

Ensino e Aprendizagem de Ligações Químicas: Integrando Experimentação e Tecnologias Digitais

Teaching and Learning Chemical Bonds with Experimentation and Digital Technologies

Taissa T. D. Pontes,^a Juliana R. Kloss,^a Anike A. Arnaud,^b Eloi Feitosa,^c Rosemara P. Lopes,^d Renata D. Adati^{a,*}

^a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Química e Biologia, CEP 81280-340, Curitiba-PR, Brasil

^b Universidade de Santa Cruz, Departamento de Ciências Exatas, Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM), CEP 45662-900, Ilhéus-BA, Brasil

^c Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Departamento de Física, CEP 15054-000, São José do Rio Preto-SP, Brasil

^d Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Educação, CEP 74605-050, Goiânia-GO, Brasil

*E-mail: renataadati@utfpr.edu.br

Submissão: 3 de Dezembro de 2024

Aceite: 14 de Julho de 2025

Publicado online: 22 de Julho de 2025

In teaching chemical bonds, the use of recreational activities and the development of an investigative profile are desirable when seeking to provide training that goes beyond the fixation of content and encourages protagonism in the learning process. Based on this premise, with the aim of promoting student engagement in the process of knowledge construction, we combined pedagogical activities that integrate digital technologies and experimental activity through the development and implementation of a didactic sequence lasting four classes. The participants were first-year high school students from a public school in Curitiba, Paraná state. In this article, we present the results of this experience. Of the proposed approaches, virtual experimentation was the most well-accepted by the students, although its potential was limited by the lack of adequate technological infrastructure at the school.

Keywords: Chemistry teaching; didactic sequence; electrical conduction.

1. Introdução

Há décadas, dificuldades de aprendizagem mobilizam professores e pesquisadores. Na Educação Básica, fatores como evasão escolar impulsionam a busca por alternativas para promover a aprendizagem e uma formação plena para a vida na sociedade democrática. Nesta direção, este artigo focaliza conceitos correlacionados de ligações químicas, polaridade e forças de ligações químicas, relatando situações pedagógicas com tecnologias digitais em que tais conteúdos são abordados. O ensino de ligações químicas é fundamental para se compreender como os átomos se combinam para formar inúmeras substâncias, permitindo, assim, o entendimento da estrutura e das propriedades dos materiais existentes.¹ A utilização de dispositivos e aplicativos digitais para a compreensão de um objeto de conhecimento, como ligações químicas, está alinhada às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC):

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.²

Em função da pandemia de Covid-19 e da consequente necessidade de ministrar aulas remotas, as tecnologias digitais ganharam espaço no processo de ensino e aprendizagem escolar. Na educação, tais tecnologias podem contribuir em maior ou menor medida, dependendo de como são utilizadas e das finalidades de uso, entre outros fatores, possibilitando a proposição e o teste de hipóteses, argumentação, compreensão do método científico e o desenvolvimento de habilidades para obtenção e análise de dados experimentais.³

Em si mesma, uma tecnologia não representa inovação ou promove mudança. Essa prerrogativa é do professor, que planeja o ensino a partir de elementos como o contexto, os alunos e seus conhecimentos, o conteúdo curricular a ser abordado e os objetivos a serem alcançados. Além disso, no processo de ensino e aprendizagem, o investimento em novas tecnologias não se justifica se for para reproduzir métodos tradicionais com uma nova roupagem.⁴

No ensino, tecnologias como as simulações virtuais carregam possibilidades, mas também limites.⁵ Compreende Kenski⁶ que “trabalhar didaticamente com os meios é explorar ao máximo

suas possibilidades e gerar desafios”, sem descuidar da abordagem e da teoria de aprendizagem subjacentes ao ato pedagógico. A experimentação pode ser considerada importante ferramenta na construção do conhecimento químico.⁷ Quando bem planejada, promove participação ativa do aluno, levando-o a desenvolver hipóteses para as problemáticas propostas e despertar o senso crítico.⁸

Por exemplo, em relação aos conceitos de ligação química, ainda que ela não possa ser vista a olho nu, suas propriedades podem ser identificadas empiricamente. Assim, sólidos iônicos (eletrólitos) são maus condutores de eletricidade, mas quando fundidos em solução aquosa, conduzem eletricidade, enquanto sólidos não iônicos (covalentes), nessas mesmas condições, não conduzem eletricidade. Essas características observáveis permitem diferenciar características comuns a ligações iônicas e moleculares de substâncias polares e apolares, como o cloreto de sódio (NaCl) e sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁), respectivamente. Para isso, deve-se considerar que, em meio aquoso, compostos iônicos conduzem eletricidade, enquanto compostos covalentes não a conduzem, exceto quando sofrem um processo de ionização, por exemplo, o ácido sulfúrico (H₂SO₄), que possui dois hidrogênios ionizáveis em sua composição.⁹

Estímulos visuais podem ser percebidos nessas amostras por meio de propriedades físicas, como cor, brilho, solubilidade e condução elétrica. Esta última resulta na passagem de corrente elétrica através de um circuito capaz de acender uma lâmpada. Tais estímulos podem ser explorados em aulas práticas ou laboratoriais (ambiente físico ou virtual), almejando maior envolvimento do aluno.

Desde a década de 1990, há *softwares* que possibilitam simular interações intermoleculares e intramoleculares, ângulos de ligação e geometria molecular do composto de acordo com teorias relacionadas a ligações químicas, por exemplo, as simulações disponíveis no *site PhET Interactive Simulations*, criado e mantido pela Universidade do Colorado.^a A interação do aluno com o *software* varia conforme os atributos deste último, podendo um *software* educacional ser classificado em: programação, modelagem, jogo, simulação virtual aberta, simulação virtual fechada e tutorial.¹⁰ Diferentes *softwares* têm potenciais distintos para promover aprendizagem, cabendo ao professor identificá-los e avaliá-los quanto aos aspectos estéticos, técnicos e pedagógicos.¹¹

A adoção de meios digitais no ensino exorta a refletir sobre o papel do professor, que deixa de ser “transmissor do saber” para se tornar mediador da aprendizagem, estimulando o aluno a atuar ativamente na construção do conhecimento.¹² Para os alunos, aulas com tecnologias são atrativas e empolgantes, embora, muitas vezes, mal compreendidas e confundidas com recreação ou entretenimento. Dependendo do uso, o *software* pode tornar a aula mais interativa, contribuindo para maior engajamento e motivação do aluno.¹³ O uso de um *software* abrange intencionalidade, abordagem pedagógica e condições materiais, portanto inclui finalidades e contexto.

O relato de experiência apresentado neste artigo reuniu experimentação presencial e virtual no processo de ensino e aprendizagem de ligações químicas, por meio de uma sequência didática elaborada com o objetivo de promover o engajamento do aluno no processo de construção do conhecimento.

Em uma pesquisa recente, Lunkes *et al.*¹⁴ evidenciam a importância das aulas experimentais e do uso de tecnologias no ensino de Química. Os resultados obtidos pelos autores mostram grande desinteresse dos alunos pelo estudo de Química, sendo este fator interligado à ausência de tecnologias e à necessidade de melhoria das aulas práticas, além da falta de correlação entre o conteúdo ensinado na escola e o cotidiano vivenciado pelo aluno. No que diz respeito às tecnologias, Neves e Santos¹⁵ analisaram as potencialidades de experimentos virtuais como facilitadores no ensino de Química, concluindo-se que os mesmos atuaram como motivadores, possibilitando a interação dos estudantes, que podem participar de forma mais ativa na construção de seu conhecimento.

Diferentemente de abordagens que se limitam à integração de vídeos demonstrativos ou experimentações isoladas nas aulas, a proposta deste artigo inclui diferentes recursos didáticos em uma sequência estruturada, articulando o uso de tecnologias digitais com atividade prática presencial. A seguir, são relatados os experimentos realizados nos ambientes virtual e presencial, seguidos de considerações sobre o exposto.

2. Contexto e Organização da Sequência Didática

A sequência didática foi planejada para ter duração de quatro aulas de cinquenta minutos cada, com uma turma de aproximadamente trinta alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual de Curitiba, no estado do Paraná. A escola, localizada em uma região periférica da cidade, atende majoritariamente estudantes de famílias em situação de vulnerabilidade socioeconômica e oferece ensino integral para a comunidade local. Na ministração das aulas foram utilizados os laboratórios de Informática e de Ciências e a sala de aula. Os alunos receberam orientação para a manipulação dos experimentos real e virtual, na identificação e no uso dos materiais durante a aula prática e das funcionalidades a serem exploradas no *software*.

As atividades realizadas foram organizadas de modo a favorecer uma progressão contínua de ideias, alinhando teoria e prática, como segue:

1. roda de conversa com o levantamento de hipóteses por meio de vídeos que apontam perigos da corrente elétrica;
2. atividade com uso de experimento virtual do *site PhET Interactive Simulation*;
3. prática experimental em ambiente físico;
4. aula teórica com apresentação de conceitos químicos aceitos pela comunidade científica.

As atividades práticas identificadas acima são aqui concebidas como teórico-práticas. Juntas elas compõem uma sequência didática fundamentada nos pressupostos teóricos de Zabala.¹⁶

3. Aprendendo com a Simulação Virtual de um Experimento Real

Segundo a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (Abracopel), em 2023, foram registrados 2.089 acidentes elétricos, dos quais 781 resultaram em óbitos.^b Desse total, 210 ocorreram em residências. A título de problematização, expusemos aos alunos alguns vídeos curtos,^c com duração de até cinco minutos, disponíveis na plataforma YouTube, sobre os perigos da corrente elétrica.

Dando continuidade, convidamos os alunos a relatarem situações que geram acidentes domésticos, levantar hipóteses e apresentar argumentos capazes de explicar os riscos da eletricidade. Foram feitas algumas indagações, como “Por que não é recomendado permanecer em rios e mares em dias de tempestade?”, obtendo-se da turma uma resposta uniforme: “A água puxa o raio, porque ela conduz eletricidade”. Esse *feedback* possibilitou utilizar na aula a relação que os alunos estabeleceram entre o os riscos de acidente e as características da água do mar quanto à condução de corrente elétrica. Posteriormente, esse mesmo argumento, “A água puxa o raio”, foi retomado em aula teórica, para que pudesse ser revisto sob um novo olhar, a partir de argumentos aceitos cientificamente e relacionados aos experimentos realizados.

Feita a problematização inicial, passamos a um experimento virtual do *site PhET Interactive Simulations*. Nossa escolha considerou o fato de se tratar de uma plataforma de acesso irrestrito, com possibilidade de uso de simulações tanto *online* quanto *offline*, compatíveis com os sistemas operacionais das escolas da Educação Básica e também utilizáveis em dispositivos móveis.

A simulação virtual selecionada, “Solução de açúcar e sal”^a, aborda conteúdos de ligações químicas de duas substâncias (cloreto de sódio e sacarose) e condução elétrica. Por meio da comparação da propriedade de condução elétrica em solução aquosa contendo sal ou açúcar. A simulação possibilita compreender o comportamento dessas substâncias, respectivamente condutora e não condutora de eletricidade em água. Para isso, a simulação contém um circuito elétrico na cuba de água (Figura 1), permitindo a comparação do comportamento das substâncias (água, cloreto de sódio e sacarose) em escala macroscópica, facilitando, por exemplo, compreender o porquê de a água se tornar um condutor de eletricidade na presença do sal, mas não na presença do açúcar. As imagens visualizadas simulam o comportamento de dissociação apenas do sal em íons, sendo, portanto, atribuído caráter polar ao sal e apolar ao açúcar. Assim, esse recurso possibilita comparar o efeito do cloreto de sódio (NaCl) e da sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) na condução elétrica da água, através de um circuito elétrico simples.

A diferença de potencial elétrico da bateria possibilita acender a lâmpada, quando o circuito elétrico é fechado pela adição do composto iônico, sal de cozinha, à água na cuba. A simulação virtual mostra que água pura e água contendo sacarose não acendem a lâmpada, ao contrário da água com cloreto de sódio, que libera íons para a solução, tornando-a condutora de eletricidade. Sob tais condições, é possível verificar que, quanto mais intensa a luminosidade da lâmpada, maior a corrente elétrica no circuito e maior a concentração de íons, o que não ocorre em função da adição de sacarose, mesmo em maior quantidade.

Esse procedimento permite simular o comportamento do sal e do açúcar em água quando sujeitos a uma diferença de potencial. Nessa condição, o movimento ordenado dos íons gera eletricidade resultando em alteração na luminosidade da lâmpada no circuito elétrico (Figura 1). Apesar de o fenômeno simulado por si só não esclarecer o tipo de ligação desses compostos, é um indicativo

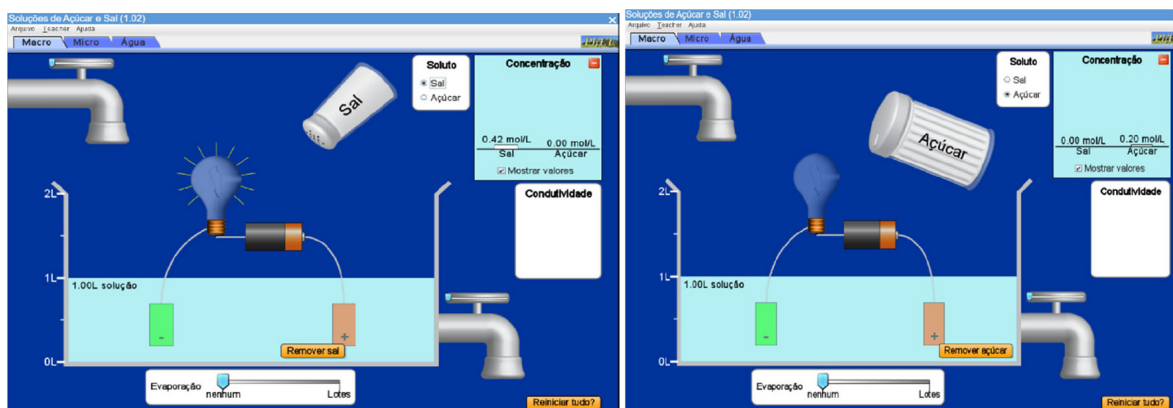


Figura 1. Imagens macroscópicas da simulação “Soluções de Açúcar e Sal” do PhET Interactive Simulations, mostrando o circuito elétrico montado para detectar, através da variação da luminosidade da lâmpada, a condução elétrica da água na presença do sal (à esquerda), mas não do açúcar (à direita), pois a lâmpada acende apenas na presença do sal, condutor de eletricidade. Na ausência desses compostos, ou seja, em água pura, a lâmpada não acende, indicando que água pura funciona como isolante (Imagens obtidas do PhET Interactive Simulations^a)

de que a ligação química do cloreto de sódio envolve íons e que as ligações químicas da sacarose não, ou seja, esses compostos são formados, respectivamente, por ligações iônicas e covalentes. O comportamento que indica a ionização do sal pode ser simulado no modo “Micro” da simulação, evidenciando também o fenômeno de solvatação, que ocorre devido a interações intermoleculares do tipo íon-dipolo. Em contrapartida, o mesmo comportamento não é identificado para a solução contendo açúcar, como mostra a Figura 2.

A simulação “Soluções de açúcar e sal” não quantifica o valor da corrente elétrica, porém, o PhET disponibiliza outras simulações, como o “Kit para Montar um Circuito DC”^d, que possibilita medir valores da corrente e da tensão elétrica através de circuitos elétricos. Ressalvadas suas limitações, como a ausência de algumas variáveis experimentais presentes em ambientes reais, essas simulações podem ser exploradas conjuntamente com a disciplina de Física, favorecendo a interação entre disciplinas e reduzindo a histórica fragmentação dos saberes.

Após análise das propriedades das substâncias observadas durante o manuseio do *software* (cloreto de sódio e sacarose), os alunos preencheram a planilha mostrada no Quadro 1.

Tendo como objetivo a aprendizagem de propriedades do cloreto de sódio (NaCl) e da sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁) em água, os alunos acessaram e exploraram a simulação “Soluções de

açúcar e sal” na plataforma PhET.^a Após realizarem testes de condução elétrica do sal e do açúcar em água, utilizando um esquema similar ao mostrado na Figura 2, os alunos anotaram na planilha comentários como “O sal acendeu a lâmpada, então ele tem algum negócio diferente do açúcar” e “A sacarose tem menos propriedades do que o sal, porque ela não conseguiu acender a lâmpada”, indicativos de que tiveram a percepção da existência de materiais que facilitam e de outros que dificultam a passagem da corrente elétrica. Ou seja, em água, os componentes (íons) do sal são eletricamente carregados, enquanto os do açúcar não são. Segundo Mortimer e Scott, essas formulações indicam que os alunos estão tentando construir significados com base em observações e experiências prévias - ainda que utilizando linguagem informal.¹⁷

Na sequência, os alunos variaram a quantidade do sal, do açúcar e da água, verificando se a lâmpada do circuito acendia e se a sua luminosidade variava com a concentração desses compostos. Ao aumentar a quantidade de sal adicionado, ou diminuir o volume de água do recipiente contendo NaCl, os alunos perceberam aumento na luminosidade da lâmpada. A partir dessa percepção, os alunos anotaram dados na planilha de registro, por exemplo, “aumentou a quantidade de sal na água e a luz também aumentou, acho que quanto mais sal, tem mais energia”. Desse modo, constatamos que eles identificaram influência da concentração do sal na corrente elétrica e na intensidade

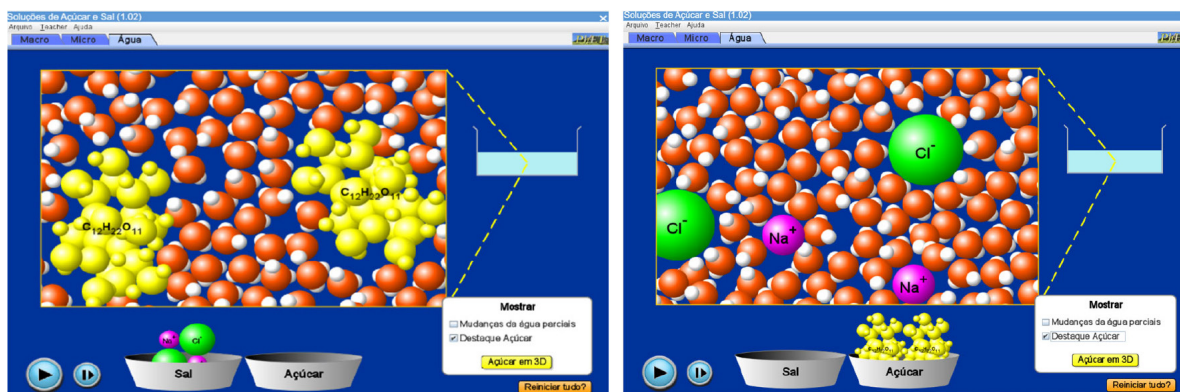


Figura 2. Imagens da simulação “Soluções de açúcar e sal” do PhET *Interactive Simulations* simulando representações moleculares da água e íons de sódio e de cloro (à esquerda) e da água e sacarose não ionizadas (à direita) (Imagens obtidas do PhET *Interactive Simulations*^a)

Quadro 1. Planilha de registro de propriedades de soluções aquosas do sal e do açúcar observadas no experimento virtual “Soluções de açúcar e sal” do PhET *Interactive Simulations*

Substância Adicionada à Água	Esta Substância é Solúvel em Água?	Esta Substância em Água Conduz Corrente Elétrica?	Existe Formação de Íons desta Substância em Água?	O Que Acontece com a Luminosidade da Lâmpada quando se Aumenta a Concentração da Substância?
Sal				
Açúcar				

Fonte: Autoria própria

de emissão da lâmpada. Os alunos também observaram que variar a quantidade de água na cuba equivalia a alterar a concentração do soluto (sal e açúcar).

Ainda manipulando a simulação, após analisarem em escala microscópica o comportamento das substâncias em contato com água, os alunos escreveram na planilha observações como “o cloreto de sódio se separa em carga positiva e negativa, mas a sacarose fica sempre junta, pode ser porque ela é uma partícula maior”. A interação com os alunos e os registros fornecidos por eles sugerem que a simulação favoreceu a compreensão de que há compostos que, em contato com água, se dissociam (se “separam”) formando íons com cargas opostas e outros que não se dissociam e, portanto, não formam íons (não se separam). A atividade experimental virtual contribuiu para a compreensão de conceitos, uma vez que, em sala de aula, os alunos relacionaram o observado na simulação a conceitos abordados. A avaliação desses indícios foi realizada qualitativamente com base na observação direta da participação dos alunos, na coerência das explicações orais e escritas e na mudança do vocabulário pertinente.

Contudo, *softwares* possuem limitações, incluindo a profundidade dos assuntos abordados e a confiabilidade das informações, especialmente quando provenientes de fontes públicas. Identificar essas e outras limitações requer conhecimentos específicos, tais como os apontados por Koehler e Mishra, justificando o investimento na formação docente.¹⁸ Ou seja, não basta ter a tecnologia, é necessário dispor de professores capacitados para utilizá-la sem incorrer em subutilização ou deslumbramento, detentores de conhecimentos que permitam decidir quando e como utilizar uma tecnologia com função de recurso didático no processo de ensino e aprendizagem.¹⁹

Em síntese, a simulação virtual manuseada pelos alunos na sala de Informática, se, por um lado, esteve sujeita às limitações deste tipo de *software*, no que tange à interação aluno-*software*, por outro, do ponto de vista cognitivo, parece ter facilitado a compreensão do conteúdo de ensino, na medida em que, pelos atributos que lhes são próprios, como simular fenômenos abstratos, os recursos audiovisuais aproximaram o sujeito (aluno) do objeto de conhecimento (novo conceito).

Em termos cognitivos, o conjunto das atividades pedagógicas descritas, do qual faz parte o manuseio da simulação virtual, leva em conta o conhecimento prévio do aluno, tido como ponto de partida para a ação docente e retomado no decorrer do processo, na perspectiva de que todo ponto de chegada se torna um novo ponto de partida. Esse percurso é marcado por desafios condicionados às condições materiais existentes e às características e necessidades da turma. A retomada do conhecimento prévio e a valorização do raciocínio do aluno ao longo das atividades reforçam a intencionalidade pedagógica da proposta e confirmam a relevância de articular teoria, prática e vivências reais no processo de ensino e aprendizagem.

4. Prática Experimental em Ambiente Físico

No laboratório de Ciências da escola, foi realizado um experimento similar ao da simulação PhET, a fim de que os alunos pudessem vivenciar a prática em dois ambientes distintos, o digital e o físico, partindo da premissa de que não são excludentes, uma vez que cada ambiente possui características complementares, como a simulação do comportamento de fenômenos invisíveis pelo *software* e o desenvolvimento de habilidades práticas com materiais reais no laboratório físico. Para implementar a prática experimental, materiais de laboratórios foram previamente organizados e os alunos foram orientados sobre medidas de segurança, manipulação desses materiais e instigados a observar o comportamento e propriedades de algumas substâncias químicas e registrar suas impressões em uma planilha (Quadro 2).

Para fins de comparação, os alunos também foram orientados a manipular os aparatos para medir o ponto de fusão do açúcar e do sal. No caso do sal, foi explicado que a medição direta não seria possível devido ao seu elevado ponto de fusão (801 °C). Além disso, os alunos observaram a condutividade elétrica da água na ausência e na presença desses compostos. Para obtenção do ponto de fusão dos compostos, eles aqueceram o sal e o açúcar utilizando uma colher, uma vela e um termômetro para medir a temperatura. Assim, dúvidas surgiram, como por exemplo, “Professora, por

Quadro 2. Planilha de registro de propriedades físicas de substâncias químicas analisadas no laboratório real

Substância	Fórmula Química	Características Organolépticas	Solubilidade em Água	Há Corrente Elétrica no Estado Sólido? E em Solução Aquosa?	Ponto de Fusão (°C)
Água					
Cloreto de Sódio					
Cobre					
Açúcar					
Alumínio					

Fonte: Autoria própria

que o sal não derrete?”. A hipótese apresentada por alguns alunos era a de que, por algum motivo, o sal era mais “forte” e mais resistente ao calor do que o açúcar. Tal hipótese, permitiu abordar conceitos básicos de forças de ligações químicas e mostrar que a ligação iônica é mais forte do que a covalente.

Para a verificação de corrente elétrica, foram disponibilizados um multímetro, fios de cobre, um *proto-board* (placa com furos e conexões condutoras) e um diodo emissor de luz (LED) que emite luz colorida ao ser alimentado por uma corrente elétrica em uma dada direção. Após a montagem do circuito elétrico sobre *proto-board*, os alunos verificaram a ocorrência de corrente elétrica através do circuito e comentaram que já sabiam qual composto iria gerar corrente elétrica, uma vez que já haviam trabalhado com a simulação virtual. Porém, o que gerou questionamentos em alguns grupos foi observar que, diferentemente do sal dissolvido em água, o sal em estado sólido não acendeu o LED. O circuito elétrico permitiu que os alunos visualizassem algumas medições realizadas com o auxílio do professor, evitando assim, conclusões equivocadas, uma vez que corrente elétrica muito baixa não acende o LED, que requer um mínimo de corrente elétrica para acender característico de cada tipo de LED. Neste caso, a percepção esperada é a de que o fato de o LED não acender não significa ausência de corrente, mas pode decorrer de uma corrente muito baixa que não é suficiente para acendê-lo.

Após a realização do experimento, foram dadas explicações sobre aspectos conceituais de ligações químicas e polaridade, diferenciando ligações iônicas das covalente e metálica. Durante a aula, aspectos físicos e químicos dos sistemas estudados foram retomados, a fim de que as propriedades identificadas pelos alunos nas práticas experimentais (real e virtual) fossem correlacionadas aos estados de agregação da matéria em água.^e

Posteriormente, em sala de aula, a professora retomou e utilizou as tabelas previamente preenchidas pelos alunos com anotações das aulas práticas realizadas tanto no laboratório físico quanto no ambiente virtual como ponto de partida para uma construção coletiva do conceito de ligação química. Esse processo foi conduzido de modo a articular as observações com os fundamentos teóricos. Os alunos anteciparam conceitos antes mesmo de serem sistematizados pela professora, reconhecendo, por exemplo, que o sal consistia de íons livres em solução, o que explicava a condução elétrica, enquanto o açúcar não, evidenciando que as práticas experimentais real e virtual favoreceram o entendimento de propriedades das substâncias analisadas. Em etapa posterior, foi abordado o caráter interdisciplinar das ligações químicas nas disciplinas de Química e Física, por envolverem conceitos de corrente e tensão elétrica.

5. Combinando Meios

Na perspectiva de Vicinguera e Cunha, o professor de Química pode criar situações de aprendizagem que

oportunizem aos alunos não somente o contato com um novo conhecimento, mas, principalmente, o desenvolvimento de habilidades científicas, como observação, comparação e análise do fenômeno estudado,²⁰ possibilidades estas passíveis de serem maximizadas pela utilização de tecnologias digitais e móveis como ferramenta didática. Essa compreensão impulsionou o trabalho formativo aqui relatado, que consistiu no ensino de ligações químicas por meio da utilização de simulação virtual e experimento laboratorial.

O relatado sugere que a combinação de simulação virtual com experimento real favorece a aprendizagem, na medida em que permite relacionar o comportamento dos compostos (sal e açúcar) ao tipo de ligação que os constitui, por meio do monitoramento da propriedade física de condução elétrica. Esse processo formativo foi complementado por uma aula teórico-dialogada com intervenção da professora, quando necessário, na sistematização do conteúdo abordado, de modo a aproximá-los do conhecimento científico.

As palavras “experimentação” e “experimento” são possuidoras de diversos conteúdos semânticos, e que podem ser enquadradas em diferentes domínios. Neste trabalho, entende-se “experimentos” como constituintes da atividade de investigação científica, destinados à observação/verificação de fenômenos/leis, sujeitos a determinadas regras (métodos científicos) pertencente aos domínios da atividade científica.²¹ Esse percurso didático deu margem ao exposto no Quadro 3, que contém aspectos positivos e negativos dos meios utilizados no processo de ensino de ligações químicas aqui relatado.

Uma análise dessas estratégias de ensino, sintetizada no Quadro 3, sugere que a utilização conjunta desses recursos pedagógicos no ensino de um mesmo conteúdo curricular específico tende a aumentar as oportunidades de aprendizagem do aluno. Enquanto algumas propriedades dos compostos podem ser obtidas ou observadas no laboratório físico, essas mesmas propriedades não podem ser avaliadas na simulação utilizada, como o ponto de fusão. Da mesma forma, no laboratório físico, os sentidos da visão, tato e olfato são explorados. Por outro lado, o experimento virtual permite, por exemplo, a visualização microscópica da estrutura molecular dos compostos, embora se trate de uma representação do fenômeno, além de os alunos poderem realizar com segurança variações nas condições experimentais (concentração dos compostos) e verificar o resultado físico na luminosidade do LED.

Sobre os recursos empregados, verificamos que a simulação virtual favoreceu o envolvimento do aluno, dando a ele maior liberdade de explorar e testar hipóteses, uma vez que, se necessário, ele reinicia o experimento sem desperdício de material ou risco de acidentes e com possibilidade de explorar novas variáveis, por exemplo, alterar a quantidade de água, de sal ou açúcar. Além disso, a familiaridade do aluno com meios digitais não pode ser ignorada em processos educativos, pois tende a contribuir para maior engajamento e consequente adesão às atividades

Quadro 3. Vantagens e desvantagens das estratégias didáticas adotadas na simulação virtual e no experimento físico

Estratégia	Vantagens	Desvantagens
Simulação Virtual	Variedade de <i>softwares</i> livres; Formas de acesso; Familiaridade e afinidade dos alunos com meios digitais; Atratividade (tecnologias digitais são apreciadas pelos alunos); Redução de riscos; Aspectos observáveis: Condução elétrica; Solubilidade; Cor; Estado físicos	Requer formação do professor; Limitações dos sistemas operacionais de livre acesso; Quantidade limitada de compostos analisados; Limitações técnicas do <i>software</i> que podem reforçar pré-concepções
Experimento Físico	Exposição a cheiro, textura e dureza dos compostos químicos Aspectos observáveis: Condução elétrica; Solubilidade; Cor; Estados físicos; Evaporação; Brilho; Ponto de fusão	Riscos de acidentes; Requer espaço físico e materiais adequados Aspectos não observáveis: Não é possível visualizar as ligações moleculares e nem o movimento das cargas elétricas através do circuito elétrico

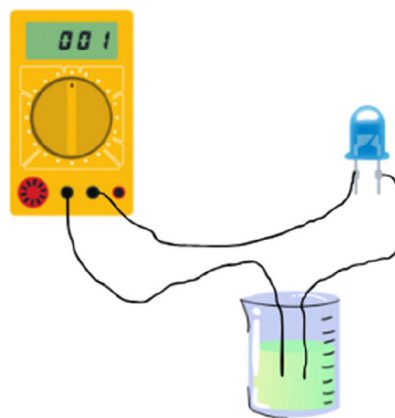
Fonte: Autoria própria

propostas na aula, além de requerer atenção a excessos e mau uso de eletrônicos.

A atividade virtual exigiu pouco conhecimento tecnológico por parte do professor e dos alunos, pois a plataforma PhET é intuitiva e permite uso *off-line*. No entanto, a quantidade reduzida de *notebook* no laboratório de Informática da escola foi um fator limitante na utilização da simulação. Os alunos precisaram se reorganizar em pequenos grupos, a fim de que todos participassem da prática experimental. Atualmente, dispositivos móveis, como o *smartphone*, permitem driblar essa dificuldade, entretanto, salvo exceções, nas escolas brasileiras da Educação Básica, o celular é pessoal, não institucional, e seu uso nessas instituições é proibido ou restrito por lei (Lei nº 15.100/2025).^f

Na experimentação realizada no laboratório de Ciências os alunos se depararam com limitações, por exemplo, ao manipular um equipamento eletrônico (multímetro) com o qual não tinham afinidade, demonstrando insegurança, tendo em vista que a professora era solicitada com frequência para auxiliar os grupos. Um aspecto discutido reincidentemente pelos alunos nesta ocasião foi o ponto de fusão das substâncias, além da empolgação das equipes para acender o LED do circuito elétrico montado (Figura 3). A prática experimental em laboratório demandou da professora ações de separar os materiais antes da aula, organizar as bancadas e higienizar os aparatos utilizados ao final da atividade. Merece destaque a semelhança entre os dispositivos manuais e virtuais montados pelos alunos nas práticas realizadas nos ambientes virtual e físico a fim

de verificar a condução elétrica da água na presença de sal e de açúcar, após notarem que a água sozinha não conduz eletricidade através do circuito e, portanto, não acende o LED, conforme observado no experimento virtual, onde a lâmpada não acendeu.

**Figura 3.** Representação do aparato experimental utilizado durante aula prática em laboratório para testes de condutividade em diferentes soluções aquosas (Fonte: Autoria própria)

A adoção de metodologias diferentes da tradicional, ainda hoje, é um desafio para o professor acostumado à aula expositiva com uso de giz e lousa ou que leciona para alunos já condicionados a esse formato. Nesse sentido, a experiência relatada aponta para a necessidade de formação do professor para modos alternativos de ensinar tendo as tecnologias digitais como ferramentas didáticas. Para isso,

são necessários conhecimentos básicos sobre a tecnologia e seu manuseio no tratamento de determinado conteúdo sob condições específicas, priorizando o uso pedagógico consciente das tecnologias em contextos reais de ensino com alunos da geração digital.

No campo das possibilidades, partindo do pressuposto de que nenhuma tecnologia é neutra, como afirma Levy, ao empregá-las no processo educativo, tem-se a oportunidade de propiciar aos alunos uma formação que vá além dos conteúdos de Química, voltada para a emancipação do sujeito e condizente com o que se conhece por educação para as mídias.^{22,23}

6. Considerações Finais

Neste trabalho, práticas pedagógicas presenciais e virtuais são conciliadas visando o ensino de ligações químicas para alunos do primeiro ano do Ensino Médio. O relato de experiência apresentado teve como objetivo promover o engajamento do aluno no processo de ensino e aprendizagem pela via da experimentação presencial e virtual de ligações químicas.

Os resultados reportados indicam que recursos pedagógicos combinados para o tratamento de um mesmo conteúdo curricular ampliam as oportunidades de aprendizagem dos alunos, ressaltados alguns fatores intervenientes no processo. Por exemplo, por um lado, o ponto de fusão e a textura dos compostos podem ser medidos ou percebidos no laboratório físico, mas não na simulação virtual, por outro, a representação de imagens moleculares é abordada exclusivamente na simulação virtual, utilizando um modelo que representa os átomos dos compostos químicos. A combinação de diferentes estratégias didáticas, como experimentação em ambientes distintos, propiciou aulas nas quais os alunos deixaram de ser apenas ouvintes, tornando-se ativos na aprendizagem. A partir de Papert, entende-se por aluno ativo aquele participa do processo formativo colocando “a mão na massa”, com envolvimento, motivação e interesse, atributos esses assentados na perspectiva de que para aprender é necessário compreender o novo conhecimento.²⁴

As anotações dos alunos nas aulas práticas em laboratório físico e ambiente virtual foram usadas como ponto de partida para a conceituação de ligação química, integrando as observações realizadas nessas práticas com os fundamentos teóricos. A antecipação de conceitos pelos alunos antes de serem estruturados ou formalizados pela professora, reconhecendo, por exemplo, a presença de íons livres do sal, mas não do açúcar, em água, evidencia que as práticas pedagógicas experimentais favoreceram o entendimento de propriedades de físicas de substâncias (sal e açúcar, no caso) tidas como demasiadamente abstratas e, portanto, de difícil compreensão pelo aluno.

Os resultados obtidos permitem concluir que no processo educativo a inserção de tecnologias digitais pode favorecer

a aprendizagem, permitindo repensar metodologias e sugerindo articulação com outras disciplinas escolares. Em nosso caso, Química e Física possibilitam estudos de propriedades da matéria sujeitas a variações de temperatura, pressão, concentração etc. Essa interdisciplinaridade pode ser estendida para áreas como Matemática e Biologia, compondo atividades investigativas diversificadas.²⁵ Em tempos nos quais a tecnologia entra no processo de ensino e aprendizagem não mais pelas mãos do professor, mas pelas mãos do aluno, caso do ChatGPT utilizado fora da sala de aula em atividades escolares, reconhecer tecnologias contemporâneas como parte da formação cidadã pode ser um primeiro passo rumo à apropriação crítico-propositiva dos meios digitais na educação.^g

Notas

^a [Link]

^b [Link]

^c Um exemplo de vídeo utilizado para abordar os perigos da eletricidade está disponível em: [Link]

^d [Link]

^e O PhET interactive simulations disponibiliza a simulação “Estados da matéria” que possibilita o estudo de mudança de fases e, portanto, o ponto de fusão, de alguns compostos: [Link]

^f Lei n. 15.100/2025 disponível em: [Link]

^g Generative Pre-Trained Transformer (ChatGPT).

Contribuições dos Autores

Taissa T. D. Pontes: redação do rascunho original; Juliana R. Kloss, Anike A. Arnaud, Eloi Feitosa, Rosemara P. Lopes e Renata D. Adati: redação-revisão e edição.

Referências Bibliográficas

1. Santos, G. L. N. J.; Melhorando a compreensão dos estudantes do ensino médio sobre ligações químicas: uma abordagem didática com charada e experimento. *Interfaces Científicas -Educação* **2024**, *12*, 317-328. [Link]
2. Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. [Link]
3. Neves, N. N.; Dos Santos, A. R.; O uso das tecnologias digitais da informação e comunicação para a experimentação no ensino de química: uma proposta usando sequências didáticas. *Scientia Naturalis* **2021**, *3*, 194-206. [Crossref]
4. Valente, J. A.; O computador na sociedade do conhecimento; In: Valente, J. A., org.; O computador na sociedade do conhecimento; Unicamp/Nied: Campinas, 1999.
5. Medeiros, A.; Medeiros, C. F.; Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física* **2002**, *24*, 77-86. [Crossref]

6. Kenski, V. M.; *Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. 8ª ed., 3ª reimpr., Campinas, 2014.
7. Gois, J.; Bento Mosconi, T. C.; Experimentação como ferramenta cultural na formação inicial de professores de química. *Revista Exitus* **2022**, *12*, e022049. [\[Link\]](#)
8. Silva, J. V. B.; Silva, M. G. O.; Experimentação no ensino de química: elaboração de roteiros para aulas práticas. In: *A Multidisciplinaridade em foco: ensino, pesquisa e extensão* **2024**, *4*, 57–68. [\[Link\]](#)
9. Atkins, P.; Jones, L.; Laverman, L.; *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Bookman Editora, 2018.
10. Hernandez, V. K.; Analisando e avaliando os softwares educacionais; In: Almeida, F. J. de, org.; *Introdução à informática para educadores – Módulo I*; Pontifícia Universidade Católica de São Paulo: São Paulo, 1998, p. 35–37.
11. Leite, B.; Aprendizagem tecnológica ativa. *Revista Internacional de Educação Superior* **2018**, *4*, 580–609. [\[Link\]](#)
12. Santos, L. L. C. P.; Formação de professores e saberes docentes; In: Neto, A. S.; Maciel, L. S. B., orgs.; *Reflexões sobre a formação de professores*; Papirus: São Paulo, 2002.
13. Xavier, A. R.; Fialho, L. M. F.; Lima, V. F.; Tecnologias digitais e o ensino de química: o uso de softwares livres como ferramentas metodológicas. *Foro de Educación* **2019**, *17*, 289–308.
14. Lunkes, S. G.; Nicodem, M. F. M.; Kurtz, J. G.; Mohr, P. S.; Importância de aulas práticas e tecnologias para aulas de química. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação* **2021**, *7*, 518–535. [\[Link\]](#)
15. Neves, N. N.; Dos Santos, A. R.; O uso das tecnologias digitais da informação e comunicação para a experimentação no ensino de química: uma proposta usando sequências didáticas. *Scientia Naturalis* **2021**, *3*, 194–206. [\[Crossref\]](#)
16. Zabala, A.; *A prática educativa: como ensinar*. Reimpr. Porto Alegre: Artmed, 2010. ISBN 978-85-7307-426-0.
17. Mortimer, E. F.; Scott, P.; Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências* **2002**, *7*, 283–306. [\[Link\]](#)
18. Koehler, M. J.; Mishra, P.; What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* **2009**, *9*, 60–70. [\[Link\]](#)
19. Neto, J. B. M.; Amaral, N. C. L.; A química experimental por meio de plataformas digitais e aplicativos. *Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade* **2024**, *11*, 183–200. [\[Crossref\]](#)
20. Vicinguera, M. L. F.; Cunha, M. B.; A utilização de músicas e poesias no ensino de química. In: Secretaria da Educação do Paraná; *O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense*. Vol. 1. Paraná: Governo do Estado, 2012. [\[Link\]](#)
21. Mori, R. C.; Curvelo, A. A. D. S.; A polissemia da palavra “Experimentação” e a educação em ciências. *Química Nova na Escola* **2017**, *39*, 291–304. [\[Crossref\]](#)
22. Lévy, P. *Cibercultura*. São Paulo: Ed. 34, 1999.
23. Bévort, E.; Belloni, M. L.; Mídia-educação: conceitos, histórias e perspectivas. *Educação & Sociedade* **2009**, *30*, 1081–1102. [\[Link\]](#)
24. Papert, S.; *The Children’s Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. Basic Books: New York, 1993.
25. Lima, D. C. P.; Lopes, R. P., orgs.; *Conectando saberes: a integração de recursos didáticos digitais nos processos educacionais*. Goiânia: Cegraf UFG, 2024. [\[Link\]](#)