trabalhamos com modelos explicativos, que são atualmente aceitos pela sociedade científica, possibilitar uma prática experimental, conectada ao cotidiano dos alunos, pode facilitar muitas das vezes a compreensão e a apropriação do conhecimento por eles. Daí vem a importância da experimentação e do protagonismo do educando ao realizar os experimentos de forma autônoma, sempre que possível, aproximando-os da forma como a ciência é e pode ser aplicada na sociedade.

Pois é sabido das dificuldades e dos obstáculos do ensino de conceitos que servirão para embasar outros mais complexos, tais como o conceito de equilíbrio químico, do ponto de vista microscópico ou até mesmo as reações de ionização e de dissociação. Nesse sentido, trabalhar um experimento contemplando o nível macroscópico pode ser a oportunidade perfeita de abordar esses assuntos com o objetivo não somente de sensibilizar, mas também de interação do aluno com o conhecimento científico.

Quanto às dificuldades e desafios de aplicar experimentos na educação básica estadual, tem-se a falta de indicação de materiais contendo experimentos que requeiram reagentes de baixo custo e com equipamentos simples e até mesmo a ausência de espaço apropriado para a sua realização. Os tempos de aulas também podem dificultar a utilização de experimentos além de prejudicar a conciliação dos conhecimentos conceituais e do conhecimento prático do saber fazer um experimento.

Guia experimental investigativo: Escala de pH

O presente guia tem como objetivo aproximar o leitor à temática pH, a partir de uma organização que envolve a descrição, problematização e interpretação do fenômeno envolvendo conceitos de acidez, basicidade e ionização da água. O Guia encontra-se dividido em três momentos:

Momento 1: Apresentação do fenômeno a ser investigado

O objetivo deste experimento é elucidar o conceito de escala de pH, auxiliando os estudantes na identificação de substâncias ácidas e substâncias básicas que estão presentes em seu cotidiano. Para tal, nos baseamos nos pressupostos teóricos do Capítulo 1, desta obra, e escolhemos o experimento “Como o repolho roxo sabe o que é ácido”, reproduzido pelo canal Manual do Mundo, via YouTube. A exibição do vídeo pode ser realizada acessando o link: <https://youtube.com/shorts/BwHfw9R575c?si=u-2UGCH8THMSuSDn>.⁸

Importante: Nas plataformas digitais existem vários vídeos demonstrando experimentos, sugerimos que você escolha fontes confiáveis, como por exemplo plataformas vinculadas aos órgãos governamentais como o Portal do Professor ligado ao Ministério da Educação, ou, ainda, sites vinculados à grupos de pesquisa como o GEPEQ, da Universidade de São Paulo ou o Ponto. Ciência da Universidade Federal de Minas Gerais. Caso, você escolha algum vídeo do YouTube, atente-se para a narração do vídeo, com o cuidado de corrigir possíveis erros conceituais que podem aparecer. O uso de vídeos, como este indicado, pode ser uma alternativa interessante, inclusive, por questões de acesso a determinados reagentes ou de segurança. Por exemplo, neste vídeo são usados ácidos concentrados e produz gases tóxicos que podem gerar graves acidentes quando manipulados em ambientes impróprios e com aglomeração.

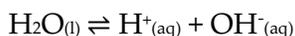
⁸ Acesso em 26/11/2024

Após a introdução do vídeo, entendemos que a aula pode começar com questões para identificar conceitos prévios dos estudantes: O que tem no suco do repolho roxo que faz com que as substâncias mudem de cor? Por que o suco do repolho em contato com o limão ficou vermelho e com o bicarbonato ficou azul?

A partir das respostas dos estudantes, o professor poderá começar a discussão sobre substâncias indicadoras de pH, ácidos, bases e reação química. Para uma compreensão mais profunda dos conceitos de ácidos e bases, é necessário conhecer o comportamento da água (lembrando que os estudantes devem ter conhecimento sobre a ionização da água).

Mediação: Nos processos de elaboração conceitual pelo estudante, é fundamental que o professor introduza conceitos na problematização dos experimentos para que os alunos possam interpretar a partir de conceitos (em termos teórico-conceituais) e extrapolem as impressões visuais (imediato-concreto). Esse salto analítico de pensamento, ou seja, que os alunos elaborem hipóteses a partir de conceitos, só acontece por mediação do professor, ao introduzir conceitos que orientem o raciocínio do aluno. Neste experimento, trazer no início da problematização teorias que caracterizam ácidos e bases, é um ponto de partida importante para orientar as possíveis hipóteses que os estudantes proporão às questões a partir de um conceito e não apenas da experiência visual das mudanças de cores.

No estado líquido, uma pequena fração das moléculas de água pode se dissociar, produzindo íons $\text{H}^+_{(\text{aq})}$ e $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ (Atkins, 2018, p.494); essas espécies podem interagir e formar água novamente. Assim, podemos representar o equilíbrio iônico da água da seguinte maneira:



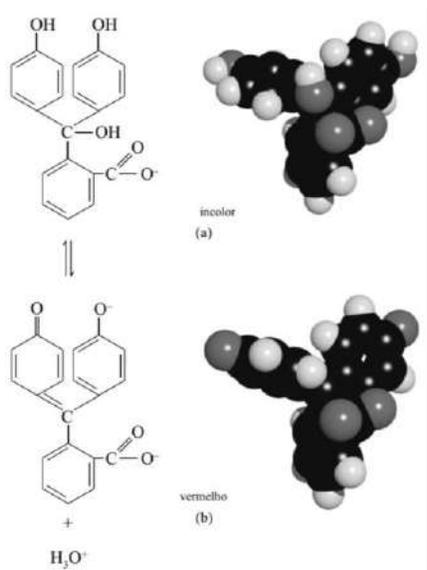
De acordo com Svante August Arrhenius, um ácido é qualquer substância capaz de produzir íons H^+ e uma base de

produz íons OH^- quando estão em solução aquosa. Quando gotas de ácido (H^+) são adicionadas à água, ocorre uma perturbação do equilíbrio de ionização da água, resultando em um aumento na concentração de H^+ . Por outro lado, se gotas de uma base (OH^-) são introduzidas na água, ocorre um aumento na concentração de OH^- . Desse modo, ao variarmos a quantidade de íons H^+ ou OH^- , estamos deslocando o equilíbrio da solução, tornando-a ácida ou básica (Atkins, 2018, p. F73).

Após explicar os conceitos de ácidos e bases, é preciso trazer os conceitos de pH e escala de pH. O pH é a abreviação de "potencial (ou potência) hidrogeniônico", pois se relaciona com a concentração de $[\text{H}^+]$ em uma solução a partir de uma escala logarítmica. Assim, uma solução de concentração 0,1 mol/L de H^+ apresenta pH 1, enquanto outra com $[\text{H}^+] = 1,0 \times 10^{-13}$ mol/L tem pH 13. As soluções podem ser classificadas, usando-se o conceito de pH, dependendo do seu caráter ácido, básico ou neutro, variando o pH dentro do intervalo de 0 a 14 (Atkins, 2018, p. 455).

Para facilitar a visualização do caráter da solução pode-se usar uma substância denominada indicador visual. Os indicadores ácido-base são substâncias orgânicas que ao entrar em contato com um ácido ficam com uma cor e ao entrar em contato com uma base ficam com outra cor. Esta mudança de coloração está relacionada à substância formada no deslocamento do equilíbrio do indicador, como pode ser exemplificado na Figura 1 a partir da reação de equilíbrio da fenolftaleína.

Figura 1 - Alteração das cores e modelo molecular da fenolftaleína. (a) Forma ácida depois da hidrólise da forma lactona. (b) Forma básica.



Fonte: Skoog, 2023, p. 308.

Para este guia utilizaremos uma escala de pH usando extrato de repolho roxo a fim de trazer para os estudantes um experimento que pode ser adaptado com materiais de baixo custo e de fácil acesso. Propostas alternativas vêm sendo desenvolvidas ao longo do tempo para realização de aulas experimentais de baixo custo envolvendo pH e a escala do repolho roxo (Cunha, Lima, 2022). O GEPEQ (1995)⁹ trouxe de forma pioneira, uma escada de indicador de pH, construída a partir do extrato do repolho roxo e diferentes soluções com pHs distintos, incluindo ácido clorídrico, vinagre, álcool, água, detergente de amoníaco e soda cáustica, conforme a Figura 2.

⁹ <Experimentos | gepeq> Acesso em 16/11/2024.

Figura 2 - Escala padrão de pH usando extrato de repolho roxo.



Fonte: Fatibello-Filho et al. (2006).

Antes de realizar o experimento, o professor precisa trazer questionamentos aos estudantes envolvendo os conceitos de acidez e basicidade:

- Na escala de pH, que varia de 0 a 14, qual valor vocês consideram como neutro? E quais valores indicam acidez e alcalinidade?

- Por que, do ponto de vista químico, observamos uma diminuição no valor do pH à medida que aumenta a acidez?

Depois dessa problematização, pretende-se que os estudantes discutam as questões em grupos e, após algum tempo, o professor oriente as interpretações desse fenômeno com base nas ideias deles. Em seguida, o experimento será iniciado: (1) em seis tubos de ensaio adicione, em cada tubo uma dessas substâncias: ácido clorídrico diluído, vinagre incolor, água, bicarbonato de sódio, detergente multiuso amoníaco e água sanitária; (2) adicione em cada tubo extrato de repolho roxo e (3) agite e observe em cada tubo a formação de uma coloração diferente (Figura 3).

Figura 3 – Resultado do experimento: escala de pH usando o indicador repolho roxo.



Fonte: os autores

Com a finalização, é essencial aos estudantes compreender que a variação da coloração em cada tubo está relacionada ao produto formado na reação que depende do pH do meio. Para ajudar os estudantes a se questionarem sobre isso, trazemos algumas questões:

- Qual é a relação entre as cores e o pH nos tubos de ensaio?
- Quais substâncias dentre as que serão utilizadas vocês acham que se mostraram ácidas? E quais vocês acham que se mostraram básicas?
- Qual é o papel do extrato de repolho neste experimento?

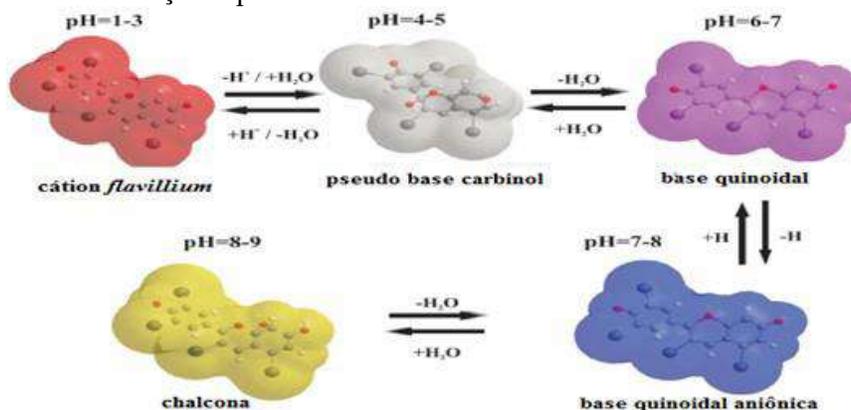
Momento 2: A interpretação do fenômeno

No segundo momento, durante a interpretação do fenômeno, a discussão inicial será retomada ao pensar sobre o que tinha em cada tubo de ensaio que reagiu com o indicador e formou uma solução colorida. Para ajudar na discussão do fenômeno, é

importante trazer mais informações sobre a estrutura química das antocianinas e o que acontece com elas na variação do pH do meio.

Ainda neste momento, um conceito importante a ser considerado é o de antocianinas que são compostos químicos que apresentam em sua estrutura central um grupo cromóforo (flavilium), além de hidroxilas, carboxilas, metoxilas e glicosilas residuais ligados aos seus anéis aromáticos (Xavier, 2004). Por conta de uma estrutura ressonante, as antocianinas são capazes de absorver radiação na região da luz ultravioleta - visível, motivo pelo qual enxergamos a olho nú as mudanças das estruturas a partir da variação do pH. Conforme a Figura 4, em meio aquoso há a formação de espécies químicas denominadas cátion flavilium (vermelho), base anidra quinoidal (azul), pseudo-base carbitol (incolor), e chalcona (incolor ou levemente amarela). Em meio ácido, as antocianinas são encontradas na forma catiônica, sendo que à medida em que o pH aumenta, ocorre uma rápida desprotonação, formando uma base quinoidal. Já em meio neutro, o cátion flavilium se torna hidratado, levando ao equilíbrio entre a forma carbitol e chalcona (Lopes et al, 2007).

Figura 4 - Mudança estrutural das antocianinas em meio aquoso com mudança de pH.



Fonte: Arruda, et al. (2019).

Baseado nos compostos formados com a variação do pH do meio (maior ou menor concentração de H^+), os estudantes poderão criar hipóteses. Conforme o roteiro experimental foram adicionados em cada um dos seis tubos de ensaio, respectivamente, ácido clorídrico diluído, vinagre incolor, água, bicarbonato de sódio, detergente multiuso amoníaco e água sanitária.

No primeiro tubo, foi adicionado ácido clorídrico diluído (HCl), que possui um pH aproximado entre 1 e 2, caracterizando-se como uma substância fortemente ácida. Isso resulta em uma alta concentração de íons H^+ , com uma concentração aproximada de 0,1 mol/L (pH 1) a 0,01 mol/L (pH 2). A elevada acidez do meio fez com que a solução ficasse com uma cor vermelha ou rosa intenso, típica de substâncias ácidas quando em contato com as antocianinas.

O segundo tubo continha vinagre incolor um ácido fraco com pH entre 2 e 3. A concentração de íons H^+ é aproximadamente entre 0,01 mol/L (pH 2) e 0,001 mol/L (pH 3). A acidez dessa solução também resultou em uma cor vermelha ou rosa, embora menos intensa do que no tubo com ácido clorídrico, evidenciando a menor acidez.

No terceiro tubo, utilizou-se água pura, que tem pH neutro de 7. Nessa condição, as concentrações de H^+ e OH^- são iguais, ambas sendo 1×10^{-7} mol/L. A neutralidade do meio é refletida na cor roxa da solução, indicando um pH balanceado sem predominância de íons ácidos ou básicos.

O quarto tubo recebeu bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), uma substância levemente básica com pH entre 8 e 9, com a concentração de íons OH^- maior, variando de 1×10^{-6} mol/L (pH 8) a 1×10^{-5} mol/L (pH 9). A presença de uma base moderada fez com que a solução adquirisse uma cor azul, indicativa de um meio básico.

No quinto tubo, foi adicionado detergente multiuso, que apresenta um pH mais elevado, entre 9 e 10, tornando-se uma base moderada a forte. A concentração de íons OH^- neste caso varia de 1×10^{-5} mol/L (pH 9) a 1×10^{-4} mol/L (pH 10). Como resultado, a solução apresentou uma coloração verde azulado.

Por fim, no sexto tubo, utilizou-se água sanitária (hipoclorito de sódio, $NaClO$), uma base forte com pH entre 11 e 12. Nessa faixa,

a concentração de íons OH^- é alta, variando de 1×10^{-3} mol/L (pH 11) a 0,01 mol/L (pH 12). A solução, devido à sua forte basicidade, adquiriu uma cor amarelada, indicação de um pH elevado.

Com isso será possível retomar as questões: Qual é a relação entre as cores e o pH nos tubos de ensaio? Quais substâncias dentre as que serão utilizadas vocês acham que se mostraram ácidas? E quais vocês acham que se mostraram básicas?

Mediação: É fundamental que as questões que problematizam o experimento tenham palavras que expressam conceitos da teoria. Neste caso ao indagar: “qual é a relação entre as cores e o pH em tubos de ensaio?”, o professor pode possibilitar ao aluno condições para que sua atenção voluntária seja dirigida pelo conceito e não pelo objeto concreto. Há, nesse sentido, condições importantes para elaboração de conceitos científicos que são formados por outros conceitos e não pela experiência sensível. Questões que exaltassem exclusivamente os aspectos macroscópicos, como por exemplo, apenas a mudança de cor no experimento, limitaram a interpretação dos estudantes a este nível de conhecimento.

Os estudantes podem encontrar a relação entre as cores e o pH nos tubos de ensaio, comparando as cores obtidas com o experimento e a escala proposta por Fatibello-Filho et al. (2006). Para as cores vermelho e rosa tem-se um baixo pH, correspondendo às substâncias ácidas (ácido clorídrico e vinagre). Já cor roxa do terceiro tubo da Figura 4 se deve a presença da água, que é neutra dentro da escala de pH, enquanto as cores azul, verde e amarela coincidem com as três substâncias básicas (bicarbonato de sódio, detergente de amoníaco e soda cáustica). Com estas respostas o estudante pode chegar à conclusão que o papel do extrato de repolho roxo no experimento foi de indicar em quais tubos se tem maior concentração de H^+ ou OH^- , ou seja, menor ou maior pH.

Ao final da atividade, observamos a mudança de coloração do extrato de repolho roxo em resposta à adição de soluções com diferentes níveis de pH. Essa mudança de cor é resultado da

interação das antocianinas presentes no repolho roxo com as variações de acidez ou alcalinidade das soluções. As antocianinas atuam como indicadores ácido-base naturais, alterando sua coloração conforme o pH do meio. Assim, conforme adicionamos as soluções, notamos que o extrato de repolho roxo assumiu uma coloração vermelha/rosa em ambientes ácidos (baixo pH) e uma coloração azul/verde em ambientes alcalinos (alto pH). Essas mudanças de cor estão diretamente relacionadas aos conceitos de ácidos e bases de Arrhenius e à escala de pH.

Momento 3: Sistematização do experimento segundo os níveis do conhecimento químico

Ao final da execução deste guia experimental, espera-se que os estudantes compreendam os conceitos de escala de pH com base da teoria ácido-base de Arrhenius, aplicando os conhecimentos adquiridos para articulação dos três eixos essenciais, que podem ser visualizados a seguir:

Quadro 1 – Quadro de relação dos três eixos de conhecimento químico.

Fenomenológico	Representacional	Teórico-Conceitual
Observação da mudança na coloração das soluções ao ser aplicado o extrato de repolho roxo.	Equação de pH; Reações de equilíbrio das espécies de antocianinas (Figura 4).	Escala de pH; Teoria ácido-base de Arrhenius; Reação química.

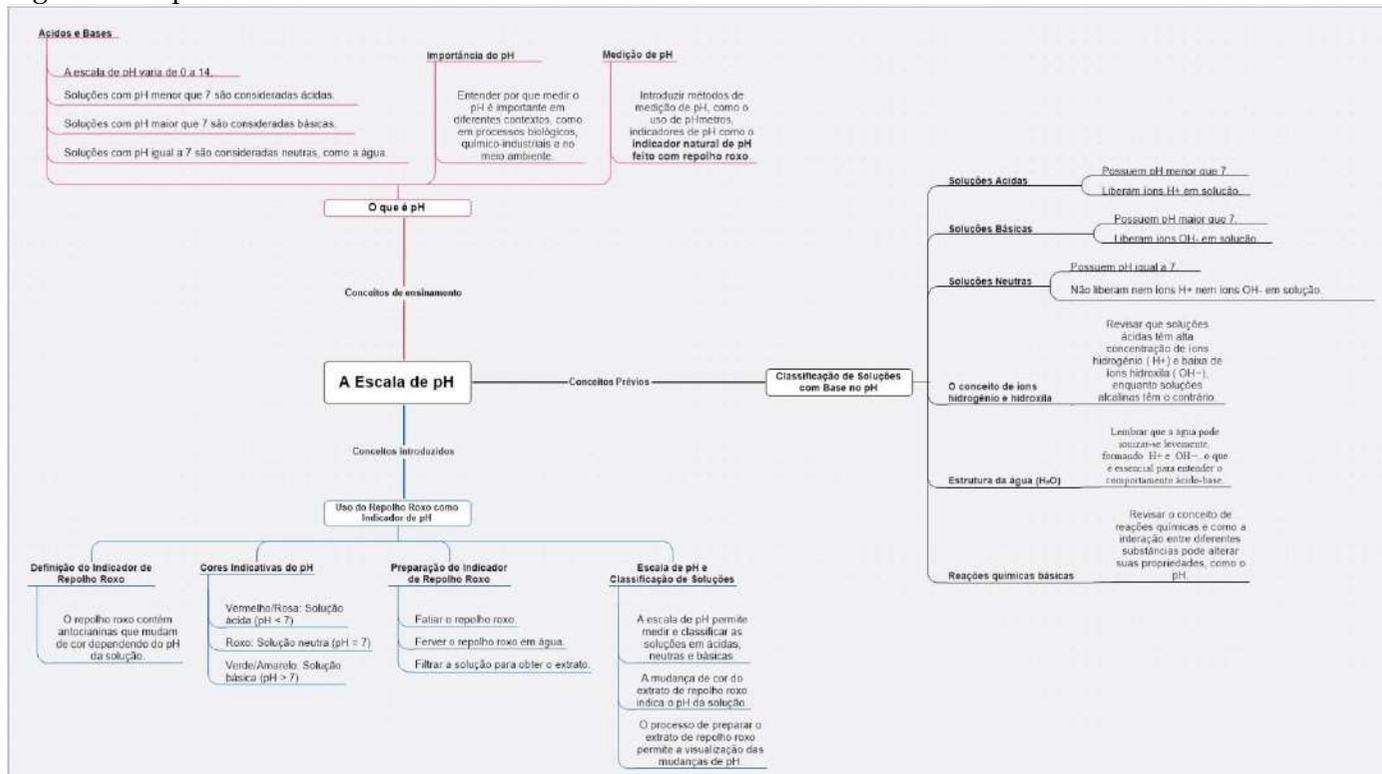
Mapa Metaconceitual

O mapa metaconceitual (Maldaner, Costa-Beber, Machado, 2012) que aqui apresentamos (Figura 5) refere-se ao planejamento didático para elaboração do guia experimental. Em outros termos, em nosso planejamento didático, tendo como objetivo abordar o

conceito de escala de pH, quais caminhos poderíamos propor para orientar o raciocínio dos alunos na interpretação do fenômeno a ser analisado?

Ressaltamos que este mapa metaconceitual é diferente do conceitual porque ele é construído a partir de operações metacognitivas, ou seja, no planejamento didático do guia experimental, qual é a organização conceitual pensada pelo professor para ensinar determinado conteúdo e não pelos conceitos que estruturam os diferentes componentes curriculares. Isso é importante, como exercício para que o professor planeje seu ensino de forma consciente, e proponha caminhos para orientar o pensamento dos alunos a partir das relações conceituais que podem ser por eles estabelecidas.

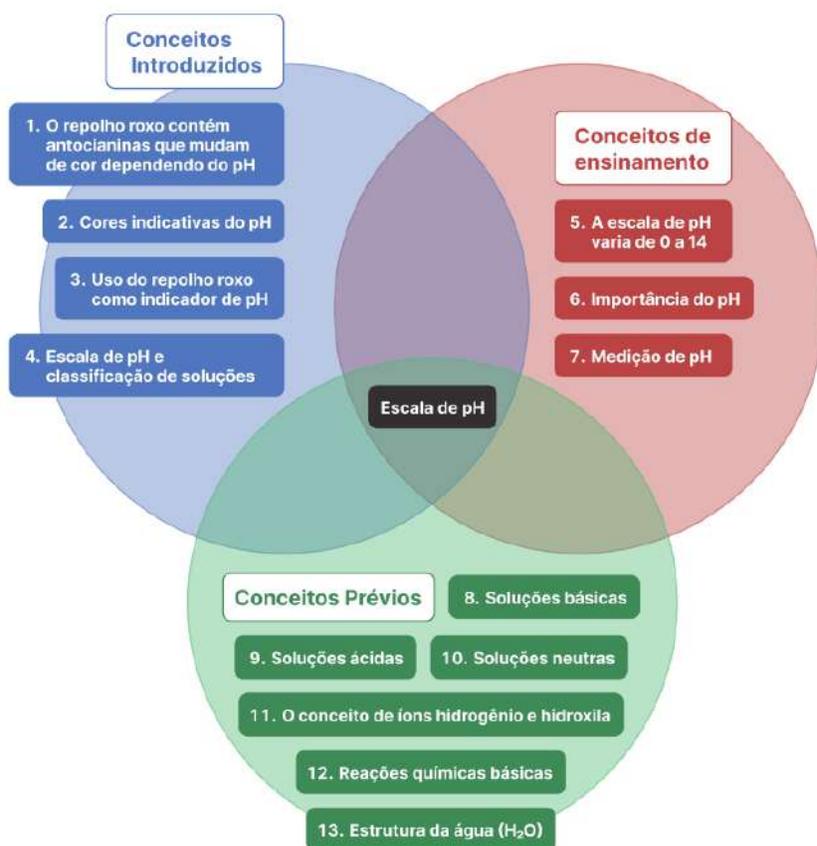
Figura 5. Mapa Metaconceitual.



Fonte: os autores.

Nesse sentido, organizamos os conceitos envolvidos nesse experimento da seguinte maneira: i) em vermelho, os conceitos que queremos ensinar e que são o objetivo da aula; ii) em azul, os conceitos que precisam ser introduzidos e que se relacionam com o conceito objetivo de aula; iii) em verde, os conceitos que os alunos já deveriam conhecer e que precisam ser lembrados (Figura 6).

Figura 6 - Conceitos envolvidos no guia experimental.



Fonte: os autores.

Para saber mais

CUNHA, M. B.; LIMA, F. O. A Saga do Repolho Roxo no Ensino De Química. *Revista Química Nova na Escola*. Vol. 43, nº 3, p. 295-304, 2022.

Neste artigo, as autoras analisam as publicações dos anais do Encontro Nacional de Ensino de Química no período de 1996 até 2018 e todas as publicações da revista Química Nova na Escola, cujo ano inicial é 1995 que socializaram estudos sobre o ensino de Química envolvendo a planta a “repolho roxo”.

ZAPP, E.; NARDINI, G. S.; COELHO, J. C.; SANGIOGO, F. A. Estudo de Ácidos e Bases e o Desenvolvimento de um Experimento sobre a Força dos Ácidos. *Química Nova na Escola*, v. 37, p. 278-284, 2015.

Neste relato de sala de aula, os autores apresentam um experimento sobre a “força” dos ácidos, com objetivo de discutir sobre o grau de ionização de ácidos de Arrhenius, com estudantes do ensino médio de uma escola pública, no contexto da abordagem da chuva ácida.

Referências

ARRUDA, M. R. E.; BARBOSA, E. K. S.; SILVA, C. F.; VINHAS, G. M. Avaliação de extratos de antocianinas como indicadores de pH obtidos por diferentes métodos. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 10 n. 3, p. 87-100, jul./set. 2019.

ATIKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química questionando a vida moderna e o meio ambiente**. [s.l: s.n.]. v. 7. Bookman. 2012.

CUNHA, M.B.; LIMA, F. O. A Saga do Repolho Roxo no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, Vol. 43, Nº 3, p. 295-304, AGOSTO. 2022

FATIBELLO-FILHO O.; WOLF L. D.; ASSUMPÇÃO, M.H.M.T.; LEITE, O.D. Experimentos ilustrativos da hidrólise de sais. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 30-34, 2006.

MATEUS, A.; HORTA, A.; MORTIMER, E.; GARCIA, E.; FRANCO, L. **Matéria, Energia e Vida: O Mundo Atual**. Editora Scipione. PNLD 2021. Componente curricular: Ciências da Natureza. 2021.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de química analítica**. Cengage Learning Brasil, 3a edição, 2023.

Cinética Química: práticas possíveis para a escola e sistematização do conhecimento

Vitória Bitiano¹

Marcos Rogério dos Santos²

Lucinéia F. Ceridório³

Neste capítulo o objetivo é apresentar a produção coletiva de uma proposta experimental de Química para o ensino médio envolvendo o conteúdo de cinética química. O processo consiste na produção compartilhada entre um professor da educação básica, uma professora do ensino superior e uma estudante de licenciatura, nós construímos um texto que apresentasse, além das propostas, um pouco da experiência do professor Marcos com a experimentação. Nessa perspectiva, o presente capítulo está dividido em três partes: a primeira é um depoimento do professor Marcos sobre sua experiência com o ensino de Química. Na segunda parte, discutimos o guia investigativo construído pela

¹ Licenciada em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Técnica em Química pela instituição SENAI. Professora de matemática para anos finais do ensino fundamental e ensino médio no Colégio Adventista de São Caetano do Sul. E-mail: vbitiano@unifesp.br.

² Licenciatura e bacharelado em Ciência com habilitação plena em Química pela Faculdade de ciências e letras de São Bernardo do Campo. Professor estadual efetivo na disciplina de química. Coordenador de área - ciências da natureza e matemática na escola estadual Professora Maria Carolina Casini Cardim do município de Diadema - SP. E-mail: marcossantos@prof.educacao.sp.gov.br.

³ Professora Associada da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Licenciada em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Mestre e Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). Pós-doutorado em Físico-Química de Superfícies. Exerceu a docência no Ensino Básico entre 2000 e 2012. Docente credenciada no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PECMA-Unifesp) desde 2017. E-mail: lceridorio@unifesp.br.

licencianda em parceria com os professores. Por fim, apresentaremos um mapa metaconceitual explicitando as relações entre os conceitos mobilizados no ensino dos conteúdos químicos para o planejamento didático da proposta.

A experimentação para o ensino de Química

Sou professor desde 2000, leciono aulas do componente curricular de Química e, atualmente, também atuo como Coordenador de Gestão Pedagógica da área das Ciências da Natureza e Matemática da Escola Estadual Professora Maria Carolina Casini Cardim, pertencente ao Programa de Ensino Integral. Bacharel e licenciado em Química pela Faculdade Ciências e Letras de São Bernardo do Campo tenho dedicado minha carreira ao ensino e à pesquisa nesta fascinante área do conhecimento.

A paixão pela descoberta e pela compreensão dos processos que governam o mundo ao nosso redor me levou a seguir esta carreira, onde posso compartilhar esse entusiasmo com meus alunos. Minha formação acadêmica foi enriquecida por diversas experiências em laboratórios de pesquisa, onde aprendi não apenas as teorias, mas também a aplicação prática dos conceitos químicos.

Em sala de aula, meu objetivo é criar um ambiente de aprendizado dinâmico e interativo. A Química é uma ciência experimental por excelência, e, por isso, gosto de integrar muitas atividades práticas e experimentos ao currículo escolar. Dessa forma, os alunos aprendem a teoria e veem a Química em ação, desenvolvendo um entendimento mais profundo e uma apreciação pela matéria.

É fundamental desenvolver aulas práticas no processo educacional por proporcionarem uma experiência única que leva ao aprendizado de conceitos. Essa metodologia de ensino motiva o estudante a gostarem e aprenderem conceitos de Química e enriquece significativamente a formação desenvolvendo competências e habilidades de maneira dinâmica. Possibilita uma compreensão mais significativa dos princípios discutidos,

ajudando os estudantes a conectarem teoria e prática. Em disciplinas de ciências naturais como a Química, experimentos práticos não só ilustram os fenômenos estudados, mas também permitem aos alunos elaborarem e testarem hipóteses, além de observarem resultados em tempo real.

Para melhor entendimento, sobre a magnitude da disciplina de química, das práticas experimentais e a importância no processo de ensino-aprendizagem contextualizado e significativo, venho relatar, resumidamente, a participação de jovens protagonistas na feira de ciências realizada pela Diretoria de Ensino de São Bernardo do Campo, na produção de um perfume repelente com a finalidade de solucionar um problema de infestações de mosquitos nas salas de aula, principalmente, os transmissores da dengue. Os objetivos a serem alcançados foram:

- a) Desenvolver um produto natural e eficaz,
- b) Criar um perfume repelente utilizando um componente principal e ativo (após muitas pesquisas, os alunos escolheram o cravo-da-índia),
- c) Aplicar conhecimentos teóricos e utilizar conceitos de química orgânica e ciências ambientais.
- d) Estimular habilidades práticas, como: realizar extrações, destilações e formulações químicas.
- e) Aproximar da realidade por meio do entendimento das etapas de desenvolvimento de um produto desde a concepção até a solução de um problema real.

A prática experimental, na elaboração de um novo perfume repelente à base de cravo, proporcionou aos alunos a oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos em um contexto prático e relevante. Este projeto integrou conhecimentos de química, biologia e até mesmo de *marketing*, foi uma experiência interdisciplinar que aproximou os conceitos escolares a realidade dos alunos proporcionando a busca e construção por novos conhecimentos científicos na solução de uma problemática.

A produção de um novo perfume, promoveu o desenvolvimento de habilidades técnicas (manuseio de vidrarias e

reagentes com cuidados de segurança e precisão de medidas) e cognitivas essenciais (atenção voluntária, memória, raciocínio, pensamento lógico, imaginação, abstração etc.). Os estudantes aprenderam a manipular equipamentos, realizar procedimentos específicos e interpretar dados experimentais, habilidades que são valiosas para formação acadêmica e a preparação profissional, como também os tornaram mais confiantes e independentes na resolução de problemas.

A escolha dos componentes do perfume foi outro ponto muito importante, a conexão entre teoria e prática foi um incentivo ao desenvolvimento do pensamento crítico e à criatividade. Em um ambiente prático, os alunos frequentemente enfrentam situações inesperadas que exigem adaptação e raciocínio rápido. Isso os encorajam a pensar de maneira autônoma, explorando diferentes abordagens para resolver problemas complexos, o que é essencial para a inovação e o avanço científico.

Afinal, qual a importância na elaboração de um novo perfume no aprendizado do aluno? A participação em práticas experimentais, como a atividade descrita anteriormente, é fundamental para o desenvolvimento de diversas habilidades nos alunos: na **aprendizagem ativa**, onde os alunos deixam de ser meros receptores passivos de informação e passam a ser protagonistas do processo de aprendizagem. **No desenvolvimento de habilidades práticas**, isto é, manipular equipamentos e substâncias químicas, realizar procedimentos laboratoriais e interpretar resultados. Na **Integração de Conhecimentos**, a prática experimental exige que os alunos apliquem conhecimentos de diversas disciplinas, promovendo uma aprendizagem interdisciplinar. **Pensamento Crítico e Resolução de Problemas**, os alunos enfrentam desafios reais durante o desenvolvimento do produto, o que estimula o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas.

Ressaltando, que a conexão entre teoria e prática experimental proporciona uma aproximação significativa da realidade profissional em diversos aspectos, como: **Contato com a Pesquisa**

e **Inovação**, refere-se a oportunidade de vivenciar o processo de pesquisa e desenvolvimento de um produto, desde a concepção até os testes finais. **Preparação para o Mercado de Trabalho**, desenvolver competências valorizadas pelas empresas, como inovação, trabalho em equipe e gestão de projetos. **Conscientização Ambiental**, utilizar ingredientes naturais e buscar alternativas sustentáveis promove a conscientização ambiental e o compromisso com práticas ecologicamente corretas.

Concluindo, as aulas práticas desempenham um papel crucial no processo de ensino e aprendizagem pois, promovem o desenvolvimento de habilidades essenciais, do pensamento crítico e aumentam o engajamento dos alunos. Portanto, investir e valorizar as aulas práticas é fundamental para garantir uma educação eficaz e preparar os estudantes para os desafios do mundo real. E assim, foi a elaboração de um novo perfume repelente, rica em aprendizados e experiências.

Foi com esse espírito que atuei na disciplina de Práticas Pedagógicas tentando ressaltar, nas minhas conversas com os alunos da licenciatura, a importância da experimentação no ensino, compartilhando experiências como essa.

Na seção a seguir, apresentamos uma proposta experimental que envolve o tema da cinética com o caráter investigativo para o desenvolvimento das habilidades defendidas.

Guia experimental investigativo: Cinética Química

Cinética química é a área da química que estuda o tempo em que uma reação se completa e as formas de controle no progresso das reações químicas, seja para acelerar ou retardar. Neste capítulo optamos por usar o termo **velocidade de reação química** para designar a grandeza associada ao tempo de uma reação química.

Mediação: No uso cotidiano, velocidade é frequentemente associada à rapidez com a ocorrência de algo. Na Física, velocidade está relacionada a variação da posição de um objeto em um determinado tempo, sendo uma grandeza vetorial que além de módulo, tem direção e sentido. Na Química a velocidade é referida à taxa de variação de uma reação ao longo do tempo, ou seja, uma grandeza apenas escalar que verifica o tempo com que os reagentes são consumidos e os produtos formados. Embora o termo velocidade de reação já seja consagrado na química, alguns autores optam por substituir o termo por rapidez, nós escolhemos o uso de velocidade de reação evitando o termo rapidez para não induzir ideia equivocada de que toda reação química seja rápida.

Assim, o objetivo deste guia experimental é contribuir com os professores de Química do ensino médio para introduzir o estudo da cinética química e identificar os fatores que alteram a velocidade de reação, a partir da teoria das colisões.

Para tanto ele tem como aporte teórico as discussões presentes no capítulo 1, organizado em três partes: i) a problematização do fenômeno; ii) a interpretação coletiva; iii) a articulação da interpretação nos três níveis de conhecimentos químicos: fenomenológico, teórico-conceitual e representacional.

Primeiro momento: apresentação teórica e experimental:

O objetivo neste primeiro momento é apresentar os conceitos que abordam a cinética química e identificar os fatores que influenciam a velocidade das reações antes da execução do experimento.

Mediação: Nos processos de elaboração conceitual pelo estudante, é fundamental que o professor introduza conceitos na problematização dos experimentos para que os alunos possam interpretar o fenômeno a partir de conceitos (em termos teórico-conceituais) e extrapole as impressões visuais (imediate-concreto). Esse salto analítico de pensamento, ou seja, que os alunos elaborem hipóteses a partir de

conceitos, só acontece por mediação do professor, ao introduzir conceitos que orientem o raciocínio do aluno. Neste experimento, trazer no início da problematização a teoria das colisões, é um ponto de partida importante para orientar as possíveis hipóteses que os estudantes proporão às questões a partir de um conceito e não apenas da experiência visual do comprimido se dissolvendo em água.

A cinética química aborda a velocidade com que os reagentes são consumidos e os produtos são formados, ou seja, consiste no estudo das velocidades das reações químicas. A velocidade pode depender de variáveis como pressão, temperatura e uso de catalisadores. O controle e escolha apropriada dessas variáveis podem otimizar um determinado processo. Esse controle é muito importante na fabricação de medicamentos, na produção de alimentos e na otimização de processos industriais. Entre os diversos tópicos que compõem o estudo da cinética química, este guia a abordar a teoria das colisões e principalmente aos fatores que alteram a velocidade das reações químicas.

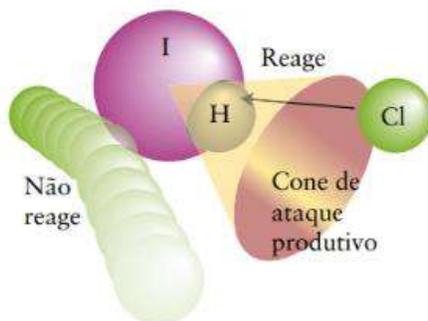
Velocidade das reações químicas – fundamentação teórica

Considere que só pode ocorrer uma reação química se as moléculas dos reagentes se encontram. No estudo dos gases, o encontro de duas moléculas é chamado de colisão e o modelo que descreve os pressupostos dessa colisão é a teoria das colisões, qual é uma parte essencial do estudo da cinética química. A teoria das colisões esclarece como as moléculas atuam durante uma reação química e por que algumas transformações químicas são mais rápidas do que outras.

A teoria das colisões postula que uma reação química ocorre quando as moléculas dos reagentes, colidem umas com as outras de forma efetiva, ou seja, de forma que conduzem a formação de produtos (Atkins, 2011). A efetividade de uma reação química depende de vários fatores, como energia e frequência das colisões e eficiência e direção assumida pelas moléculas.

a. Posição e direção favorável: as moléculas devem colidir de maneira que suas estruturas permitam a quebra e a formação de ligações químicas. Isso significa que os átomos devem estar na posição certa e com uma direção favorável para que as ligações ocorram (Atkins, 2011), conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1



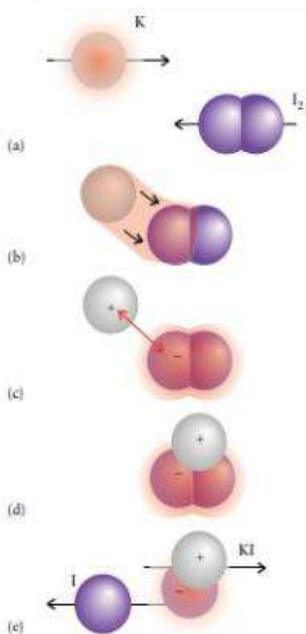
Fonte: Atkins; Jones; Laverman, 2018.

Energia cinética adequada e frequência das colisões: a energia cinética das moléculas de um sistema químico está diretamente relacionada à temperatura deste (Atkins, 2011). Quando a temperatura aumenta, as moléculas estão com maior energia cinética, portanto, se movem mais rapidamente e com maior energia, o que aumenta a probabilidade de colisões efetivas entre os reagentes (Atkins, 2011).

De acordo com a teoria do complexo ativado, para que ocorra a reação, as moléculas devem colidir com uma energia mínima. Essa energia mínima também é chamada de energia de ativação, que consiste na quantidade mínima de energia necessária para que se inicie a reação química (Atkins, 2011); (Chang, 2010). No momento do choque há um progressivo enfraquecimento das ligações entre as moléculas iniciais (reagentes) e o fortalecimento das ligações entre as moléculas finais (produtos) (Fiorotto, 2014), como apresentado na Figura 2. Colisões com energia menores do

que a energia de ativação não resultam em formação de produtos (Chang, 2010).

Figura 2



No mecanismo de arpão da reação entre potássio e iodo para formar iodeto de potássio, quando um átomo de K se aproxima da molécula de I₂ (a), um elétron passa do átomo de K para a molécula de I₂ (b). A diferença de carga agora mantém juntos os dois íons (c e d) até que um íon I₂ se separa e sai com o íon de KI (e)

Fonte: Atkins, Jones, Laverman, 2018, p. 627

Colisões que não levam à formação de produtos em uma reação química devido a orientação incorreta ou energia cinética insuficiente são denominadas como colisões não favoráveis.

Após o professor apresentar a teoria das colisões, este deve orientar os estudantes para que considerem a teoria no momento de formular hipóteses sobre os resultados observados em cada procedimento do experimento proposto.

Importante: Todas as etapas do experimento são propostas com materiais de fácil acesso e de baixo custo, sem toxicidade e com pouco risco de acidente, de modo que embora seja ideal o uso do laboratório, também pode ser desenvolvido sem preocupações em sala de aula. Todavia, em caso de impossibilidade da realização é indicado a demonstração por vídeo. Um exemplo de vídeo sobre essa prática está

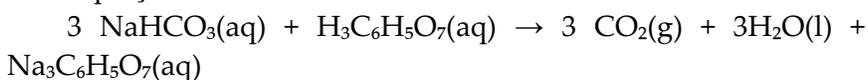
disponível no canal do Youtube do PontoCiência que foi desenvolvido por um grupo de professores e estudantes da Universidade Federal de Minas Gerais e que, embora não tenha sido continuado, tem um acervo de vídeo disponíveis no Youtube como este indicado: https://www.youtube.com/watch?v=rP00vxivUpQ&ab_channel=pontociencia.

Observação: As reações químicas estudadas neste guia, podem ser visualizadas a partir da liberação de determinado gás. Gás carbônico (CO₂) liberado na reação de comprimido com água. Gás oxigênio (O₂) liberado na reação da água oxigenada com uso de catalisador.

Velocidade das reações químicas – parte prática

Em geral, nos comprimidos efervescentes se encontram o medicamento com misturas de ácidos orgânicos fracos e bases carbonadas. No caso do comprimido, sugerido no guia, que contém bicarbonato de sódio (NaHCO₃), a reação química pode ser observada pela efervescência (presença de bolhas). Esta efervescência é causada pela produção de gás - dióxido de carbono (CO₂) da reação química entre o bicarbonato de sódio (NaHCO₃) com o ácido contido no comprimido, geralmente ácido cítrico (H₃C₆H₅O₇), como apresentado na equação química 1:

Equação 1:



Para ocorrer essa reação química os reagentes precisam estar ionizados (meio aquoso) por isso ao colocar o comprimido em água ocorre o processo de dissolução e se inicia a reação química.

Com os materiais propostos, os experimentos a seguir (procedimentos 1 a 4) são sugeridos para verificar alterações da velocidade de reação química ocasionadas por um determinado fator. Assim, em cada procedimento as reações de ambos os

béqueres deverão ser realizadas concomitantemente. É sugerido o uso de um cronômetro, atenção nas observações e anotações dos resultados.

Atenção professor: É importante sempre testar os experimentos antes de apresentá-los aos alunos, pois permite que você pense em adaptações coerentes com sua realidade escolar, além de evitar erros do procedimento durante a prática escolar.

Procedimentos 1 ao 3 - Materiais e Reagentes:

200 mL de água aquecida (entre 50 e 70 °C)

200 mL de água gelada (entre 5 e 10°C)

800 mL água a temperatura ambiente (próximo a 25°C)

7 comprimidos efervescentes, como vitamina C ou antiácidos
6 béqueres

Cronômetro

O uso do cronômetro não é obrigatório nos experimentos, porque os alunos poderão descrever os resultados como rapidamente ou vagorosamente, mas pode ser incentivado pelo professor para obter a medida do tempo da reação química, cronometrando tanto o tempo decorrido para obter a primeira evidência da reação química, quanto o tempo de duração da formação dos produtos.

Procedimento 1: Em dois béqueres de mesmo volume é colocado 200 mL de água, a temperatura ambiente. Use dois comprimidos efervescentes. Em um béquer coloque um comprimido efervescente; no outro béquer coloque o comprimido efervescente triturado. Importante, usar a mesma quantidade do comprimido nos dois béqueres, ou seja, um comprimido para cada béquer.

Procedimento 2: Em um béquer coloca-se 200 mL de água gelada (aproximadamente 5°C) e em outro o mesmo volume de

água quente (aproximadamente 80°C). Em cada béquer adicione um comprimido efervescente.

Procedimento 3: Em dois béqueres de mesmo volume, adicione 200 mL de água, à temperatura ambiente, em um deles adiciona-se um comprimido efervescente e em outro dois comprimidos efervescentes.

Procedimento 4 - Materiais e Reagentes:

½ Batata crua cortada em cubos

½ Batata cozida cortada em cubos

2 frascos de 100 mL de água oxigenada (peróxido de hidrogênio) 10 volumes

3 béqueres

Procedimento: Corte a batata ao meio, separe uma parte para usar crua e a outra parte cozinhe por 5 a 10 minutos. Em 3 béqueres adicione 50 mL de água-oxigenada, o primeiro mantido como padrão, mantenha apenas com a água oxigenada, sem adicionar material algum, no segundo coloca a parte da batata previamente cozida, em outro a parte da batata mantida crua. Observe o que ocorre ao longo do tempo nos três béqueres.

Ao final da atividade experimental, peça aos estudantes que sistematizem, em tabelas, todas as observações anotadas procurando identificar qual fator envolvido em cada etapa dos procedimentos (1 ao 4) que pode ter alterado a velocidade das reações.

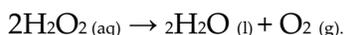
Sugestão para as tabelas:

Reações com comprimidos efervescentes (procedimentos 1 a 3)		
Quantidade de comprimidos	Temperatura da água	Tempo até o fim da reação
1 Comprimido triturado	25°C	
1 Comprimido inteiro	25°C	
2 comprimidos inteiros	25°C	
1 comprimido inteiro	25°C	

1 comprimido inteiro	5°C	
1 comprimido inteiro	80°C	

Experimento com água oxigenada (procedimento 4)	
Béquer com H ₂ O ₂	Houve formação de bolhas? Descreva o que você observa.
1. Com batata crua	
2. Com batata cozida	
3. Sem batata	

No que tange ao procedimento 4, é importante mencionar que ocorre uma reação de decomposição da água oxigenada, representada pela seguinte equação:



Dos procedimentos 1 ao 4, os estudantes podem ser incentivados a pensar no que está ocorrendo e como eles poderiam explicar este fenômeno. Poderá instigar a discussão a partir das seguintes questões:

- 1) O que ocorreu de diferente em cada procedimento dos experimentos?
- 2) Quando comparamos os béqueres em cada procedimento, como podemos explicar as diferenças de resultados?
- 3) Quais são as variáveis, identificadas por você, que podem interferir nesses resultados?
- 4) Proponha hipóteses e um modelo explicativo, a partir da teoria das colisões, representando as interações das moléculas nos experimentos realizados.

Segundo momento: a interpretação do fenômeno

Neste capítulo iremos compreender os fatores que influenciam a velocidade de uma reação química a partir da teoria das colisões.

Mediação: Retomar a interpretação do fenômeno por meio da linguagem química, ou seja, o nível representacional, é mais uma maneira de possibilitar ao aluno que pense o experimento a partir da teoria e não dos aspectos macroscópicos. Defendemos isso, pois a linguagem química, ao mesmo tempo que comunica, também, expressa conceitos. Em outros termos, ao discutir o que as respostas dos estudantes por meio das representações das partículas e de como elas podem estar se chocando apresentação como alternativa potente para evocar a teoria na interpretação do fenômeno e orientar uma construção coletiva de raciocínio que ocorre a partir da articulação concreto-abstrata. Em outros termos, é preciso que os estudantes olhem para o experimento e não veja apenas os comprimidos dissolvidos, é preciso que eles possam imaginar a transformação química em nível atômico molecular.

Depois dos estudantes terem discutido e sistematizado suas respostas às questões sugeridas neste guia, a conversa com a turma deve ser retomada com o objetivo de proporcionar condições para que os estudantes concluam quais fatores influenciaram na velocidade das reações em cada um dos procedimentos. Sugerimos que na retomada das questões, as explicações a serem conduzidas pelo professor possam se basear nos modelos explicativos propostos pelos alunos com base nas representações das partículas.

Neste momento, esperamos que os estudantes tenham identificado que nos três primeiros procedimentos, as velocidades das reações foram diferentes para cada dupla de béquer, decorrente da variação de superfície de contato, temperatura e concentração. O professor deve ressaltar essa conclusão.

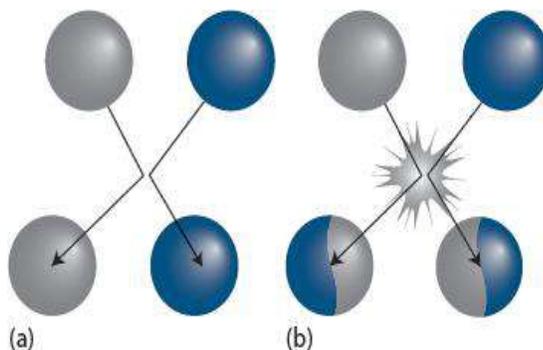
1. Superfície de contato: Uma condição importante para que ocorra a reação química é o contato entre os reagentes. O maior contato entre os reagentes promove maior número de colisões entre as moléculas aumentando a probabilidade de ter colisões bem orientadas e, portanto, a reação química ser efetivada.

Nesse sentido, um comprimido efervescente triturado (reagente) possui maior superfície de contato com água, facilitando a dissolução e em seguida a reação química. Com isso, aumenta-se a velocidade da reação.

Cinética química aplicada: Uma aplicação desse conceito de área superficial atual é o uso promissor de nanopartículas para remediação ambiental, envolvendo a remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos. Essas nanopartículas têm tamanho diminuto e alta área superficial o que confere alta reatividade química e capacidade de adsorção. (ZHAO, D., WANG, L., 2018).

2. Temperatura: o aumento da temperatura está relacionado com o aumento na energia cinética do sistema. Nesse sentido, um aumento da temperatura promove maior velocidade de movimentação das moléculas ampliando, dessa forma, a probabilidade de colisões efetivas e, conseqüentemente, fazendo com que a reação ocorra mais rapidamente, conforme apresentado na Figura 3

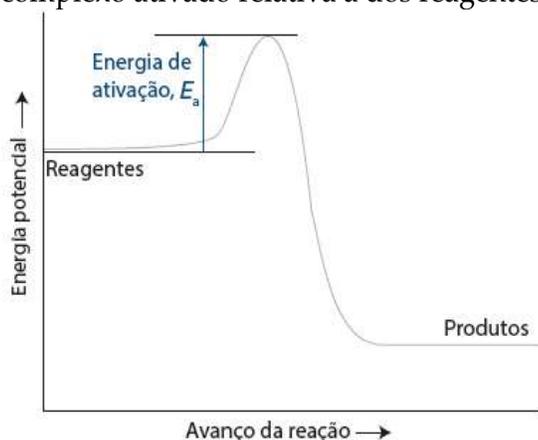
Figura 3 - Na teoria de colisões para as reações químicas em fase gasosa, a reação ocorre quando duas moléculas colidem, mas apenas quando a colisão é suficientemente vigorosa. (a) Uma colisão sem energia suficiente: as moléculas colidem e se afastam inalteradas. (b) Uma colisão suficientemente energética leva à reação.



Fonte: Atkins, 2024, p.221.

Na **teoria do estado do complexo ativado** supõe-se que, quando os reagentes se aproximam, sua energia potencial aumenta e alcança um máximo, que corresponde à formação de um complexo ativado (um aglomerado de átomos) e depois diminui pelo rearranjo dos átomos. O ponto mais alto da energia potencial é quando as moléculas dos reagentes chegam a um grau de proximidade e distorção de modo que qualquer distorção adicional leva em direção aos produtos. A Figura 4 apresenta a energia potencial com a formação do complexo ativado. Um complexo ativado não é um intermediário da reação, que pode ser isolado e estudado como uma molécula comum

Figura 4 - O gráfico representa o perfil de reação considerado na teoria do complexo ativado. A energia de ativação é a energia potencial do complexo ativado relativa à dos reagentes.



Fonte: Atkins,2024, p. 223.

3. Concentração molar: um aumento na quantidade dos reagentes (número de moléculas por unidade de volume) pode aumentar a probabilidade de colisões entre os reagentes, promovendo aumento da velocidade da reação. A velocidade de uma reação é proporcional às concentrações molares dos reagentes, elevadas a expoente igual aos seus coeficientes, na equação química representativa da etapa limitante. (Fiorotto, 2014 p.128).

Observação: Neste experimento tomar cuidado porque o fator diluição é importante, e aumentar o comprimido em pouca água pode afetar a diluição. O professor deve lembrar que os dois reagentes da reação estão no comprimido, sendo a água apenas empregada para solubilizar os reagentes. Deve fazer o experimento e verificar qual o volume de água é o melhor para visualizar o efeito da superfície de contato, lembrando que o foco é a rapidez e não a quantidade de gás desprendido.

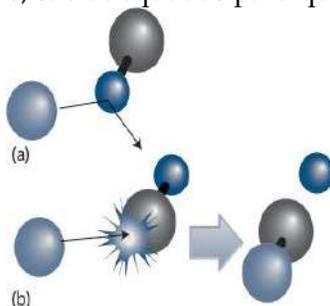
Outra discussão que o professor pode conduzir, neste momento, para a elaboração conceitual, é solicitar aos estudantes

que forneçam representações e explicações para verificar o entendimento destes sobre o termo colisão efetiva. A partir das respostas, o conceito de colisão efetiva pode ser sistematizado.

As moléculas necessitam de uma energia mínima para que possam reagir. Os químicos veem isso como uma barreira de energia que deve ser superada pelos reagentes para que uma reação ocorra (Kotz, 2016, p.641). Somente isso basta para que ocorra uma colisão efetiva?

As moléculas devem colidir com uma orientação específica para que as ligações químicas sejam quebradas e formadas. Nem todas as colisões levam a uma reação efetiva devido a esse requisito de orientação. Veja o exemplo de uma colisão não efetiva e uma colisão efetiva apresentado na Figura 5.

Figura 5 – d A energia não é o único critério para uma colisão reacional bem-sucedida, pois a orientação relativa também pode exercer um papel. (a) Nessa colisão, os reagentes se aproximam com uma orientação relativa inadequada e a reação não ocorre, embora haja energia suficiente para tal. (b) Nessa colisão, ambos, a energia e a orientação, são adequadas para que a reação ocorra.



Fonte: Atkins,2024, p. 222.

Relembrando as observações dos procedimentos 1, 2 e 3 novas questões podem ser introduzidas pelo professor:

a. Nos três primeiros procedimentos foram utilizados água e comprimido efervescente. O que houve de diferente nas três

amostras trabalhadas nestes experimentos? Analisem, brevemente, os fatores que afetam a taxa de colisões efetivas de uma reação.

b. Caso preferiam, podem desenhar, usando o modelo atômico de Dalton, o que observaram em cada béquer.

c. Observe a Figura 6 que representa a seguinte reação e assinale com qual experimento está relacionada

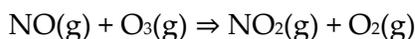


Figura 6 - o efeito da concentração na frequência das colisões moleculares.

(a) 1 NO : 16 O₃ - 2 colisões /segundo. (b) 2 NO : 16 O₃ - 4 colisões /segundo. (c) 1 NO : 32 O₃ - 4 colisões /segundo.

Uma única molécula de NO, que se move entre as 16 moléculas de O₃, é mostrada colidindo com duas delas por segundo.

Se duas moléculas de NO movem-se entre 16 moléculas de O₃, prevemos que quatro colisões NO—O₃ ocorram por segundo.

Se o número de moléculas de O₃ for dobrado (para 32), a frequência das colisões NO—O₃ também será dobrada, para quatro por segundo.

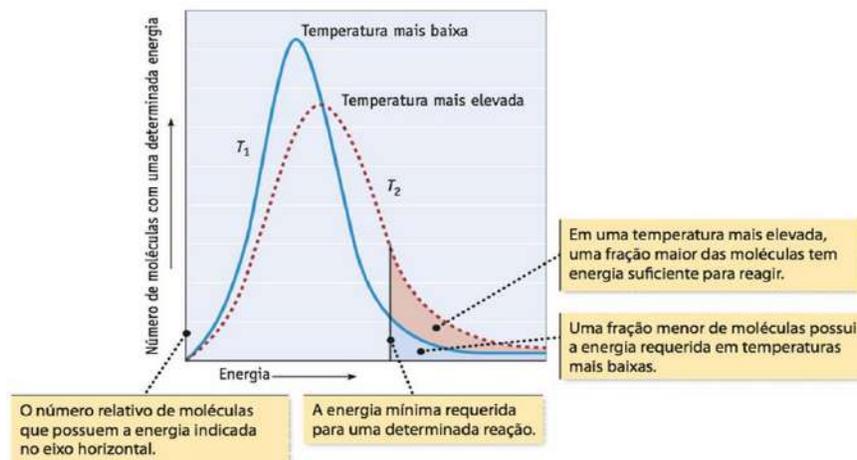
Fonte: Kotz, 2016, p. 640.

Notem que, neste caso, é possível propor que a velocidade da reação está relacionada principalmente ao número de colisões, que, por sua vez, está relacionado às suas concentrações (Kotz, 2016). Com o procedimento 3, pode-se fazer essa constatação.

d. No procedimento 2, notou-se que em um béquer o comprimido efervesceu mais rápido. Qual fator influenciou a velocidade da reação? Lembre-se que em um dos copos temos água quente e no outro copo temos água gelada. Qual a relação da temperatura com a taxa de colisões efetivas de uma reação?

Como suporte utilizem a imagem da Figura 7.

Figura 7 - curva de distribuição de energia.



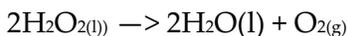
Fonte: Kotz, 2016, p. 242

O aumento da temperatura fornece mais energia cinética às moléculas, aumentando a probabilidade de colisões efetivas, com energia suficiente para superar a energia de ativação, favorecendo a formação de produtos.

Interpretados os três primeiros procedimentos, podemos pensar no quarto procedimento que envolveu o uso da batata crua como catalisador, ou seja, acelera a reação química sem participa. No procedimento 4, é evidente que o catalisador, no caso a batata, influencia na velocidade da reação. O que aconteceu em cada béquer, desse experimento, em que havia batatas?

Esta pergunta pode ser utilizada para ressaltar aos alunos a função da batata. Os pedaços de batata têm ação catalisadora e, portanto, não reagem com a água oxigenada, conforme demonstrada na equação química 2. A compreensão da situação representada por meio equação química de decomposição da água oxigenada, pode ser visualizada no béquer sem as batatas, notando que a reação ocorre de modo mais lento, ou seja, há vagarosamente a formação de bolhas de O_2 .

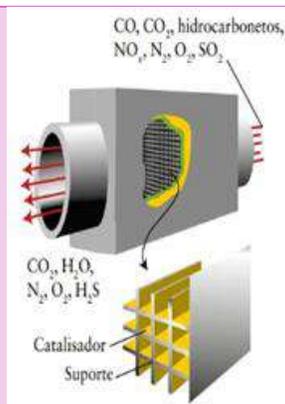
Equação Química 2



Nesse momento, podem apresentar a definição inicial de catalisadores: “Catalisador é uma substância que aumenta a velocidade de uma reação química, mas não é consumida pela reação” (Ball, 2006).

Mediação: o professor pode mais adiante, quando abordar o mecanismo das reações químicas, (explicar que as reações têm sequência de etapas, rápidas e lentas) relacionar os catalisadores à energia de ativação dando então a seguinte definição: catalisador é uma substância que cria um caminho diferente para a ocorrência de uma reação química, um caminho com energia de ativação mais baixa, aumentando, por isso a velocidade da reação. (Ball, 2006, p.836).

Cinética química aplicada: A exemplo, os automóveis usam catalisadores para garantir a combustão rápida e completa do combustível que não foi queimado nos cilindros. A mistura de gases expelidos de um motor inclui também monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados e óxidos de nitrogênio. Esses compostos podem ter aceleração da reação química (oxidação do CO e redução dos NOx) pelos catalisadores, contribuindo com a diminuição da poluição do ar. Os catalisadores automotivos são microporosos heterogêneos que com grande área superficial e especificidade, a exemplo, contém as zeólitas, com estruturas tridimensionais e canais hexagonais ligados por túneis que, retêm os óxidos de nitrogênio e os reduzem a nitrogênio, um gás inerte. Outro composto diferente absorve os hidrocarbonetos incompletamente queimados e os oxida o dióxido de carbono.



Fonte: Atkins, 2018, p. 235.

Em seguida, o professor pode problematizar o efeito catalisador a partir das seguintes questões:

i. Os catalisadores não são consumidos na reação e não alteram o equilíbrio da reação. *ou seja, de acordo com o que foi observado no procedimento 4, qual das substâncias possui essa característica?*

ii. A equação química abaixo representa a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio, conhecido comercialmente como água oxigenada. Em um sistema aberto essa decomposição ocorre espontaneamente, porém de forma lenta.



Existem três tipos genéricos de catálise, dependendo da natureza da espécie que causa o aumento da velocidade: catálise heterogênea, catálise homogênea e catálise enzimática (Chang, 2010).

Como base conceitual para esta parte do experimento, discutiremos sobre a catálise enzimática, na qual a enzima atua como catalisadores biológicos. *De acordo com essa informação, o que foi utilizado como catalisador no procedimento 4?*

A batata é um tubérculo, ou seja, tem origem vegetal. Ela contém uma enzima, denominada catalase. Enzimas são

substâncias produzidas pelos seres vivos, de natureza proteica e coloidal, que aceleram reações de interesse ao metabolismo do próprio ser vivo. Devido a essa função de acelerar as reações, entende-se que as enzimas são, portanto, catalisadores (Fiorotto, 2014). No caso, a catalase enzima presente na batata é a responsável por aumentar a velocidade da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio. Isso, sem fazer parte do sistema reacional, como qualquer catalisador.

Momento 3: Sistematização do experimento segundo os níveis de conhecimento químico

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
Nos procedimentos é possível observar que a liberação de gás (bolhas) ocorre em tempos diferentes.	$3 \text{ NaHCO}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{ CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7(\text{aq})$ $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$ Representações dos alunos em nível microscópico (modelo de Dalton – bolinhas) em cada experimento	- Reações Químicas - Teoria das colisões e teoria do complexo ativado - Fatores que influenciam a velocidade da reação. - Catalisadores

As práticas com materiais acessíveis propostas neste guia e a sistematização dos três níveis de conhecimento permitem que os estudantes ampliem e apliquem o aprendido sobre velocidade de reações para outras transformações químicas do seu cotidiano, como a combustão, a fermentação, a formação de ferrugem, escurecimento de frutas, decomposição de plásticos, entre outras.

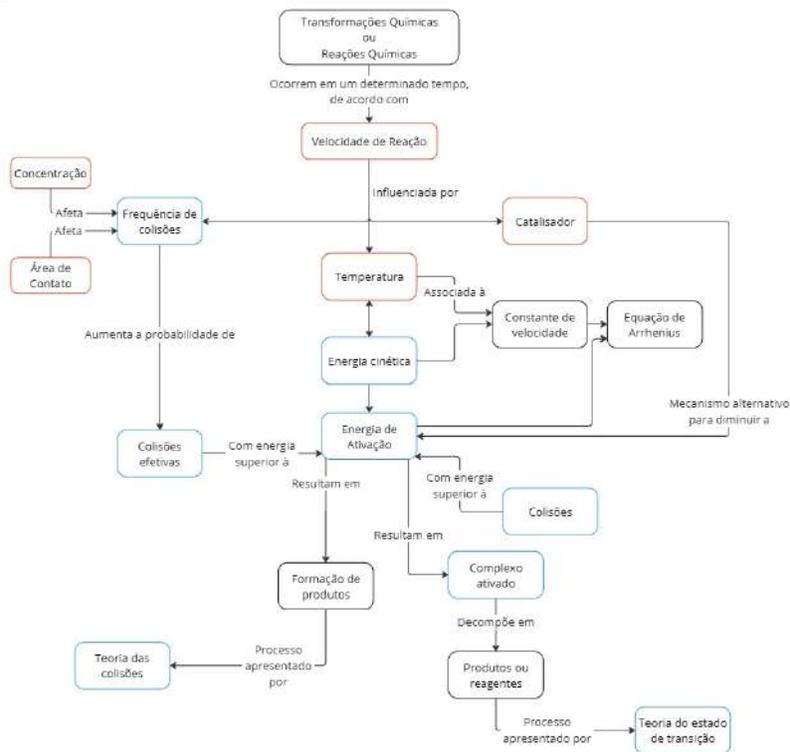
Parte 3 – Mapa Metaconceitual

O mapa metaconceitual (Maldaner, Costa-Beber, Machado, 2012) que aqui apresentamos refere-se ao planejamento didático para elaboração do guia experimental. Em outros termos, em nosso planejamento didático, tendo como objetivo abordar os fatores que interferem na velocidade das reações, quais caminhos poderíamos propor para orientar o raciocínio dos alunos na interpretação do fenômeno a ser analisado?

Nesse sentido, organizamos o mapa da seguinte maneira: i) em vermelho, os conceitos que queremos ensinar e que são o objetivo da aula; ii) em azul, os conceitos que precisam ser introduzidos e que se relacionam com o conceito objetivo de aula; iii) em preto, os conceitos que os alunos já deveriam conhecer e que precisam ser retomados.

Ressaltamos que este mapa metaconceitual é diferente do conceitual porque ele é construído a partir de operações metacognitivas, ou seja, no planejamento didático do guia experimental, qual é a organização conceitual pensada pelo professor para ensinar determinado conteúdo e não pelos conceitos que estruturam os diferentes componentes curriculares. Isso é importante, como exercício para que o professor planeje seu ensino de forma consciente, e proponha caminhos para orientar o pensamento dos alunos a partir das relações conceituais que podem ser por eles estabelecidas.

Figura 8 – Mapa Metaconceitual



Fonte: Os autores.

Para Saber Mais

LEAL, R. C., MONTEIRO, E. A. D. S., NASCIMENTO, T. L. D. A. B. e NETO, J. M. M. Explorando a cinética química através da queima de uma vela. *Educación Química*, v. 25, n. 2, p. 93-96, 2014.

Neste estudo, os autores estudam o processo de queima de uma vela em dois ambientes distintos e levantamos a cinética do mesmo. Partindo de um caráter investigativo são discutidos fundamentos da cinética química e dos fatores que afetam as reações químicas.

MARTORANO, S. A. D. A.; DO CARMO, M. P. e MARCONDES, M. E. R. A História da Ciência no Ensino de Química: o ensino e aprendizagem do tema cinética química. *História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces*, v. 9, p. 19-35, 2014.

As autoras buscam apresentar e discutir o tema cinética química, tendo-se como orientação o desenvolvimento histórico desse tema. Também são discutidos aspectos didáticos como, por exemplo, as dificuldades no ensino e aprendizagem desse tema no ensino médio.

Referências

AMARAL, E.; ANTUNES-SOUZA, T.; FIRME, R. **Construindo o novo ensino médio: projetos interdisciplinares de química**. São Paulo: Editora do Brasil, 2022.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química, questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5ª Ed, Bookman Companhia Ed., 2011.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7th ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

ATKINS, P. **Físico-Química - Fundamentos**, 6ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2017. E-book. p.221. ISBN 9788521634577. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521634577/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BALL, D. W. **Físico-química**. Volume 2. São Paulo: Pioneira. Thonson.2006.

CHANG, R. **Química Geral: Conceitos Essenciais**. 4ªed.; São Paulo; McGraw-Hill; 2010.

FIOROTTO, Ni. R. **Físico-Química - Propriedades da Matéria, Composição e Transformações**. Rio de Janeiro: Érica, 2014. E-book. p.2. ISBN 9788536519739. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519739/>. Acesso em: 19 dez. 2024.

KOTZ, J. C.; TREICHEL Jr., P. M.; TOWNSEND, J. R.; TREICHEL, D. A. **Química geral e reações químicas**. 9.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016. v.2. 639-642 p.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. P.; MALDANER, O. (Orgs.) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 231-261, 2019.

MALDANER, O. A.; COSTA-BEBER, L.; MACHADO, A. R. Desenvolvimento e Aprendizagem de Conceitos Biofísicoquímicos em Uma Situação de Estudo: mapa conceitual e metaconceitual como instrumentos de investigação. **Alexandria (UFSC)**, v. 5, p. 85-111, 2012.

ZHAO, D.; WANG, L. **Applications of Nanotechnology in Environmental Remediation**. Environmental Nanotechnology (pp. 143-179). Elsevier. 2018.

Materiais de baixo custo na Atividade experimental: o exemplo do guia “Chuva Ácida”

Simone A. A. Martorano¹

Gabriel Ferreira Rocha²

A proposta inicial desse livro foi a de que juntos, professores da escola básica, da universidade e licenciandos em ciências, produzissem guias experimentais para o ensino de química, mas não foi só isso que aconteceu, como observamos nos capítulos dessa obra. Podemos conhecer, durante a leitura, um pouco da vivência que esses autores tiveram com as atividades experimentais, perceber, além do que a área de ensino de ciências aponta, que as atividades experimentais (AE) são importantes para auxiliar no aprendizado de conceitos, que elas também proporcionam uma visão mais realista da ciência, um maior interesse pela ciência química, além do maior envolvimento dos estudantes na realização dessas atividades. Os professores da escola básica relatam até mudanças em suas estratégias de ensino, após refletirem sobre os resultados das AE em suas aulas.

Um outro aspecto que podemos também considerar, nas práticas experimentais propostas nestes guias, está relacionado a escolha dos materiais e reagentes desses experimentos. Muitos deles, que foram utilizados nos guias experimentais dessa obra, são de fácil acesso aos professores da escola básica. Contudo, embora algumas das escolas em que os professores atuam possuem

¹ Doutora em ensino de Química pela Universidade de São Paulo. Professora Adjunta e Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PECMA) da Universidade Federal de São Paulo. E-mail: simone.martorano@unifesp.br.

² Licenciado em Ciências - trajetória de Química pela Universidade Federal de São Paulo, *campus* Diadema. Professor de ensino fundamental e ensino médio em colégio particular da cidade de São Paulo. E-mail: gabrieltrab12@gmail.com.

laboratórios, ou espaços para a realização das AE, essa não é a realidade do nosso país. É possível notar pelos índices de infraestrutura do censo escolar, feito pelo INEP em 2020, que apenas 9% das instituições de ensino básico do Brasil apresentam laboratórios de ciências, mas se forem analisadas as zonas rurais, o índice é ainda pior, apenas 2% delas apresentam laboratório (QEDU, 2021), o que caracteriza total falta de democratização do ensino por meio de atividades experimentais.

Uma forma de contornar essa falta de estrutura para a realização de atividades experimentais, seria a substituição de materiais e reagentes químicos, por materiais de baixo custo e que são facilmente encontrados no cotidiano das pessoas.

Um exemplo de proposta de experimento, que tem essa preocupação, de usar materiais de baixo custo foi o guia experimental desenvolvido por Rocha e Martorano (2022). Para a elaboração do roteiro experimental investigativo “Chuva Ácida” foram seguidas algumas etapas. A primeira consistiu na leitura e identificação de assuntos envolvendo a química na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em seguida foram pesquisados experimentos relacionados ao tema, logo em seguida foi elaborado um roteiro adaptando tanto a proposta para uma abordagem investigativa quando os materiais para serem de baixo custo.

O tema identificado pelos autores na BNCC foi a formação da chuva ácida e as consequências para o meio ambiente, esse assunto é trabalhado no ensino médio dentro da área de química ambiental que corresponde a habilidade EM13CNT206.

“Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.” (BASE, 2017, p. 557).

Logo após essa escolha, os autores adaptaram o experimento de 2013 do GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação Química) que utiliza muitos materiais de baixo custo, mas apresenta como um item caro o papel tornassol azul que indica a mudança do pH do meio.

Por isso mudanças giraram em torno da substituição do papel de tornassol azul por um indicador de pH caseiro feito com extrato de repolho roxo e papel filtro. Essa adaptação resultou no esquema apresentado na figura 1 e no procedimento, apresentado a seguir, onde podem ser observados os materiais do cotidiano que foram utilizados.

Figura 1 - Esquema para a simulação da chuva ácida em um ambiente fechado.



Fonte: próprios autores.

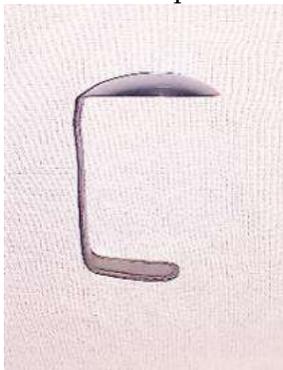
Procedimento - Materiais e reagentes:

- 1 Pote de vidro com tampa;
- 1 Colher de sopa de metal;
- 1 Arame ou fita Hellermann;
- 1 Pregos;
- 1 Martelo;
- Fita isolante;
- 2 Pétalas de rosa vermelha;
- Cerca de 30mL de água;
- Enxofre (encontra-se em farmácia ou em casa de ração);
- 1 Indicador de Ph de repolho roxo;
- 1 Pinça;
- 1 Vela;
- 1 Caixa de palitos de fósforo.

Etapa 1: O professor deve pedir com antecedência para os alunos se dividirem em grupos de 2- 5 alunos dependendo do tamanho da turma e em grupo montem o seguinte aparelho:

- Entorte a colher deixando em formato de U de acordo a Figura 2.

Figura 2: Formato da colher de sopa.



Fonte: próprios autores.

- Em seguida, com o auxílio de um prego e martelo, faça dois furos na tampa do pote de vidro na mesma direção com uma distância de 1,5 cm ou a largura do cabo da colher de sopa conforme a figura 3.

Figura 3: Furos na tampa do pote.



Fonte: próprios autores.

- Após isso passe pelos furos o arame ou a fita Hellermann para prender a colher na tampa, assim como na Figura 4.

Figura 4: Passagem da fita Hellermann ou arame.



Fonte: próprios autores.

- Por fim passe fita isolante ou durepox por cima dos furos para fechar o sistema, como mostrado na Figura 5.

Figura 5: Fechamento do sistema.



Fonte: Próprio Autor

- Encaixe a colher no arame a feche o pote com a colher pendurada. Na figura 1 é possível notar a existência de um espaço que deve ser deixado entre a colher e o fundo do pote.

Etapa 2: Explicar aos alunos o seguinte procedimento que será realizado:

- Acenda a vela.

- Após isso coloque dentro do pote uma pétala de flor.
- Em seguida com o auxílio da colher de chá adicione uma pequena quantidade de enxofre (figura 6) dentro da colher de sopa.

Figura 6: Quantidade de Enxofre



Fonte: próprios autores.

- Depois coloque a colher contendo o enxofre em cima da vela até que solte bastante fumaça ou até que se espalhe uma chama pelo enxofre.

- Feche o pote com a colher presa à tampa e espere por 5 minutos.

- Em seguida abra o pote em um lugar arejado e retire rapidamente com o auxílio da pinça a pétala e a colher da tampa, tomando cuidado para não respirar a fumaça do pote e feche o pote com a tampa o mais rápido possível

Esse é apenas um exemplo de substituição de materiais que pode ser realizado, deixando o experimento mais acessível e com menor custo, sem comprometer o seu caráter investigativo. Mesmo com as mudanças de materiais, o experimento proporcionou as seguintes questões de investigação:

1 – O que irá ocorrer dentro do pote quando o enxofre for queimado? Por que isso vai ocorrer?

2 – Quais são as mudanças observadas quando o Enxofre foi queimado? Por que elas ocorreram? Você acha que aconteceu uma transformação química?

3 – O que irá ocorrer quando o papel indicador de repolho roxo for colocado na solução? E por quê?

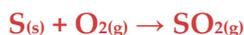
4 – O que ocorreu com o papel indicador de repolho roxo? E por que isso ocorreu? Você acha que foi indicada a presença de uma substância alcalina ou ácida?

5 – Qual a relação do experimento com a natureza?

6 – Como a ação humana colabora para esse problema ambiental?

O que os estudantes podem observar, durante a queima do enxofre, é a formação de um gás e a mudança de cor no papel de filtro com o indicador de repolho roxo e a mudança de coloração da pétala de flor. Para entender o que ocorreu no pote, com a queima do enxofre, em nível microscópico são necessárias as seguintes explicações:

A queima do enxofre presente na colher gerou o óxido ácido de enxofre conforme descrito na reação:



Já o dióxido de enxofre pode reagir com outras moléculas de oxigênio presentes no sistema e formar o trióxido de enxofre, assim como descrito na reação:



Ambos são extremamente agressivos, o que pode ser comprovado pelo desbotamento da pétala. Por fim é acrescentado água no sistema, e ambos os óxidos reagem com a água e formam dois ácidos, o primeiro é o ácido sulfuroso (H_2SO_3), e o segundo é um ácido mais forte, o ácido sulfúrico (H_2SO_4).





E a formação dos ácidos é comprovada com a adição do indicador de pH de repolho roxo que ficou rosa, porque possui em sua estrutura uma molécula da classe das antiocinas, que mudam sua estrutura de acordo com o pH do ambiente, quando em meio ácido mudam sua estrutura e revelam a cor rosa, e em meio básico mudam a estrutura e revelam a cor verde.

O experimento está relacionado com a Chuva ácida. A chuva naturalmente é ácida, com pH em torno de 5,6 por causa do dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera que reage com a água e forma o ácido carbônico conforme a reação:



Mas para a chuva ser caracterizada como ácida ela deve possuir um pH menor que 5,6, o que ocorre principalmente pelo aumento da concentração de óxidos de nitrogênio e de enxofre na atmosfera, e como são óxidos ácidos eles reagem com a água da chuva tornando então a chuva ácida.

A emissão de óxidos de enxofre é gerada pela queima de combustíveis fósseis, como a gasolina, o carvão e o óleo diesel, esses dois últimos são os principais causadores, por isso o ser humano deve adotar o uso consciente dos transportes movidos a esses combustíveis.

Já os efeitos da chuva ácida são diversos, entre eles vale destacar os danos causados a florestas, porque a elevada acidez da chuva causa necrose das folhas, como foi possível observar pela pétala, além disso, também ocorrem danos a água dos lagos, que precisa de pH entre 6,5 e 7, e quando há a redução desse pH ocorre acidificação dos lagos, que mata larvas, algas e insetos, além de causar intoxicação na maioria das espécies de peixes, o que os leva ao óbito.

Por fim, vale destacar também causa danos ao ser humano, que respira os óxidos de enxofre, e esse por sua vez, reagem com a água

do corpo e formam os ácidos, que causam problemas desde coriza até danos irreversíveis aos pulmões. Em 1952 na cidade de Londres aproximadamente 4000 pessoas morreram como consequência da queima de carvão nas casas e nas indústrias da região.

Podemos então sistematizar esse experimento “Chuva ácida” segundo os níveis de conhecimento químico:

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual
Formação de um gás, a mudança de cor no papel de filtro com o indicador de repolho roxo e a mudança de coloração da pétala de flor.	$\text{S}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{SO}_{2(g)}$ $\text{SO}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{SO}_3$ (g) $\text{SO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow$ $\text{H}_2\text{SO}_3_{(aq)}$ $\text{SO}_{3(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow$ $\text{H}_2\text{SO}_4_{(aq)}$ $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow$ $\text{H}_2\text{CO}_3_{(aq)}$	Transformação Química Ácido de Bronsted- Lowry Base de Bronsted- Lowry Óxidos Ácidos Escala de pH

Segundo Rocha e Martorano (2022), o desenvolvimento dessas atividades experimentais investigadas, adaptadas com materiais de baixo custo, é um passo para a democratização do ensino por meio da experimentação, principalmente nas zonas mais carentes de recursos financeiros, porque como já foi discutido anteriormente, a experimentação consegue construir uma ponte entre o conhecimento ensinado e mundo cotidiano do aluno, e dessa forma é possível uma aprendizagem significativa em que novos conhecimentos são ancorados aos antigos.

Essa preocupação com o aprendizado de conceitos científicos e com a valorização das atividades experimentais foi o que norteou toda essa obra e esperamos que ela forneça apoio aos professores que entendam a importância que essas atividades possuem na formação social e crítica dos estudantes da escola básica.

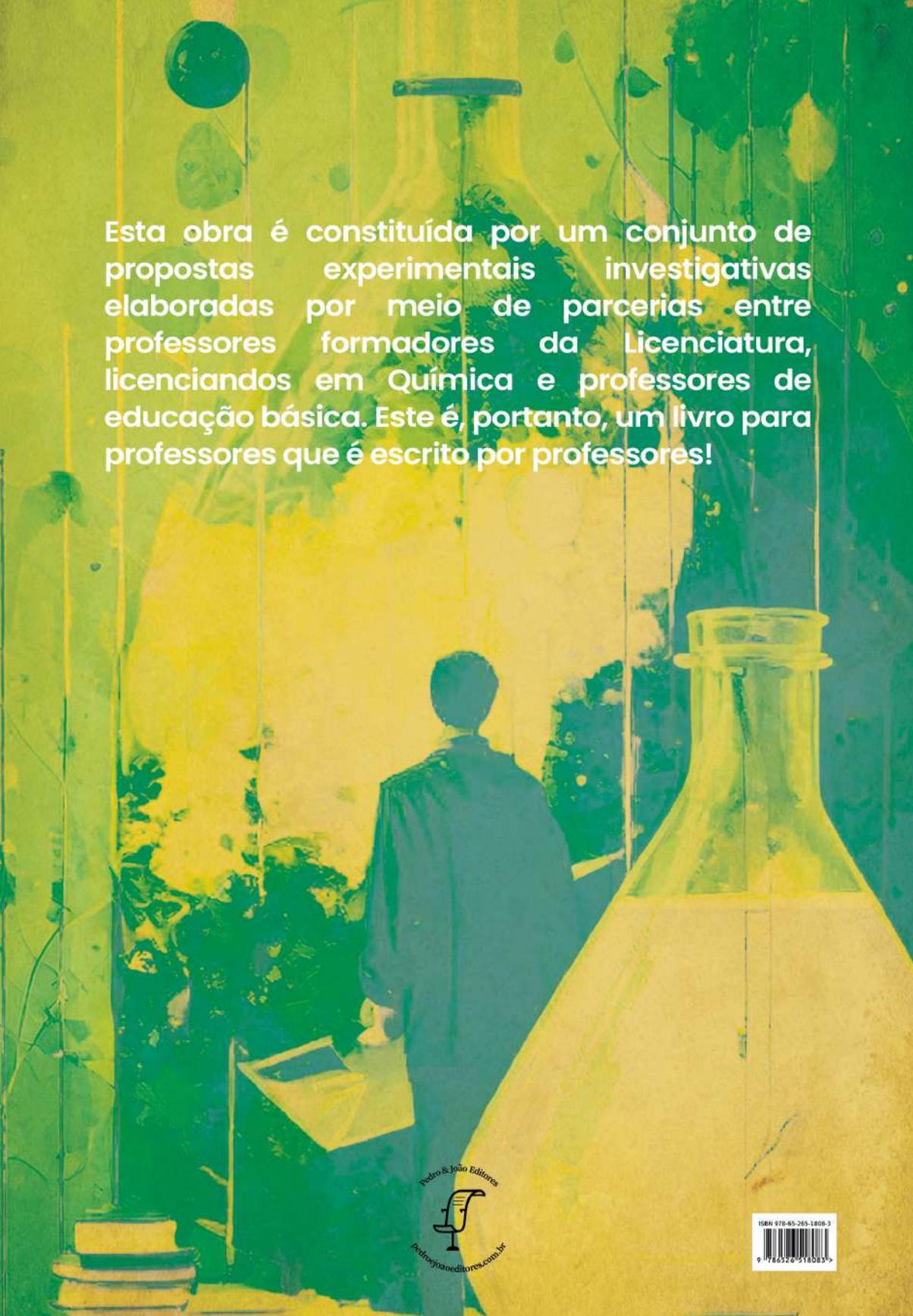
Referências

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. **Ministério da Educação**, Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacional.comum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

Experimentos de Química - Chuva ácida. **GEPEQ - IQ USP**, Youtube. 20 de março de 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9egpauSj0IA&t=202s>. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

MATRÍCULAS e INFRAESTRUTURA. **QEdu**, 2021. Disponível em: https://qedu.org.br/brasil/censo-escolar?year=2020&dependence=0&localization=0&education_stage=0&item=>. Acesso em: 15 de janeiro de 2025.

ROCHA, G. F.; MARTORANO. S.A.A. **Elaboração de Atividades Experimentais Investigativas Adaptadas com Materiais de Baixo Custo**. Monografia para obtenção do título de Licenciatura em Ciências - Química, ao Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema.2022.



Esta obra é constituída por um conjunto de propostas experimentais investigativas elaboradas por meio de parcerias entre professores formadores da Licenciatura, licenciandos em Química e professores de educação básica. Este é, portanto, um livro para professores que é escrito por professores!

Pedro & João Editores



pedrojoaoeditora.com.br

