

Integrando Inscrições Químicas por Meio de Recursos Digitais: Relato Docente de uma Sequência Didática sobre a Tuberculose e seu Tratamento

Integrating Chemical Representations through Digital Resources: A Teacher's Account of a Didactic Sequence on Tuberculosis and Its Treatment

Alyson Cristian Maia Bastos,^a Camilo Henrique da Silva Lima,^a Priscila Tamiasso Martinhon,^a Raoni Schroeder B. Gonçalves^{a,*}

^aUniversidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Instituto de Química, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

*E-mail: raoni.schroeder@iq.ufrj.br

Submissão: 15 de Setembro de 2025 – Aceite: 5 de Março de 2026 – Publicado online: 17 de Março de 2026

This paper addresses the central role of molecular representations and the persistent challenges students encounter in the teaching and learning process when attempting to establish relationships among the ideas conveyed by these graphical representations, molecular properties, and the broader social impacts associated with particular molecules. Our contribution to this discussion is framed by the notion of “inscriptions,” a theoretical construct that has gained increasing prominence in contemporary scholarship on science education. Anchored in the structuring theme of tuberculosis and the pharmaceuticals employed in its treatment, we designed a teaching sequence in which QR codes connected drug packaging to the molecular structures of their respective active compounds. This strategy enabled the integration of macroscopic, symbolic, and submicroscopic inscriptions using digital devices, such as smartphones and tablets. The sequence was implemented in a public school in the municipality of Itaboraí, RJ. In this article, we present a critical analysis of its implementation, underscoring how the tools developed fostered meaningful student engagement and enhanced the comprehension of abstract concepts, notably molecular structure, while supporting the teaching of fundamental chemical principles. Moreover, transversal issues such as public health and colonialism emerged in classroom discussions, thereby situating chemical knowledge within broader social and historical contexts.

Keywords: Molecular structure; tuberculosis; QR codes; smartphones.

1. Introdução

Os compostos orgânicos são parte essencial do nosso cotidiano, presentes tanto na natureza quanto em uma ampla variedade de produtos manufaturados.¹ Suas estruturas químicas são caracterizadas por cadeias carbônicas, e o estudo das diferentes formas de representação, incluindo fórmulas estruturais, projeções e modelos tridimensionais, desempenham um papel central no ensino de química.

Nas abordagens tradicionais, os alunos são inicialmente introduzidos à linguagem específica da área, aprendendo a representar os compostos por meio dessas notações. Em seguida, passam a identificar grupos funcionais e a compreender as características que eles conferem às moléculas, como polaridade, acidez e basicidade.²⁻⁴ Guiados pelo conceito de interações intermoleculares e pelo mantra simplificado, porém intuitivo, “semelhante dissolve semelhante”, eles desenvolvem gradualmente as habilidades necessárias para estabelecer correlações entre a estrutura

molecular e propriedades fundamentais, como solubilidade em água e em outros solventes.

Entretanto, em um estágio crucial para o desenvolvimento do pensamento crítico,⁵⁻¹⁰ é fundamental que os alunos avancem além dessas correlações iniciais e busquem relacionar as estruturas tanto a propriedades mais avançadas, como cor, atividade farmacológica e características eletrônicas, quanto aos impactos das moléculas na sociedade. Essa progressão, contudo, é complexa, pois exige elevado nível de abstração para interpretar os múltiplos significados embutidos em uma única estrutura química.¹¹

Nesse contexto, colocamos como questão central do presente trabalho a representação molecular, temática que emerge do cerne do estatuto epistêmico da química. A partir dela, nos deparamos com a difícil pergunta: como estreitar a relação entre os conceitos (intrinsecamente complexos e abstratos) expressos nessas representações gráficas, as propriedades moleculares e os impactos sociais associados a essas moléculas? Acreditamos que um avanço

para essa formulação pode ser alcançado por meio do uso de “inscrições”, conceito explorado em pesquisas contemporâneas na área de Educação, que abre importantes perspectivas para o processo de ensino e aprendizagem.^{12,13}

2. Referencial Teórico

Traçar a genealogia de um conceito é tarefa árdua, sobretudo diante do entrecruzamento de ideias que oscilam e interagem, ora produzindo ressonâncias, ora se anulando, compondo assim a complexidade do pensamento contemporâneo. No caso do conceito de inscrição, partimos do momento em que ele é introduzido nos estudos de sociologia da ciência por Bruno Latour.¹⁴ Ao enunciá-lo, Latour afirma tê-lo tomado “de empréstimo” da obra de Jacques Derrida, caracterizada pelo próprio autor como um labirinto de inscrições.¹⁵ Também é amplamente reconhecida a influência do pensamento de Edmund Husserl sobre Derrida. Em *A Voz e o Fenômeno*,¹⁶ Derrida recorda que, desde as *Investigações Lógicas*¹⁷ até *A Origem da Geometria*,¹⁸ Husserl sustenta que a verdade científica, composta por objetos absolutamente ideais, só pode ser encontrada em “enunciados” nos quais não apenas a linguagem falada, mas também a inscrição desempenha um papel fundamental na constituição desses objetos.

Para Derrida, a noção de inscrição designa uma operação anterior à própria escrita. Latour, por sua vez, utiliza o termo para sintetizar um conjunto heterogêneo de traços, tarefas, pontos, histogramas, números de registro, espectros, gráficos e outros elementos presentes na “vida de laboratório”.¹⁴ Na prática cotidiana, cientistas recorrem a inscrições para produzir significado a partir de suas atividades. Por meio delas, torna-se possível elaborar artigos científicos, compartilhar dados e construir modelos e teorias que permitam interpretar o mundo.

Ao desenvolver sua formulação sobre o conceito de inscrições, Latour evidencia a influência da semiótica greimasiana ao tipificar os diferentes enunciados encontrados em sua análise da literatura científica.¹⁴ Seu trabalho, posteriormente, conflui para a Teoria Ator-Rede (TAR), definida por Law como uma das várias formas do que se convencionou chamar de semiótica material.¹⁹ Em *Reagregando o Social*, obra que marca a consolidação da TAR, Latour retoma essas influências e caracteriza a Teoria (ou ferramenta metodológica, como prefere chamá-la) como sendo “metade Garfinkel, metade Greimas”.²⁰

No entanto, no âmbito da semiótica visual, considera-se toda inscrição como uma figura da qual o receptor pode extrair tanto denotações quanto conotações, estimulando a imaginação e permitindo associações que facilitem a apreensão do abstrato. Pantidos e colaboradores¹³ destacam as diferenças entre inscrições que representam o conhecimento do dia a dia, como

fotografias de situações e objetos cotidianos, ou seja, imagens que mantêm uma relação morfológica com seus referentes, e as inscrições abstrativas, como gráficos e equações que, por sua vez, sob uma perspectiva morfológica, não apresentam uma correlação linear com seus referentes e estão diretamente ligadas ao código visual do conhecimento escolar. Ao associarmos esses diferentes tipos de inscrições, novas formas de comunicação podem ser criadas, gerando um contínuo conceitual que permite conexões lógicas entre os códigos visuais da experiência cotidiana e os gráficos, diagramas e outras representações utilizadas no ensino de ciências.

2.1. Inscrições e o ensino de química

No âmbito da química, a denominação “inscrições químicas” tem sido adotada, e uma articulação entre as ideias formuladas por Latour e as especificidades inerentes ao ensino da disciplina vem sendo proposta. Com base no modelo de Johnstone, segundo o qual as representações em química podem ser organizadas em três níveis,²¹ Roth, Pozzer-Ardenghi e Han^{22,23} propõem uma estrutura semelhante para as inscrições químicas. Assim, elas podem ser classificadas como macroscópicas (relacionadas a experimentos, observações e fenômenos visíveis), (sub)microscópicas (representações de átomos e moléculas) e simbólicas (como fórmulas químicas e equações). O domínio desses três níveis e, sobretudo, a capacidade de estabelecer conexões entre eles são fundamentais para uma compreensão mais profunda da disciplina. No entanto, é comum que os estudantes encontrem dificuldades ao transitar entre esses diferentes tipos de inscrições, frequentemente se apegando a aspectos superficiais em vez de compreender os conceitos que eles representam.

Com o intuito de auxiliar nesse processo, o presente trabalho propõe o uso de recursos digitais como facilitadores da articulação entre inscrições macroscópicas, (sub)microscópicas e simbólicas. Para isso, desenvolvemos uma sequência didática (SD) que utiliza QR codes (inscrições simbólicas), acessados por dispositivos eletrônicos, como estratégia interativa de conexão entre embalagens de medicamentos (inscrições macroscópicas) e representações das estruturas químicas dos fármacos correspondentes (inscrições (sub)microscópicas). Considerando a relevância do contexto social na construção do que entendemos como cotidiano, a proposta foi situada no município de Itaboraí, no estado do Rio de Janeiro (RJ) e tem como eixo temático a tuberculose (TB), doença que representa um sério problema de saúde pública na região.

3. Metodologia

No presente trabalho, apresenta-se um relato de experiência de natureza aplicada sobre a implementação da

SD proposta em uma escola pública localizada no município de Itaboraí. A sequência foi construída com base no uso de recursos digitais como facilitadores da articulação entre inscrições macroscópicas, (sub)microscópicas e simbólicas. O estudo é orientado pela seguinte questão: *como estreitar a relação entre os conceitos expressos por representações moleculares, as propriedades das moléculas e os impactos sociais a elas associados?*

Adotou-se uma perspectiva qualitativa,²⁴ na qual se pressupõe que o estudo detalhado de um fato, objeto, grupo de pessoas ou fenômeno social possa fornecer informações fidedignas, permitindo compreender o significado e as características do objeto investigado.²⁵ Além disso, o professor inserido na pesquisa atuou por meio de observação participante, assumindo o papel de membro ativo nos acontecimentos analisados.²⁶ O diário de campo foi utilizado como instrumento de registro, e as verificações de aprendizagem foram realizadas ao longo das atividades, de modo que o docente intervinha constantemente, promovendo a elucidação de dúvidas e a ressignificação de conteúdos equivocadamente apreendidos pelos alunos.

O relato apresentado integra a pesquisa de mestrado acadêmico do primeiro autor, realizada no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dessa forma, os resultados constituem um relato de experiência docente originado na práxis dos autores, com a preservação das identidades dos participantes, o que dispensa a submissão à Comissão de Ética, conforme previsto no parágrafo único da Resolução nº 510/2016 do Conselho

Nacional de Saúde, especialmente em seu inciso VII: “Não serão registradas nem avaliadas pelo sistema CEP/CONEP: pesquisa que objetiva o aprofundamento teórico de situações que emergem espontânea e contingencialmente na prática profissional, desde que não revelem dados que possam identificar o sujeito”.²⁷ Assim, apenas o docente regente das turmas aparece nas fotos de forma nítida, impossibilitando a identificação dos discentes.

3.1. Organização da SD e preparo do material didático complementar

A SD teve como tema estruturador “a tuberculose e os fármacos usados no seu tratamento”. O Quadro 1 apresenta a organização proposta. O estudo foi realizado ao longo do primeiro bimestre letivo de 2022. A SD foi aplicada em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio (EM), com um total de 40 alunos. As aulas de química eram compostas por dois tempos semanais de cinquenta minutos, ministrados em sequência. A SD foi elaborada para ser aplicada ao longo de três aulas, ou seja, seis tempos de 50 minutos. Vale ressaltar que, antes de vivenciarem a SD, os alunos tiveram contato com todo o conteúdo de química Orgânica preconizado no Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro.²⁸

De acordo com nossa proposta, os QR *codes* configuram-se como inscrições simbólicas e atuam como elementos articuladores entre os três níveis de representação. Quando vinculados à caixa do medicamento (inscrição macroscópica), permitem ao estudante, por meio de um dispositivo eletrônico, visualizar simultaneamente informações nos três níveis.

Quadro 1. Organização da SD

Aula	Conteúdos e Conceitos	Tipo de Atividade	Questões Abordadas	Metodologia
1	Introdução ao tema estruturador: a tuberculose e os fármacos usados no seu tratamento.	Diálogo com os alunos apresentando a proposta da SD; discussão sobre aspectos fundamentais da TB.	Qual o objetivo da SD? O que é a TB? Quais são os aspectos históricos e socioeconômicos relacionados à doença?	Aula expositiva utilizando material didático autoral. Roda de conversa discutindo os aspectos fundamentais da TB. <i>Apresentação das inscrições macroscópicas.</i>
2	TB e química orgânica: conectando inscrições – Parte 1.	Atividade relacionando os fármacos usados no tratamento da TB e conceitos estruturais de química orgânica.	O que compõe um medicamento? O que são fármacos? Quais são as estruturas químicas dos fármacos usados no tratamento da TB? Quais são os grupos funcionais presentes nesses fármacos?	Através de QR <i>codes</i> contidos em imagens das caixas dos fármacos, os alunos acessam GIFs contendo representações estruturais dessas moléculas em 3D. Após a discussão, uma nuvem de palavras é construída. <i>Apresentação das inscrições simbólicas e (sub)microscópicas. Articulação entre os três níveis de inscrições.</i>
3	TB e química orgânica: conectando inscrições – Parte 2 e encerramento da SD.	Atividade relacionando os fármacos usados no tratamento da TB e conceitos estruturais de química orgânica e questões sociais relacionadas à doença.	Como os grupos funcionais impactam nas propriedades de um fármaco? Como a questão da quiralidade impacta nas propriedades de um fármaco? Como podemos nos engajar para informarmos a população sobre a importância do tratamento?	Os alunos acessam um site construído para a implementação da SD contendo informações sobre a TB e um conjunto de perguntas disparadoras relacionadas às estruturas químicas dos fármacos usados na SD. As respostas são utilizadas para embasar a discussão. Os alunos colam cartazes contendo informações sobre a TB nos corredores da escola. <i>Articulação entre as inscrições e conceitos estruturais.</i>

Como indicado no Quadro 1, a SD inicia-se pela introdução das inscrições macroscópicas, momento em que o docente apresenta aos estudantes o tema estruturador, abordando a TB e os fármacos utilizados em seu tratamento. Na etapa seguinte, os estudantes são apresentados às inscrições simbólicas e (sub)microscópicas, isto é, aos QR codes e às estruturas dos fármacos, respectivamente. Esse percurso foi estruturado com base no triângulo de Johnstone.²¹ O autor destaca que profissionais da química atuam com facilidade no interior desse triângulo, ou seja, na interseção entre os níveis macroscópico, simbólico e (sub)microscópico. Contudo, atingir essa integração requer anos de formação, de modo que não se deve esperar que o aluno iniciante opere de maneira equivalente. Assim, iniciar pelo nível macroscópico favorece a aprendizagem e prepara o estudante para transitar, com maior segurança, pelos demais níveis.

Para a criação das inscrições (sub)microscópicas, foram selecionadas as estruturas químicas de três fármacos utilizados no tratamento da TB: isoniazida, pirazinamida e etambutol. Apesar de serem quatro os fármacos empregados no tratamento de primeira escolha, optou-se por excluir a rifampicina devido à sua complexidade estrutural.

Utilizaram-se dois tipos de inscrições para representar essas moléculas: estruturas em bastão e representações tridimensionais dos fármacos. As fórmulas estruturais em bastão foram desenhadas utilizando o programa *ChemDraw 7.0.1*. Além dessas, foram preparadas representações tridimensionais das estruturas dos fármacos utilizando o programa *PyMOL*. As fórmulas em 3D são representadas com esferas e barras, sendo cada esfera correspondente a um átomo distinto: esferas verdes representam carbono; brancas, hidrogênio; vermelhas, nitrogênio; e azuis, oxigênio. As estruturas tridimensionais foram transformadas em *GIFs* animados, que permanecem em rotação completa de 360°.

Para o preparo das inscrições simbólicas (os QR codes), as fórmulas dos fármacos foram enviadas para um *drive* e, a partir do *link* correspondente a cada arquivo, gerou-se um QR code para acesso pelos estudantes em seus dispositivos eletrônicos. Os códigos foram criados por meio do site *QR Code Generator*,²⁹ que oferece essa funcionalidade gratuitamente.

Com o intuito de facilitar a articulação entre as inscrições e os conceitos estruturais, foi preparado um conjunto de perguntas disparadoras. Foram formuladas dez questões, inseridas na plataforma *Google Forms*, abordando os seguintes subtemas de química orgânica: hibridização do carbono; funções oxigenadas e nitrogenadas; classificação de carbonos; presença de heteroátomos em cadeias carbônicas; quiralidade; geometria dos carbonos e ângulos de ligação; e classificação de aminas. O questionário pode ser acessado pelo *link*: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdv>

[wJfqS2KxLAm3Bf6Q0C4vkqWkuurwfKpYbOh9NKf3T95wyg/viewform](https://www.researchgate.net/publication/358123456).

Todo o material didático preparado para a implementação da SD pode ser encontrado nas informações suplementares deste artigo.

4. Resultados e Discussão

A TB, tema estruturador da SD, é uma doença infecciosa causada pelo *Mycobacterium tuberculosis*, também conhecido como bacilo de Koch. Sua transmissão ocorre de pessoa para pessoa, por meio da inalação de partículas eliminadas no ar durante a tosse, espirro ou fala de indivíduos infectados. Ambientes fechados, mal ventilados e com pouca incidência de luz solar favorecem a disseminação da doença. A TB afeta principalmente os pulmões, sendo chamada, nesse caso, de TB pulmonar. No entanto, nem todos os infectados desenvolvem, pois o bacilo pode permanecer em estado latente no organismo por vários anos. Pessoas com comorbidades como diabetes, infecção pelo HIV, câncer ou que fazem uso de tabaco apresentam maior risco de desenvolver a forma ativa da TB, em razão da maior fragilidade do sistema imunológico. Além disso, condições de vida adversas como desnutrição, situação de rua, privação de liberdade, uso abusivo de álcool, e dificuldades no acesso aos serviços de saúde, aumentam a vulnerabilidade ao adoecimento.³⁰

No que diz respeito ao tratamento, esse tem duração mínima de seis meses e é feito com base na administração de quatro fármacos: a isoniazida, o etambutol, a pirazinamida e a rifampicina (Figura 1). Em geral, os médicos aconselham o paciente a manter segredo, pois ainda existe um grande preconceito com relação à doença. Devido ao longo tempo de duração do tratamento, casos de abandono são comuns, propiciando o desenvolvimento de formas resistentes da bactéria.³¹

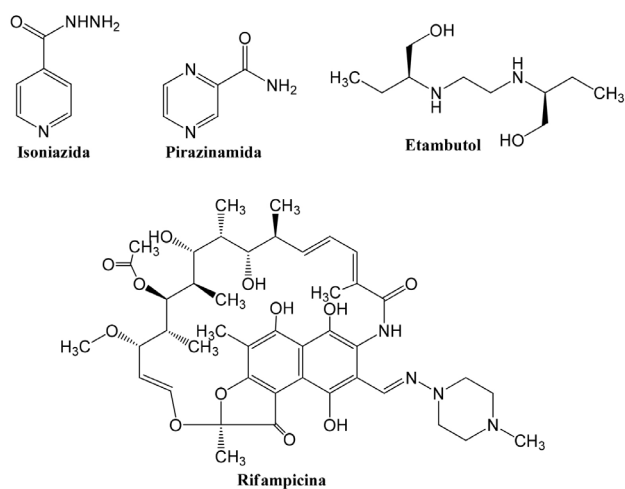


Figura 1. Estruturas químicas dos fármacos utilizados no tratamento de primeira escolha da TB

Nesse contexto, a SD teve início com uma apresentação da atividade proposta e uma explicação geral sobre o tema estruturador. Em seguida, o docente compartilhou sua experiência pessoal com a TB. Nascido e criado no mesmo município em que atua, ele contraiu a doença aos 16 anos e enfrentou um tratamento longo e desafiador, dificultado pela demora do sistema de saúde local em realizar um diagnóstico precoce. A escolha de apresentar esse relato segue a perspectiva de Bell Hooks,³² que compreende a educação como um espaço de cura, autenticidade e transformação, no qual o ensino é entendido como um ato profundamente relacional. Ao escolher um tema que o atravessa e remete a uma vivência traumática dentro da mesma realidade sociocultural dos estudantes, o docente estabelece uma aproximação ética e humanizadora, criando um elo empático que favorece uma conexão tanto emocional quanto intelectual entre docente e discentes.

A apresentação do tema foi conduzida com o uso de uma série de memes que circulam atualmente na internet, com o objetivo de atrair a atenção dos alunos por meio de uma linguagem mais próxima do seu cotidiano. A recepção foi positiva, e os estudantes interagiram de forma satisfatória ao longo da exposição do conteúdo (Figura 2).



Figura 2. Uso de memes para introduzir o tema estruturador da SD

Vale destacar que o uso de memes como recurso pedagógico tem sido amplamente explorado em diferentes trabalhos na área da educação.³³ Essas imagens estão amplamente difundidas no mundo digital, geralmente associadas a situações corriqueiras. Apesar de, muitas vezes, apresentarem uma face nociva, como a disseminação descontrolada de informações falsas, discursos de ódio, racismo e misoginia, quando utilizados de maneira crítica e

intencional, os memes podem constituir um recurso potente de comunicação com os discentes.

Dando sequência à apresentação do tema, foi feito um breve relato sobre a história da TB, desde o seu surgimento até sua chegada ao Brasil. Durante a conversa, mencionou-se o Padre José de Anchieta que, acometido por TB, é considerado o primeiro caso registrado da doença no país. Nesse momento, muitos alunos se lembraram das aulas de história, o que abriu espaço para uma discussão sobre o violento processo de colonização e catequização dos povos originários, bem como sobre a maneira pela qual a chegada dos europeus ao continente contribuiu para a introdução de novas doenças, muitas das quais ainda hoje são consideradas problemas graves de saúde pública.

Após a apresentação dos aspectos supracitados, deu-se início a um debate em formato de roda de conversa. A maioria dos alunos mencionou já ter ouvido falar sobre a TB, embora desconhecessem detalhes a seu respeito. Alguns relataram experiências mais próximas, como o convívio com pessoas que haviam contraído a doença e realizado o tratamento, evidenciando a presença da TB no cotidiano da comunidade. Um aluno compartilhou um relato pessoal sobre o período em que seu pai foi diagnosticado com TB, e ele próprio precisou realizar o exame de escarro por conta do contato direto. Outro momento marcante surgiu com a participação de um aluno que relacionou o tema à cultura pop, mencionando o personagem Itachi, do mangá Naruto, que apresenta sintomas semelhantes aos da TB. Em um trabalho recente, Silva e Araújo Neto³⁴ destacaram como o uso de mangás pode servir como uma poderosa fonte de metáforas visuais, criando um espaço que fornece situações passíveis de serem utilizadas como disparadores para importantes debates em sala de aula.

A roda de conversa abriu espaço para discutir de maneira mais detalhada as formas de transmissão e os sintomas associados à TB. Foram abordados com os alunos alguns mitos relacionados à transmissão, como o uso compartilhado de talheres ou roupas. Também foram apresentadas informações sobre os dados epidemiológicos da TB no Brasil e no município de Itaboraí. Os alunos notaram a defasagem desses dados, o que levou a um debate sobre os aspectos sociais da doença como o fato de ela atingir, em sua maioria, populações carentes e marginalizadas.

Em seguida, com o objetivo de humanizar os dados e quebrar a impessoalidade das estatísticas, foram apresentados casos de figuras históricas e pessoas famosas que tiveram TB. Entre eles, o pianista polonês Frédéric Chopin, o imperador D. Pedro I, o poeta Casimiro de Abreu, além de nomes atuais do meio artístico e esportivo, como a cantora sertaneja Simaria, o jogador de futebol Thiago Silva e o cantor de pagode Thiaguinho. Um dos alunos comentou que, durante o tratamento, Simaria perdeu muitos quilos, o que remeteu a um dos sintomas da TB, o emagrecimento. Esse

comentário gerou uma conversa entre os alunos sobre como foi a experiência dessas personalidades com a descoberta e o tratamento da doença.

Estando os alunos devidamente inseridos no contexto social que permeia a transmissão e o desenvolvimento da TB, iniciou-se a segunda parte da SD, na qual foram apresentadas as estruturas químicas dos fármacos utilizados no seu tratamento. Essas estruturas foram apresentadas por meio de suas fórmulas estruturais em bastão (Figura 1) já que, devido ao conteúdo de química orgânica trabalhado anteriormente, os alunos estavam familiarizados com esse tipo de representação. Rapidamente, parte deles fez associações entre as estruturas apresentadas e o conteúdo previamente discutido, identificando nas moléculas a presença de funções orgânicas nitrogenadas e oxigenadas.

Ao introduzir tais conceitos dentro de um contexto social específico, buscamos, até certo ponto, romper com abordagens dominantes no ensino de química, nas quais a disciplina é tratada como uma coleção de tópicos isolados, desconectados do universo dos alunos, e com foco hegemônico na explicação das propriedades da matéria. Além disso, ao introduzir as moléculas orgânicas com base nas estruturas de fármacos, apresentamos a química sob uma perspectiva de tecnociência, articulando o conhecimento científico básico com o desenvolvimento tecnológico em um cenário onde substâncias químicas são concebidas com o propósito de enfrentar problemas relevantes do ponto de vista social e econômico. Dessa forma, acreditamos favorecer o engajamento dos alunos na formulação de questões mais amplas sobre o tema, tais como: de que maneira essas moléculas são preparadas? Como elas promovem a cura da doença? Como se comportam no organismo humano? Entre outras.

Em seguida, os alunos receberam três cartões, cada um contendo imagens das caixas dos medicamentos isoniazida, pirazinamida e etambutol (inscrições macroscópicas), além de QR codes (inscrições simbólicas) que, ao serem acessados por meio de um dispositivo eletrônico, como um *smartphone*, levavam a um GIF animado com a estrutura tridimensional do fármaco correspondente (inscrições submicroscópicas), estabelecendo-se, assim, a correlação entre as inscrições (Figura 3).

Han e Roth²³ destacam que a interpretação adequada das inscrições exige uma organização coerente entre elas. Isso implica que a apresentação dessas representações, seja em livros, aulas expositivas ou outros materiais didáticos, deve seguir uma lógica que favoreça a construção de significados pelos estudantes, possibilitando-lhes realizar as associações corretas. No contexto da SD aqui apresentada, o objetivo foi evidenciar que o medicamento, um objeto macroscópico inserido em um contexto sociocultural, é constituído por moléculas, entidades submicroscópicas que são responsáveis pela ação farmacológica.

De acordo com o estudo de Han e Roth,²³ é recorrente, nos materiais didáticos voltados ao ensino de química, a associação entre inscrições macroscópicas e (sub)microscópicas ou simbólicas por meio de analogias. Essas analogias envolvem duas situações, onde uma é familiar e outra é desconhecida, ambas compartilhando uma estrutura cognitiva subjacente: a primeira funciona como fonte, e a segunda como alvo do processo de raciocínio analógico. Tomando como exemplo uma das situações analisadas pelos autores, um livro didático apresenta duas imagens justapostas: a primeira contendo esferas vermelhas que representam moléculas dispersas em um recipiente, e a segunda retratando pessoas se movendo de maneira caótica em uma cidade. A proposta é estabelecer uma



Figura 3. Imagens dos cartões utilizados na atividade e das estruturas tridimensionais dos fármacos usados no tratamento da TB. Os GIFs podem ser acessados pelos QR codes

analogia entre o movimento das moléculas e o movimento de seres humanos, com o objetivo de facilitar a abstração conceitual por parte dos estudantes, ou seja, assim como as pessoas, as moléculas se movimentam de forma caótica. De modo geral, essas representações são dispostas lado a lado, e tanto sua ordem quanto sua organização visual influenciam diretamente a construção do raciocínio pelo discente.

No nosso caso, foi proposta uma articulação entre as diferentes inscrições significativamente distinta daquelas comumente encontradas nos materiais didáticos tradicionais (lado a lado), onde a inscrição submicroscópica associada à inscrição macroscópica só poderia ser acessada por meio do dispositivo tecnológico. A escolha de tal disposição teve como objetivo simular procedimentos análogos aos vivenciados no cotidiano laboratorial de um químico. Diante de um objeto macroscópico, como o comprimido de um fármaco, o químico compreende que este contém moléculas, seu insumo farmacêutico ativo, cuja estrutura só pode ser identificada de maneira indireta, por meio de dispositivos tecnológicos, como espectrômetros. Latour¹⁴ define tais dispositivos como inscrites, sendo os registros gráficos por eles gerados, como os espectros de infravermelho, Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e ultravioleta, formas de inscrições. Na SD, o telefone celular simula o papel de um inscrite, ou seja, ele funciona como um dispositivo tecnológico que gera inscrições, nesse caso, as representações das estruturas químicas dos fármacos. Assim, não apenas atribuímos sentido à estrutura química, ao conectá-la a um contexto social explorado nas etapas iniciais da SD, como também introduzimos os estudantes a aspectos fundamentais do fazer científico, aproximando-os de formas de raciocínio próprias das ciências moleculares.

Entretanto, nesse momento, vale salientarmos alguns outros pontos. Em primeiro lugar, devemos ter em vista que o argumento epistêmico sobre o qual nos debruçamos para o desenvolvimento da presente SD é aquele vinculado à centralidade que as representações moleculares apresentam na química. Em virtude disso, dominar essa linguagem, compreender os sentidos imbuídos em uma representação estrutural e o papel que moléculas desempenham em nossa sociedade é parte fundamental do processo de aprendizagem dessa ciência. Embora possamos “sentir” moléculas quando elas se ligam a receptores do nosso corpo, convertendo esse contato em cheiros, sabores e sensações, a visualização direta de sua estrutura não é possível por meio dos sentidos, mantendo sua representação estrutural em um plano abstrato. Assim, é importante destacar o papel fundamental do docente como mediador, aquele devidamente apresentado a esse sistema representacional, que é capaz de digerir suas complexidades e apresentá-lo da forma devida. Nisso, as ferramentas aqui apresentadas funcionam apenas como suporte para esse processo.

Em relação às representações estruturais, optamos por dois tipos: a primeira, a representação em bastão, já familiar e previamente trabalhada em sala de aula. A segunda, uma representação tridimensional exibida em formato de *GIF* animado, capaz de expressar não apenas a disposição espacial da molécula, o que é fundamental para a compreensão de conceitos como hibridização e estereoquímica, mas também seu movimento, característica essencial desses corpos quânticos. Assim, temos duas formas de representar o mesmo objeto, deixando claro que discutimos a estrutura química sempre por meio de representações. Aqui, é possível que os discentes, ainda em processo de iniciação ao código, perguntem-se: por que precisamos recorrer a representações para falar das moléculas? A partir desse questionamento, convém explorarmos um segundo argumento, igualmente importante, evidenciando que a SD também abre espaço para a introdução de outro conceito fundamental da química: a relação entre propriedades moleculares e estrutura.

Ao longo da SD apresentamos as estruturas de três fármacos usados no tratamento da TB. Moléculas orgânicas que, após a ingestão por via oral, são absorvidas pelo organismo para desempenhar sua ação farmacológica. Para isso, devem percorrer diferentes caminhos fisiológicos, nos quais precisam manter-se relativamente íntegras. Logo, a presença de grupos funcionais estáveis nessas condições é desejável. Ao longo desses trajetos, membranas celulares atuam como pórticos de controle, filtrando a passagem de determinadas moléculas. A lipofilia necessária para essa passagem será, portanto, modulada pelo tamanho das cadeias carbônicas. Por fim, essas moléculas precisam se ligar a alvos proteicos para promover a inibição da replicação bacteriana, onde é fundamental a realização de interações intermoleculares, sobretudo ligações de hidrogênio. Se observarmos os compostos em discussão, todos se caracterizam como pequenas moléculas orgânicas, com pesos moleculares variando entre 127 Da e 204 Da. Além disso, apresentam grupos aceptores de ligação de hidrogênio, como átomos de O e N, bem como grupos doadores, como OH e NH.

Dessa forma, com base no tema estruturador proposto, podemos promover uma mediação em que o discente aprende conceitos de química a partir da articulação entre a ciência e seu papel social. Em outras palavras, o discente passa a compreender como elementos centrais, como estrutura molecular, lipofilia e interações de hidrogênio, contribuem para a eficácia dos fármacos no tratamento da TB, deslocando o tema estruturador do lugar de mera ilustração e conferindo-lhe função formativa e explicativa.

Finalizando essa etapa da SD, foi solicitado que os alunos escrevessem dez palavras, de forma aleatória, sendo cinco sobre o conteúdo discutido e mais cinco sobre temas que eles gostariam de aprender. Com as palavras fornecidas, foram

destacar que tais conteúdos constituíram um eixo central da atividade desenvolvida, de modo que o bom desempenho dos alunos indica êxito no alcance dos objetivos propostos na aplicação da SD.

Por outro lado, foi identificada maior dificuldade nas questões que envolviam a determinação da geometria molecular e dos valores dos ângulos de ligação. A identificação dessas dificuldades possibilitou ao professor o planejamento de estratégias para abordar esses temas de forma mais cuidadosa em aulas posteriores. Ressalta-se, por fim, que o questionário não teve como finalidade apenas a verificação da aprendizagem, mas também a sistematização dos principais conceitos químicos mobilizados na SD, além de permitir ao professor identificar eventuais dificuldades conceituais apresentadas pelos alunos, favorecendo o esclarecimento de dúvidas e o aprofundamento de determinados conteúdos.

Por fim, os alunos receberam cartazes sobre o programa de controle da TB, distribuídos pelo posto de saúde local, e foram orientados a fixá-los nos corredores da escola (Figura 6). Junto aos cartazes, também colocaram os cartões utilizados na segunda etapa da SD, contendo as imagens das caixas dos medicamentos utilizados no tratamento da TB, os QR codes que direcionavam para as estruturas tridimensionais dos fármacos e a frase: “aqui tem uma molécula” (Figura 3). A proposta de colar os cartazes na escola foi ressaltar a perspectiva freiriana do presente trabalho,⁵⁻¹⁰ trazendo para sala de aula um problema comunitário e considerando a construção do conhecimento de forma dialógica, onde a realidade do aluno é o ponto de partida e o foco é a transformação social, através da reflexão crítica e da ação coletiva.

Assim, a perspectiva freiriana, mais do que um enquadramento ético, permite compreender a inscrição como um gesto de leitura e reescrita do mundo. Ao transformar o cotidiano, a doença, o medicamento, a experiência do bairro,

em linguagem química, os estudantes exercitam uma forma de conscientização científica. O dispositivo tecnológico, que em Latour é um inscridor, converte-se aqui em mediador dialógico: uma ponte entre o visível e o pensável, entre a realidade vivida e o conceito químico. Assim, a SD propõe não apenas um ensino mais visual, mas uma práxis emancipadora, na qual aprender química é também interrogar criticamente as condições sociais que a atravessam.

5. Considerações Finais

No presente trabalho, buscamos desenvolver recursos inovadores para o ensino de química orgânica com base no conceito de inscrições, entendendo as estruturas químicas como inscrições (sub)microscópicas que representam moléculas presentes em objetos do cotidiano, os quais, por sua vez, podem ser representados por inscrições macroscópicas.

Com o objetivo de responder à questão central: *como o uso de recursos digitais pode facilitar a articulação entre inscrições macroscópicas, (sub)microscópicas e simbólicas?* propusemos uma SD capaz de articular temas de saúde pública e questões sociais aos diferentes níveis de inscrições químicas. A contextualização através da TB e seu tratamento revelou-se eficiente, mobilizando os alunos e permitindo com que eles compartilhassem experiências pessoais e referências da mídia, evidenciando a pertinência do tema estruturador.

Durante a SD, as inscrições macroscópicas emergiram de forma natural, valorizando os conhecimentos prévios dos estudantes e possibilitando a compreensão da relevância dos fármacos no tratamento da TB. Os QR codes, enquanto inscrições simbólicas, mostraram-se uma ferramenta simples e eficaz, trazendo o dispositivo tecnológico para a prática pedagógica e estabelecendo claramente a relação entre a caixa do medicamento e a estrutura química do fármaco. Dessa forma, favoreceu-se a integração entre os níveis macroscópico e (sub)microscópico, evidenciando que moléculas orgânicas desempenham papel central no tratamento da doença, conforme almejado nos objetivos. Além disso, os QR codes foram facilmente preparados, e softwares amplamente utilizados no meio acadêmico, de interface intuitiva, permitiram a criação das inscrições (sub)microscópicas, garantindo que a proposta seja reproduzível com facilidade.

Do ponto de vista motivacional, os alunos demonstraram entusiasmo, solicitando a realização de outras atividades semelhantes por parte do professor. A análise por nuvem de palavras indicou que conceitos estruturais, como funções químicas, destacaram-se na percepção dos estudantes, que também realizaram correlações com outros conteúdos, lembrando-se da peste negra discutida nas aulas de história e relacionando a TB à pandemia de COVID-19.



Figura 6. Material de prevenção à TB distribuído pelo posto de saúde local

O conjunto de perguntas disparadoras, inserido no *Google Forms*, permitiu ao docente acessar imediatamente os resultados, favorecendo a verificação da aprendizagem, a elucidação de dúvidas e a ressignificação de conteúdos incorretamente apreendidos.

Por fim, reconhecemos as dificuldades iniciais dos estudantes em transitar pelos diferentes níveis de inscrição necessários para compreender o papel da química na sociedade. Entretanto, acreditamos que a abordagem proposta por nosso grupo contribui de maneira simples e eficaz para promover essa integração, facilitando a aprendizagem e a compreensão do impacto social dessa área do conhecimento.

Informações Suplementares

As informações suplementares encontram-se disponíveis gratuitamente em <https://rvq.sbq.org.br/pdf/PROFQUI2026-5076-MS>.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPERJ pelo apoio financeiro que viabilizou a execução do presente projeto. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referência Bibliográfica

- Cooper, M. M.; Stowe, R. L.; Crandell, O. M.; Klymkowski, M. W.; Organic Chemistry, Life, the Universe and Everything (OCLUE): A Transformed Organic Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education* **2019**, *96*, 1858. [Crossref]
- Cooper, M. M.; Stowe, R. L.; Chemistry Education Research—From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice. *Chemical Reviews* **2018**, *118*, 6053. [Crossref]
- Santos, A. T.; Tamiasso-Martinhon, P.; Sousa, C.; Rocha, A. S.; Educação Ambiental e Ensino de Química: relato docente sobre atividades pedagógicas para abordar o conteúdo curricular. *Revista Virtual de Química* **2021**, *13*, 608. [Crossref]
- Levy, J.; Chagunda, I. C.; Iosub, V.; Leitch, D. C.; McIndoe, J. S.; MolecularAR: An Augmented Reality Application for Understanding 3D Geometry. *Journal of Chemical Education* **2024**, *101*, 2533. [Crossref]
- Freire, P.; *A Educação na Cidade*, 6a. ed., Cortez: São Paulo, 2005.
- Freire, P.; *Conscientização: Teoria e Prática da Libertação – Uma Introdução ao Pensamento de Paulo Freire*, 4a. ed., Moraes: São Paulo, 1980.
- Freire, P.; *Educação como Prática da Liberdade*, 31a. ed., Paz e Terra: Rio de Janeiro, 2008.
- Freire, P.; *Educação e Mudança*, 31a. ed., Paz e Terra: Rio de Janeiro, 2008.
- Freire, P.; *Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa*, 28a. ed., Paz e Terra: São Paulo, 2003.
- Freire, P.; *Pedagogia do Oprimido*, 31a. ed., Paz e Terra: Rio de Janeiro, 2001.
- Lang, L.; Cezar, H. M.; Adamowicz, L.; Pedersen, T. B.; Quantum Definition of Molecular Structure. *Journal of the American Chemical Society* **2024**, *146*, 1760. [Crossref]
- Ozcelik, A. T.; McDonald, S. P.; Preservice Science Teachers' Uses of Inscriptions in Science Teaching. *Journal of Science Teacher Education* **2013**, *24*, 1103. [Crossref]
- Pantidos, P.; Fragkiadaki, G.; Kalliampos, G.; Ravanis, K.; Inscriptions in Science Teaching: From Realism to Abstraction. *Frontiers in Education* **2022**, *7*, e905272. [Crossref]
- Latour, B.; *Ciência em Ação: Como Seguir Cientistas e Engenheiros na Sociedade*, 1a. ed., Editora UFRJ: Rio de Janeiro, 1987.
- HaddockLobo, R.; *Derrida e o Labirinto de Inscrições*, 1a. ed., Zouk: Porto Alegre, 2008.
- Derrida, J.; *A voz e o Fenômeno: Introdução ao Problema do Signo na Fenomenologia de Husserl*, 1a. ed., Edições 70: Lisboa, 2012.
- Husserl, E.; *Investigações Lógicas: Investigações para a Fenomenologia e a Teoria do Conhecimento*, 1a. ed., Forense Universitária: Rio de Janeiro, 2012.
- Husserl, E.; *A Origem da Geometria*, 1a. ed., Sociedade de Estudos e Pesquisa Qualitativos: São Paulo, 2006.
- Law, J.; Em *Actor Network Theory and Material Semiotics*; Turner, B. S., eds., WileyBlackwell: Chichester, 2008, cap. 7.
- Latour, B.; *Reagregando o Social: Uma Introdução à Teoria do AtorRede*, 1a. ed., Vozes: Petrópolis, 2012.
- Johnstone, A. H.; The Development of Chemistry Teaching: A Changing Response to Changing Demand. *Journal of Chemical Education* **1993**, *70*, 701. [Crossref]
- Roth, W.-M.; Pozzer-Ardenghi, L.; Han, J. Y.; *Critical Graphicacy: Understanding Visual Representation Practices in School Science*, 1a. ed., Springer: Dordrecht, 2005.
- Han, J.; Roth, W. M.; Chemical Inscriptions in Korean Textbooks: Semiotics of Macro- and Microworld. *Science Education* **2006**, *90*, 173. [Crossref]
- Bogdan, R.; Biklen, S.; *Investigação Qualitativa em Educação: Fundamentos, Métodos e Técnicas*, 1a. ed., Porto Editora: Portugal, 1994.
- Oliveira, M. M.; *Como Fazer Pesquisa Qualitativa*, 1a. ed., Vozes: Petrópolis, 2014.
- Chizzotti, A.; *Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais*, 1a. ed., Cortez Editora: São Paulo, 2011.
- Brasil, Ministério da Saúde. Resolução nº 510 de 7 de abril de 2016, Diário oficial da União, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/cns/2016/res0510_07_04_2016.html>. Acesso em: 28 novembro 2025.
- Governo do Estado do Rio de Janeiro, Secretaria de Educação. Currículo Mínimo 2012, Química. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1Ws3vrlml4N277HGJnt_KKDOI0peoU3D/view>. Acesso em: 01 fevereiro 2026.

29. Sítio *QR Code Generator*. Disponível em: <<https://br.qr-code-generator.com/>>. Acesso 01 fevereiro 2026.
30. Brasil. Ministério da Saúde. Tuberculose. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/t/tuberculose#:~:text=A%20tuberculose%20%C3%A9%20uma%20doen%C3%A7a,outros%20%C3%B3rg%C3%A3os%20e%2Fou%20sistema>>. Acesso em: 12 setembro 2025.
31. World Health Organization. Tuberculosis: Multidrug-Resistant Tuberculosis (MDR-TB). Disponível em: <[https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/tuberculosis-multidrug-resistant-tuberculosis-\(mdr-tb\)](https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/tuberculosis-multidrug-resistant-tuberculosis-(mdr-tb))>. Acesso em: 12 setembro 2025.
32. Hooks, B.; *Ensinando a Transgredir: A Educação Como Prática da Liberdade*, 2a. ed.; WMF Martins Fontes: São Paulo, 2017.
33. Grossi, M. G. R.; Leal, D. C. C. C.; Borja, S. D. B.; O Potencial Educativo dos Memes como Recurso Pedagógico; *Série-Estudos: Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB* **2023**, 28, 289. [Crossref]
34. Silva, J. D.; Araújo Neto, W. N.; Metáforas, Hipoícones e a Filosofia da Química entre o Anime e o Mangá “Dr. Stone”. *Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química* **2024**, 5, e052414. [Crossref]
35. A Química da TB. Disponível em: <<https://alysonbjcnew.wixsite.com/tb-qui-100>>. Acesso em: 01 fevereiro 2026.