Revista Virtual de Química

Educação

Rev. Virtual Quim. **2026**, *18(6)*, 984-993 – http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20260066

©2026 Sociedade Brasileira de Química

Craques da Química: O Álbum de Figurinhas como Estratégia Didática para Discussões CTSA e Questões Sociocientíficas no Ensino Médio

Chemistry Champions: The Sticker Album as a Didactic Strategy for STSE Discussions and Socio-scientific Issues in Secondary Education

Iterlandes Machado Junior,[a,*] Gabriel Henrique Sperandio[b]

[a]Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570-900, Viçosa-MG, Brasil

[b]Universidade Federal de Viçosa, Colégio de Aplicação (CAp-Coluni), CEP 36570-900, Viçosa-MG, Brasil

E-mail: iterlandes.junior@ufv.br

Submissão: 1 de Julho de 2026 – **Aceite:** 15 de Outubro de 2026 **– Publicado online:** 26 de Outubro de 2026

Editor Associado Responsável: Felipe Augusto de Mello Rezende

The use of ludic resources and the history of science has become established as a relevant pedagogical strategy for science education, promoting engagement and critical thinking. However, the operationalisation of Socio-scientific Issues (SSI) through collectibles aligned with the National Common Curricular Base (BNCC) and the Science, Technology, Society and Environment (STSE) perspective remains largely unexplored. This article presents *Craques da Química* ("Chemistry Champions"), a conceptual, theory-based didactic proposal that has not yet undergone systematic empirical application, built from Nobel Prize in Chemistry laureates (1901-2025). It organises 200 stickers into five STSE thematic axes; a Special Series on diversity in science runs across these axes rather than forming a sixth group. It features debate boxes and mediation formats articulated with the BNCC. Its construction followed a design-based research pathway, with operationalised selection criteria and documented fact-checking. It is concluded that the initiative constitutes a pedagogically grounded contribution to scientific literacy, whose effectiveness must be assessed in future validation stages.

Keywords: Sticker album; socio-scientific issues; STSE; Nobel Prize in Chemistry.

1. Introdução

O ensino de Química no Ensino Médio brasileiro ainda enfrenta o desafio persistente de articular conteúdos disciplinares com problemáticas sociais, ambientais e éticas do mundo contemporâneo. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)[1] reconhece essa necessidade ao estabelecer, para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, competências que exigem dos estudantes a capacidade de analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo. Entre as habilidades previstas, destacam-se a EM13CNT301, relacionada à construção e avaliação de hipóteses em situações-problema, e a EM13CNT302, que orienta os estudantes a posicionar-se de forma crítica e responsável diante de situações que envolvam saúde, sustentabilidade e desenvolvimento tecnológico. Esse arcabouço curricular dialoga diretamente com a perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que propõe um ensino de ciências socialmente referenciado, capaz de engajar o estudante na compreensão das implicações do progresso científico.[2]

No âmbito dessa perspectiva, as Questões Sociocientíficas (QSC) constituem recurso pedagógico especialmente produtivo. Sadler[3] define as QSC como dilemas sociais com vínculos conceituais ou tecnológicos à ciência, cujo processo de resolução mobiliza o raciocínio informal, com geração e avaliação de posições diante de situações complexas. Para Zeidler e colaboradores,[4] as QSC são fundamentais para promover a alfabetização científica funcional, pois articulam desenvolvimento moral, epistemológico e de caráter ao ensino de conteúdos científicos. No Brasil, Conrado e Nunes-Neto[5] consolidam esse referencial ao propor que as QSC devem promover não apenas o pensamento crítico, mas também a disposição para ações sociopolíticas fundamentadas no conhecimento científico.

Antes de articular esses referenciais a um material específico, importa situar o lugar do lúdico. O jogo e as atividades de apelo lúdico não são acessórios do ensino: constituem contextos culturais estruturados em que o

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.

estudante age, negocia regras e atribui sentido, favorecendo a aprendizagem em qualquer faixa etária.[6] No ensino de Química, o lúdico tem sido mobilizado para reaproximar a disciplina do cotidiano e para abrir espaço ao debate, à interação e à contextualização.[7,8] Sua contribuição às QSC é específica: enquanto a QSC exige exposição ao dilema, sustentação de posições e tolerância à incerteza, o lúdico oferece um ambiente afetivamente seguro e intrinsecamente motivador para que esse enfrentamento ocorra. Nesse cenário, o lúdico atua como um catalisador mediador: ao estabelecer uma "zona de segurança psicossocial" (onde o erro é ressignificado como etapa do jogo e não como falha passível de punição), o elemento lúdico reduz a ansiedade e desarma a postura defensiva dos educandos.

Nesse sentido, entende-se aqui a *alfabetização científica* como prática social, a capacidade de ler criticamente o mundo transformado pela ciência e pela tecnologia e nele intervir de modo responsável,[9,10] não como mero domínio de nomenclaturas. Registre-se que parte da literatura brasileira distingue *alfabetização científica*[10] de *letramento científico;*[9] adota-se aqui a leitura convergente de ambos como prática social e emprega-se, por coerência com o objetivo, o termo *alfabetização científica*.

A articulação entre QSC e materiais lúdicos, contudo, não é trivial. Ao empregar um álbum de figurinhas como veículo de QSC, o professor precisa equacionar ao menos duas tensões pedagógicas. A primeira opõe a lógica do colecionismo (que valoriza a completude, a posse e a troca) à lógica das QSC (que valoriza a incerteza, o debate aberto e a ausência de respostas definitivas). A segunda diz respeito à motivação: o colecionismo e o próprio caráter lúdico carregam uma motivação intrínseca, a atração genuína pela atividade, ao passo que o risco pedagógico está em convertê-los em motivação extrínseca, transformando a figurinha em recompensa por desempenho e corrompendo, assim, o elemento lúdico.[7,11] As duas tensões estruturam o desenho do material e são retomadas, de forma desenvolvida, nas seções de percurso metodológico, de implementação e nas considerações finais.

O *Craques da Química*, material didático colecionável de apelo lúdico desenvolvido pelos autores como parte deste artigo, enfrenta essas tensões por meio de escolhas explícitas de *design*: a figurinha não funciona como prêmio por respostas corretas, mas como oportunidade para debates e registros reflexivos; sua distribuição é intencionalmente conduzida pelo professor, e não sorteada em pacotes, o que afasta tanto o azar (*alea*) quanto a lógica mercadológica da escassez; e cada figurinha ancora-se em uma QSC de caráter aberto. São justamente os atributos do lúdico, a voluntariedade, o prazer da atividade e a segurança afetiva para expor posições, que ajudam a minimizar as tensões descritas, desde que preservados pela *responsabilidade lúdica*.[7]

A busca por estratégias que ampliem o engajamento tem impulsionado o uso de materiais lúdicos, mas a literatura alerta para seus limites. Felício e Soares[7] advertem que o elemento lúdico deve ser preservado para que o jogo não se torne mera avaliação disfarçada, e Rezende e Soares[11] evidenciam a necessidade de maior rigor teórico na elaboração desses materiais, preocupação que orienta diretamente as escolhas aqui adotadas (seções 3 e 5). No âmbito dos materiais colecionáveis, Fuentes Anton,[12] em estudo publicado no *Journal of Chemical Education*, criou um álbum de 130 figurinhas dos elementos químicos, o "El Desafío Mendeleiev", cuja aplicação evidenciou alto engajamento e potencial motivacional. Trata-se, todavia, de material centrado na memorização de propriedades, processo cognitivo distinto do raciocínio sociocientífico visado aqui, ressalva retomada na seção 3.

Diante desse quadro, esta pesquisa orienta-se pela seguinte questão: "*Como um álbum de figurinhas fundamentado nos laureados do Nobel de Química pode ser estruturado, do ponto de vista do design e da mediação, para operacionalizar QSC na perspectiva CTSA no Ensino Médio, preservando o caráter lúdico e evitando os elementos corruptivos apontados pela literatura?"* O objetivo é oferecer ao professor do Ensino Médio e ao licenciando em Química um instrumento mediador acessível, de baixo custo e fundamentado em referenciais consolidados, capaz de contribuir para a alfabetização científica e para a formação de sujeitos críticos. Registre-se, desde já, que se trata de proposta didática de natureza conceitual, teoricamente fundamentada, ainda não submetida a aplicação empírica sistemática; a validação em contexto escolar é apontada como agenda de trabalhos futuros.

2. Referenciais Teóricos

2.1. O lúdico e a concepção de jogo adotada no ensino de Química

Adota-se aqui uma concepção de jogo/atividade lúdica que ultrapassa o entretenimento. A palavra *lúdico* deriva do latim *ludus*, mas seu sentido pedagógico é mais amplo: na formulação clássica de Huizinga,[13] o jogo é atividade voluntária, exercida dentro de limites de tempo e espaço, segundo regras livremente consentidas, porém obrigatórias, dotada de um fim em si mesma e acompanhada de tensão, de alegria e da consciência de ser diferente da vida cotidiana. Explicita-se, para afastar a imprecisão terminológica: o *Craques da Química* não é um jogo competitivo de regras nem um jogo de azar, mas um *material didático colecionável de apelo lúdico*, um artefato cultural cujo uso, mediado pelo professor, mobiliza a dimensão lúdica a serviço do debate sociocientífico.

A ludicidade é coerente com as teorias construtivistas e situadas de aprendizagem, em especial com a noção de participação periférica legítima.[14] Soares[15] foi um dos primeiros pesquisadores brasileiros a sistematizar as bases teóricas do lúdico no ensino de Química; Cunha[8] sintetiza suas funções motivacional, psicomotora, cognitiva e afetiva. Felício e Soares[7] propuseram o conceito de *responsabilidade lúdica*: o professor que utiliza jogos com fins educacionais assume o compromisso de preservar o prazer genuíno da atividade, sob risco de convertê-la em ferramenta de controle e avaliação. Rezende e Soares[11] identificaram que 72,7% dos jogos publicados na QNEsc entre 2012 e 2021 apresentavam algum elemento corruptivo, dado que orienta diretamente as escolhas metodológicas desta proposta e que é retomado, de modo autoavaliativo, na seção 5.

Contudo, o potencial do lúdico depende do referencial de ensino-aprendizagem que o sustenta: o jogo, por si só, não supera a memorização mecânica que os autores criticam. Um material educativo só cumpre sua função quando mantém em equilíbrio a função lúdica e a função educativa: se apenas a segunda é explorada, o material se reduz a mais um recurso didático e perde o interesse; se o ludismo é levado ao excesso, dilui-se o ensino.[6,16] No *Craques da Química*, a superação da mera memorização não decorre da figurinha em si, mas da camada de QSC que a acompanha: o estudante não é convidado a decorar nomes de laureados, e sim a analisar dilemas éticos, ambientais e sociais associados a cada descoberta, deslocando a atividade do reconhecimento para o raciocínio e o posicionamento.

A classificação dos jogos dispõe de referenciais consolidados. Campagne[17] propõe quatro critérios para avaliar um jogo educativo: o valor experimental, o valor de estruturação, o valor de relação e o valor lúdico. Quanto à tipologia, Caillois[18] organiza os jogos em quatro categorias, *agôn* (competição), *alea* (azar), *mimicry* (representação) e *ilinx* (vertigem), às quais Kishimoto[16] acrescenta classificações como jogos de construção, de regras e de memória. Justifica-se, à luz dessas categorias, a natureza do material: ao substituir a distribuição aleatória em pacotinhos pela distribuição intencional conduzida pelo professor, o *Craques da Química* afasta-se deliberadamente da categoria *alea* e da lógica competitiva do *agôn*, aproximando-se dos jogos de construção e de memória, de caráter cooperativo, escolha coerente com a advertência de Rezende e Soares[11] sobre o impacto corruptivo do azar em contextos escolares.

2.2. O colecionismo como estratégia pedagógica

Fuentes Anton[12] aponta que materiais colecionáveis exercem forte apelo psicológico pela nostalgia retroativa e pelo sentido de pertencimento comunitário. Diferentemente de cartas de jogo estratégico, álbuns de figurinhas oferecem organização estruturada e progressão visual clara: cada espaço vazio é um convite, não um obstáculo. Do ponto de vista do ensino-aprendizagem, esse apelo só se torna pedagógico quando o artefato é mobilizado como instrumento de mediação. Recorre-se, para tanto, à perspectiva histórico-cultural: para Vygotsky,[19] a aprendizagem é mediada por instrumentos e signos culturais, e Wertsch,[20] ao formular a noção de *ação mediada*, mostra como artefatos culturais reorganizam a atividade cognitiva do sujeito. É nesse sentido preciso, e não como sinônimo genérico de "recurso", que o álbum é aqui tratado como *instrumento mediador*: ele estrutura a interação, oferece um objeto compartilhado de atenção e conduz o estudante do reconhecimento visual ao debate sociocientífico.

Esse potencial, todavia, não é indiferente ao público. O *Craques da Química* foi concebido para o Ensino Médio e para a Licenciatura em Química; a linguagem das caixas CTSA, o grau de abertura dos dilemas e o repertório histórico foram calibrados para essa faixa, o que não impede adaptações pelo professor. Cabe ainda uma distinção que se tornará central na seção 5: a modulação docente da entrega das figurinhas deve vincular-se a processos de aprendizagem, jamais a recompensas por comportamento, pois atrelar a figurinha a desempenho a converteria em bem/prêmio, corrompendo o jogo, que é, por definição, improdutivo.[7,11]

2.3. CTSA, QSC, alfabetização científica e história do Prêmio Nobel

O movimento CTSA, conforme Auler e Bazzo,[2] propõe superar a visão salvacionista e determinista da tecnologia para desenvolver a capacidade de avaliar criticamente o progresso científico. As QSC, segundo Sadler,[3] são dilemas de base científica que exigem raciocínio informal e tomada de decisão fundamentada em evidências. Zeidler e colaboradores[4] acrescentam que o ensino orientado por QSC integra o desenvolvimento moral e de caráter, e Conrado e Nunes-Neto[5] propõem que ele conduza a ações sociopolíticas.

O Prêmio Nobel de Química constitui registro histórico privilegiado dessas tensões. Concedido desde 1901, embora não anualmente: em oito ocasiões (1916, 1917, 1919, 1924, 1933, 1940, 1941 e 1942) não houve premiação, de modo que, até 2025, foram 117 premiações,[21] o prêmio concentrou tanto os maiores avanços da Química moderna quanto suas mais agudas controvérsias, dos fertilizantes que salvaram milhões da fome e impulsionaram armas químicas (Nobel de 1918, Fritz Haber) à edição genômica que levanta dilemas bioéticos urgentes (Nobel de 2020, Charpentier e Doudna). As próprias lacunas do prêmio, concentradas nos períodos

das duas Guerras Mundiais, constituem, elas mesmas, excelente material de QSC sobre as relações entre ciência, guerra e critérios institucionais de reconhecimento.

Em vez de uma periodização rígida por décadas, que produziria lacunas incompatíveis com laureados aqui contemplados, a evolução temática pode ser lida como um movimento contínuo: das bases da matéria às grandes sínteses e aos polímeros, da ascensão da bioquímica à nanociência, à sustentabilidade e, mais recentemente, à inteligência artificial.

Uma análise das trajetórias dos laureados costuma destacar pilares recorrentes da excelência científica, a genealogia da orientação entre laureados, a liberdade para a pesquisa de base e a resiliência diante do dogma. Tais afirmações, porém, não podem repousar apenas no discurso institucional do próprio prêmio: os estudos sociais da ciência mostram, há décadas, como se formam elites científicas e como o crédito é atribuído de modo cumulativo, o "efeito Mateus" de Merton[22] e a análise de Zuckerman[23] sobre a elite Nobel evidenciam que reconhecimento e mérito não são sinônimos. Essa leitura crítica é indispensável para não converter o álbum em galeria de heróis isolados[10] e ampara, inclusive, o olhar sobre as ausências: em 124 anos, apenas oito mulheres foram laureadas e não há registro de cientista negro premiado em Química, assimetrias retomadas nas seções 3 e 6.

Ao problematizar a história do Prêmio Nobel como parâmetro de excelência científica, faz-se imprescindível tecer um olhar crítico sobre as disparidades de gênero que marcam a trajetória dessa honraria. Historicamente, a sub-representação feminina entre os laureados na área de Química reflete não a ausência de contribuições relevantes por parte de cientistas mulheres, mas sim as barreiras estruturais, o efeito Matilda (que ignora, diminui ou apaga o trabalho de mulheres na ciência) e os vieses de visibilidade que tangenciam a construção do conhecimento científico. Incorporar essa dimensão crítica no referencial do material é fundamental para desmistificar a visão ingênua de uma ciência neutra, puramente meritocrática e masculina. Assim, o resgate e a visibilidade das trajetórias de mulheres cientistas no álbum de figurinhas emergem como um recurso pedagógico potente para desconstruir estereótipos de gênero, inspirar novas vocações e fomentar discussões sobre equidade e diversidade na ciência.

3. Percurso Metodológico

Este trabalho caracteriza-se como pesquisa de desenvolvimento de material didático, orientada pelos princípios do *Design-Based Research* (DBR), que articula fundamentação teórica, produção iterativa de um artefato e validação empírica em ciclos sucessivos. Declaram-se aqui quatro etapas: (i) análise e fundamentação, apresentada nas seções 1 e 2; (ii) definição de critérios e *design* da estrutura; (iii) produção do material; e (iv) validação, planejada como agenda futura (seção 6). Os critérios enunciados a seguir constituem, portanto, procedimentos que orientam a construção do material e permitem sua replicação.

3.1. Critérios de seleção e sua operacionalização

A seleção e a alocação dos laureados apoiaram-se em três critérios: (a) relevância das QSC vinculadas à descoberta; (b) consonância com competências e habilidades da BNCC;[1] e (c) representatividade histórica e diversidade. Para tornar o critério (a) verificável, cada uma das 200 laureações foi classificada por dois pesquisadores, de forma independente, em uma rubrica de três indicadores, presença de dilema ético/ambiental/social; aderência a pelo menos uma habilidade da BNCC; e potencial de gerar debate no Ensino Médio, cada indicador pontuado de 0 a 2. As divergências foram resolvidas por consenso, e a pontuação consolidada orientou tanto a alocação por eixo quanto a priorização das descobertas com maiores implicações sociais. A rubrica completa e a planilha de classificação integram o Material Suplementar, de modo que a distribuição por eixos deixa de ser arbitrária e torna-se auditável.

3.2. Produção do material e uso de Inteligência Artificial

Em atendimento às diretrizes de transparência sobre o uso de inteligência artificial generativa (IAG) em pesquisa, e por recomendação da avaliação, esta informação é aqui tratada como parte da metodologia, e não como adendo. A produção envolveu duas ferramentas, ambas utilizadas em suas versões comerciais por assinatura: o modelo de linguagem *Claude Sonnet 4.6* (*Anthropic*) e o gerador de imagens *GPT Image 2* (*OpenAI*).

O *Claude Sonnet 4.6* auxiliou na estruturação textual, organização dos eixos, redação preliminar das caixas CTSA e das fichas da Série Especial e padronização da diagramação, restrito ao processamento de linguagem natural. O trabalho foi iterativo: os comandos iniciais nem sempre produziram o resultado pretendido, exigindo reformulação sucessiva dos *prompts* a partir das respostas obtidas; observou-se, como limitação, tendência do modelo a generalizações históricas que precisaram ser corrigidas pelos autores.

As ilustrações das figurinhas foram inteiramente geradas por IAG (*GPT Image 2*), a partir de *prompts* estruturados que descrevem o estilo artístico, os elementos visuais simbólicos da descoberta e a paleta cromática do eixo, não tendo sido submetidas a qualquer edição manual posterior. Não se trata,

portanto, de ilustração feita à mão nem de fotografia editada. As imagens são originais e não reproduzem fotografias de pessoas reais nem obras protegidas por direito autoral; como limitação, registrou-se a necessidade de regerar imagens (novos *prompts*) quando surgiam artefatos anatômicos ou de texto, nunca de editá-las.

Dada a natureza histórica do material, a precisão factual foi assegurada por meio do cruzamento sistemático de todas as caixas CTSA e fichas da Série Especial com a base de dados oficial NobelPrize.org[21] e outras fontes primárias. Durante esse processo, os autores priorizaram a exatidão das datas, das autorias e da divisão dos prêmios, garantindo que a revisão integral do conteúdo se fundamentasse em uma rigorosa checagem documental.

4. O Material: Estrutura, Eixos e Recursos

O *Craques da Química* é um álbum de 200 figurinhas, termo que se adota, em lugar de "cromos", por ser o de uso corrente no Brasil. O álbum contém 200 figurinhas: 192 regulares e 8 especiais metalizadas (Série Especial). Cada figurinha mede 50×69 mm, dispostos em grade 3×3 por página do álbum (formato A4), totalizando nove figurinhas por folha impressa e corresponde a uma das 200 laureações do Nobel de Química entre 1901 e 2025, isto é, foi construída uma figurinha por laureação, o que perfaz 198 cientistas distintos, pois Frederick Sanger e Barry Sharpless, laureados duas vezes, recebem duas figurinhas cada, uma por premiação.[21] Nos anos em que o prêmio foi partilhado por dois ou três cientistas, o que ocorreu na maioria das premiações, a figurinha do ano retrata os colaureados em conjunto, reforçando, já na imagem, que a ciência é empreendimento coletivo, e não obra de gênios isolados.

A organização em cinco eixos temáticos, em vez de uma ordem meramente cronológica, tem função pedagógica: agrupa as descobertas por famílias de problemas sociocientíficos, de modo que o professor possa mobilizar um eixo inteiro em torno de uma mesma discussão CTSA e de habilidades afins da BNCC. O número de figurinhas por eixo (Quadro 1) reflete a extensão histórica da área e a riqueza de QSC apurada na rubrica (seção 3.1): o Eixo 1, por abranger materiais, radioatividade e energia ao longo de todo o período, concentra o maior acervo. A Série Especial não é um sexto eixo: é um recorte transversal de 8 figurinhas já contabilizadas dentro dos eixos temáticos coerentes com a descoberta de cada laureada (por isso não se soma ao total).

4.1. Os cinco eixos e suas questões norteadoras

Cada eixo é apresentado a seguir já acompanhado de sua questão norteadora, de modo que a função das perguntas fique clara: são questões abertas, de abordagem CTSA, destinadas aos estudantes, propostas pelo professor ao término de cada eixo e respondidas coletivamente em debate mediado, não têm resposta "correta" e não servem à avaliação somativa, mas à sustentação de posições fundamentadas.

O eixo 1: *Inovação em Materiais e Transição Energética*, ilustra as consequências ambivalentes da tecnologia: a síntese de amônia (Nobel de 1918, Fritz Haber) viabilizou fertilizantes e, também, explosivos e gases de combate; a ambivalência reaparece nas baterias de íon-lítio (Nobel de 2019) e nas redes metalorgânicas, MOFs (Nobel de 2025), que trazem questões sobre mineração e ciclos de vida. Questão norteadora: *"A mesma síntese de amônia que alimenta populações foi usada para fabricar explosivos. Como a sociedade pode decidir os limites éticos do uso de uma descoberta? A quem cabe essa responsabilidade: cientista, governo ou indústria?"*

Quadro 1. Estrutura do álbum Craques da Química: eixos, discussão CTSA, habilidades da BNCC e número de figurinhas

Quantidade de Eixos	Nome dos Eixos Temáticos	Discussão CTSA Presente nos Eixos	Habilidades BNCC	n
1	Inovação em Materiais e Transição Energética	Tecnologia ambivalente: fertilizantes *vs.* armas; baterias e MOFs; mineração e ciclos de vida	EM13CNT101; EM13CNT206	43
2	Arquitetura Molecular e Síntese da Vida	Química verde; fármacos e resíduos; ética na síntese	EM13CNT101; EM13CNT203	35
3	Modelagem Virtual	Química computacional; redução de riscos experimentais; validação de modelos	EM13CNT301	37
4	Biotecnologia, Saúde e Fronteiras Éticas	Edição gênica (CRISPR); IA na saúde; acesso e justiça	EM13CNT302; EM13CNT303	50
5	Vigilância Ambiental e Tecnologias de Diagnóstico	Camada de ozônio; Protocolo de Montreal; ciência e política pública	EM13CNT207; EM13CNT302	35
Total				**200**

Fonte: Elaborado pelos autores com base nas laureações do Nobel de Química[21] e na BNCC.[1] Legenda: n = número de figurinhas do eixo.

O eixo 2: *Arquitetura Molecular e Síntese da Vida,* percorre a síntese orgânica dos açúcares de Emil Fischer (1902) à química "clique" bioortogonal (2022), ilustrando a passagem para abordagens mais verdes e os doze princípios da Química Verde (EM13CNT203). Questão norteadora: *"Toda síntese gera resíduos e riscos. Até que ponto é eticamente aceitável produzir uma substância útil cujo processo é ambientalmente danoso? Como a Química Verde redistribui essa responsabilidade entre quem pesquisa, quem produz e quem regula?"*

O eixo 3: *Modelagem Virtual,* mostra como a química teórica e computacional reduz a dependência de experimentos perigosos, das leis da cinética de van't Hoff (1901) aos modelos multiescala (Nobel de 2013), em consonância com a EM13CNT301. Questão norteadora: *"Até que ponto podemos confiar em simulações para substituir testes em animais ou humanos? Quem valida esses modelos e quem assume a responsabilidade quando erram?"*

O eixo 4: *Biotecnologia, Saúde e Fronteiras Éticas,* é o mais fértil para QSC de alta complexidade: a edição genômica por CRISPR-Cas9 (2020) e a predição de estruturas de proteínas por IA (2024) suscitam questões sobre eugenia, privacidade genômica e acesso desigual (EM13CNT302; EM13CNT303). Questão norteadora: *"Se fosse possível eliminar uma doença genética grave no embrião, você seria a favor? E se a mesma tecnologia servisse para escolher inteligência ou aparência? Onde está a linha entre tratamento e eugenia?"*

O eixo 5: *Vigilância Ambiental e Tecnologias de Diagnóstico*, traz o exemplo mais acabado de articulação entre ciência e política pública: a pesquisa de Crutzen, Molina e Rowland sobre a destruição da camada de ozônio (Nobel de 1995) embasou o Protocolo de Montreal (1987). No Eixo 4 a habilidade EM13CNT302 volta-se à decisão individual e coletiva diante de dilemas de saúde; no Eixo 5, à governança e às políticas públicas ambientais. Questão norteadora: *"Que problemas ambientais atuais precisariam de um Protocolo de Montreal equivalente, e o que impede que ele aconteça?"*

4.2. A Série Especial: diversidade na ciência

A Série Especial reúne 8 figurinhas metalizadas. É preciso justificar o critério e evitar mal-entendidos, as oito laureadas não foram escolhidas por terem contribuições "mais importantes" que os demais, não há hierarquia de mérito, foram reunidas por serem, até 2025, as únicas oito mulheres laureadas em Química, o que torna visível, pela própria raridade da série, a sub-representação estrutural de gênero. Cada laureada da Série Especial integra o eixo coerente com sua descoberta, conforme observa-se no Quadro 2.

Duas cautelas pedagógicas orientam a Série Especial. Primeira: as sínteses biográficas devem apoiar-se em fontes explícitas e verificáveis (indicadas no Material Suplementar). Segunda, e mais importante: reduzir uma trajetória a um rótulo identitário produz efeito contrário ao pretendido. Por isso, em detrimento de individualizar como superação pessoal aquilo que os próprios autores definem como mecanismo estrutural, optamos por inserir uma *nota de contexto estrutural*, que remete às barreiras institucionais (universidades, agências de fomento, comitês de premiação) e a uma questão norteadora própria: *"Que mecanismos institucionais perpetuam a sub-representação de mulheres na ciência e como podem ser transformados?"*

A diversidade, ademais, não se esgota no gênero. Em atenção à Lei nº 10.639/2003, que torna obrigatório o tratamento das relações étnico-raciais na educação básica,[24] o material incorpora uma segunda camada de discussão: em 124 anos, não há registro de cientista negro laureado em Química, e a premiação concentra-se fortemente no Atlântico Norte. Essas ausências, de raça e de geografia (assimetria Norte-Sul), são propostas como QSC ao lado

Quadro 2. Distribuição das cientistas laureadas pertencentes à Série Especial nos diferentes eixos temáticos

Nome dos Eixos Temáticos	Cientistas Laureadas	Descoberta	n
Inovação em Materiais e Transição Energética	Marie Curie Irène Joliot-Curie	Radioatividade	2
Arquitetura Molecular e Síntese da Vida	Frances Arnold Carolyn Bertozzi	Evolução Dirigida Química "clique"	2
Modelagem Virtual	Dorothy Hodgkin	Cristalografia Estrutural	1
Biotecnologia, Saúde e Fronteiras Éticas	Ada Yonath	Estrutura do Ribossomo	3
	Jennifer Doudna Emmanuelle Charpentier	CRISPR	
Total			8

Fonte: Elaborado pelos autores com base nas laureações do Nobel de Química.[21] Legenda: n = número de figurinhas do eixo.

da questão de gênero, aproximando o debate da realidade do estudante brasileiro. Reconhece-se, por fim, que nenhuma dessas discussões dispensa a mediação docente; ao contrário, dela depende integralmente.

4.3. *Design* gráfico das figurinhas

O álbum adota dois modelos visuais. O Modelo Regular, em estilo esboço a lápis (*pencil sketch*), apresenta retrato a traço sobre fundo bege-creme, moldura com gradiente dourado, barra lateral com a medalha Nobel e o ícone da área, e rodapé com nacionalidade, instituição e ano. O Modelo Especial Metalizado distingue-se por textura holográfica iridescente, acentos dourados de maior saturação e medalhão "Figurinha Especial".

A diferenciação visual cumpre função pedagógica, mas não se sustenta por si só: o destaque metalizado apenas sinaliza que aquela figura carrega uma história a ser problematizada; cabe ao professor aproveitar esse chamariz estético para deflagrar a discussão sobre diversidade estrutural, o que exige, portanto, mediação, e não a dispensa.[5]

Para que o leitor visualize o material desde já, a Figura 1 apresenta a capa do álbum (com múltiplas figurinhas) e a Figura 2 exemplifica os dois modelos. Modelos completos daquilo que constitui a novidade da proposta, uma página no *layout* 3×3 acompanhada de sua caixa CTSA, uma página da Série Especial e a contracapa com o *checklist* de coleção, constam do Material Suplementar (Figuras S1 a S3).

Como referencial estético, observa-se que o *Nobel Prize Outreach AB* adota retratos artísticos oficiais de seus laureados desde 2012.[25,26] A opção por não utilizar fotografias reais justifica-se pela necessidade de mitigar vulnerabilidades atreladas aos direitos autorais de fotógrafos terceiros. No tocante ao direito de imagem dos cientistas retratados (art. 20 do Código Civil),[27]

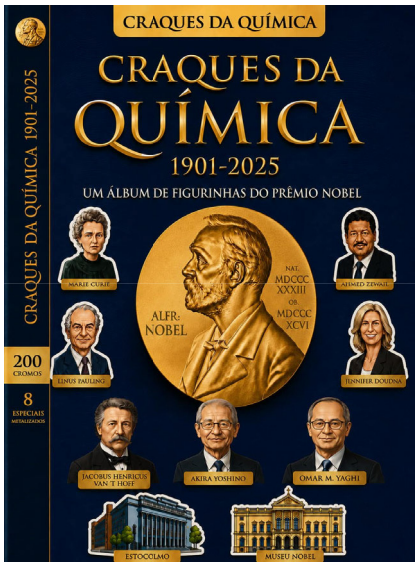


Figura 1. Capa do álbum Craques da Química, com múltiplas figurinhas regulares e especiais. Fonte: Autores com o auxílio da IAG *GPT Image 2*

por se tratar o projeto Craques da Química de uma iniciativa estritamente educacional, informativa e sem fins comerciais, a representação dessas figuras encontra sólido amparo constitucional no direito à memória e à difusão do conhecimento (STF, ADI 4815).[28] Diante disso, para garantir a plena segurança jurídica e a originalidade da obra, recomenda-se a utilização exclusiva de ilustrações inéditas, sejam elas elaboradas por estudantes de Artes e *Design*, encomendadas a profissionais sob o regime de cessão de direitos, ou geradas por Inteligência Artificial Generativa (IAG), alternativas que dispensam o uso de fotografias pré-existentes e alinham-se perfeitamente à vocação didática do projeto.

O álbum completo e as 200 figurinhas estão disponíveis, desde já, para *download* e impressão em repositório de acesso livre (ver Informações Suplementares), atendendo à recomendação de disponibilização integral do material.



Figura 2. Exemplos dos dois modelos: figurinha especial metalizada (Marie Curie, Nobel de 1911) e figurinha regular (Linus Pauling, Nobel de 1954). Os números impressos são ilustrativos do *layout.* Fonte: Autores com o auxílio da IAG GPT Image 2

5. Mediação Pedagógica e Implementação

Esta seção ocupa posição central, e não de adendo, porque é nela que as duas tensões enunciadas na Introdução são efetivamente enfrentadas. A primeira tensão (colecionismo × incerteza das QSC) é administrada mantendo separados os dois planos: a completude do álbum é objetivo lúdico legítimo, mas as questões norteadoras permanecem abertas e sem resposta "correta". Completar a coleção nunca equivale a "resolver" as QSC; o preenchimento visual e o debate convivem sem que um subordine o outro.

A segunda tensão (motivação intrínseca × extrínseca) situa-se no ponto mais delicado, e é enfrentada, não contornada. Ao aplicar ao próprio álbum os critérios de Rezende e Soares[11] sobre elementos corruptivos, reconhece-se que um modelo no qual a figurinha fosse concedida como recompensa por lição de casa, participação ou relatório converteria o material lúdico em moeda de troca por comportamento, lógica *skinneriana* que corrompe o jogo, cerceia a liberdade do estudante e desloca o objetivo pedagógico para segundo plano. Como não há sorteio de pacotes, elimina-se tanto o azar (*alea*) quanto a lógica mercadológica da escassez artificial.

Essa opção tem duas consequências. Sob a ótica da distribuição aleatória, completar 200 figurinhas exigiria, pelo problema do colecionador de cupons, ordem de grandeza muito superior; a distribuição determinada pelo professor torna a completude planejável e o custo previsível. Segunda: a troca entre estudantes deixa de ser movida pela escassez e passa a ser colaborativa, grupos que já possuem certa figurinha auxiliam outros a completar o acervo coletivo da turma, o que se justifica pedagogicamente por reforçar a corresponsabilidade e o caráter improdutivo (não-mercantil) do jogo, em vez de simular um mercado.

Recomenda-se o formato Colaborativo para qualquer turma de Ensino Médio ou de Licenciatura, sem pressupor um "perfil ideal" de estudante, o que seria excludente e incompatível com uma proposta ancorada na BNCC. A turma organiza-se em grupos de 4 a 6 estudantes; cada grupo recebe um álbum e figurinhas iniciais, e novas figurinhas são liberadas pelo professor à medida que os processos de aprendizagem avançam. Recomenda-se um período de 5 a 8 semanas com mediação docente ativa.

A intencionalidade lúdica da proposta é, assim, explícita: o prazer de colecionar e de completar o álbum é o que sustenta o engajamento, enquanto a mediação docente garante que esse engajamento se converta em raciocínio sociocientífico, equilíbrio entre função lúdica e função educativa que a proposta persegue e que a distingue de um uso meramente motivacional.

A título de exemplo, a figurinha de Fritz Haber (Eixo 1) pode estruturar uma sequência de quatro aulas, com objetivos declarados em cada etapa: (1) entrega da figurinha e levantamento de conhecimentos prévios sobre fertilizantes, *objetivo: ativar repertório e diagnosticar concepções iniciais*; (2) leitura compartilhada sobre o uso de gás cloro na Primeira Guerra, *objetivo: evidenciar a ambivalência da mesma descoberta*; (3) pesquisa em grupo sobre impactos ambientais dos fertilizantes nitrogenados, *objetivo: mobilizar dados para fundamentar posições*; e (4) debate estruturado sobre o legado de Haber, *objetivo: exercitar o posicionamento sociocientífico e a ação sociopolítica*. A sequência mobiliza as habilidades EM13CNT101 e EM13CNT302 e articula colecionismo, QSC e mediação docente. O Quadro 3 sistematiza um roteiro de mediação aplicável a qualquer figurinha.

A viabilidade prática merece explicitação, sobretudo para a escola pública. Como o álbum e as figurinhas são disponibilizados gratuitamente para *download* (Material Suplementar), a impressão pode ser feita na infraestrutura da própria escola ou em serviço de baixo custo, preferencialmente em um álbum por grupo, e não por aluno. O recorte das figurinhas, dispostas em grade 3×3, pode ser incorporado como primeira atividade da sequência, envolvendo os próprios estudantes, o que reduz o trabalho do professor e reforça o pertencimento ao material. Importa notar que, na lógica aqui adotada, não há pacotes a serem embalados nem sorteio: a distribuição é conduzida diretamente pelo professor ao longo dos processos de aprendizagem, o que simplifica a logística e elimina custos e etapas do modelo comercial de colecionismo.

Quadro 3. Roteiro de mediação: perguntas norteadoras por dimensão CTSA, articuladas à BNCC

Dimensões CTSA	Perguntas Norteadoras Para os Estudantes	Habilidades da BNCC
Ciência	O que exatamente esse cientista descobriu? Como chegou a essa conclusão?	EM13CNT301
Tecnologia	Quais tecnologias essa descoberta tornou possíveis? Que problemas técnicos resolveu?	EM13CNT101
Sociedade	Quem se beneficiou? Quem foi prejudicado? Há questões de justiça social envolvidas?	EM13CNT302
Ambiente	Quais impactos ambientais essa descoberta teve ou tem? É tecnologia sustentável?	EM13CNT206; EM13CNT207
Ética	Haveria limites éticos para essa descoberta? O que você faria no lugar desse cientista?	EM13CNT303
Política	Que leis ou tratados foram influenciados por essa descoberta?	EM13CNT302

Fonte: Elaborado pelos autores com base na BNCC.[1]

6. Considerações Finais

O *Craques da Química* configura-se como proposta didática que busca ir além do aspecto motivacional frequentemente associado ao uso de jogos, equilibrando função lúdica e função educativa. Ao articular o colecionismo, a perspectiva CTSA, o repertório histórico e ético dos laureados do Nobel e as exigências da BNCC, o material oferece um instrumento mediador, no sentido histórico-cultural,[19,20] para a alfabetização científica como prática social,[9,10] operacionalizada por meio das QSC.[5]

Retomam-se, ao final, as duas tensões estruturantes. A tensão colecionismo × incerteza é preservada ao manter as questões abertas; a tensão motivação intrínseca × extrínseca é enfrentada ao abandonar o modelo de recompensa. Assim, a atenção às advertências de Felício e Soares[7] e de Rezende e Soares[11] deixa de ser invocação retórica e passa a orientar escolhas concretas de *design*.

Há, contudo, uma tensão mais profunda que a proposta assume explicitamente. Um álbum de "craques" é, por construção, uma galeria que tende a premiar o gênio individual, o resultado consagrado e uma geografia da ciência concentrada no Atlântico Norte, precisamente a imagem de cientista-herói que se pretende superar.[10] Em vez de ocultar esse risco, o material o transforma em objeto de estudo: os próprios vieses do prêmio, o limite de três laureados por ano, a ausência de premiação póstuma, a invisibilidade de técnicos e coletivos de pesquisa, a concentração nacional e a ausência de laureados negros, são propostos como QSC do próprio álbum, convidando o estudante a interrogar não só a ciência, mas os mecanismos que a consagram.

Reconhece-se que o *Craques da Química* é, neste momento, proposta fundamentada, ainda não submetida a aplicação empírica. Para a consolidação, recomendam-se: (i) validação por professores da educação básica quanto à pertinência curricular e à viabilidade; (ii) aplicação piloto em pelo menos duas turmas, com coleta de dados que ultrapasse o engajamento e alcance o potencial pedagógico propriamente dito, qualidade argumentativa nos debates, mobilização de habilidades da BNCC e, em especial, se e como as discussões de gênero, raça e geografia da ciência efetivamente emergem a partir da Série Especial, utilizando instrumentos de análise de argumentação sociocientífica;[5] e (iii) análise do impacto das caixas CTSA na formação de posicionamentos fundamentados.

Quanto à viabilidade econômica, como o álbum e as figurinhas são disponibilizados gratuitamente para *download*, e a distribuição é determinada pelo professor (dispensando a compra de pacotes), o custo real por estudante reduz-se drasticamente: recomenda-se a impressão de um álbum por grupo (e não por aluno), a reutilização entre turmas e o uso da infraestrutura de impressão da escola, o que torna a proposta compatível com a realidade de escolas públicas com muitos estudantes por professor. Espera-se que o trabalho subsidie o planejamento de professores comprometidos com uma educação química crítica e contextualizada e que estimule investigações empíricas sobre seus efeitos.

Declaração de Conflito de Interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Informações Suplementares

As Informações Suplementares, o álbum completo e as 200 figurinhas do *Craques da Química*, estão disponíveis gratuitamente, em repositório de acesso livre, em: [Link]. O material contém: (a) lista completa das 200 laureações por eixo, com critério de seleção e sugestão de elemento visual; (b) a rubrica de classificação e a planilha que operacionaliza a distribuição por eixos; (c) modelos de página com as caixas CTSA, página no *layout* 3×3, página da Série Especial e contracapa com o *checklist* de coleção (Figuras S1 a S3); (d) detalhes técnicos de impressão (dimensões 50×69 mm, papel 75 g ou 90-120 g); (e) fichas das oito laureadas da Série Especial com notas de contexto estrutural e fontes; (f) consolidado de todas as questões CTSA por eixo, incluindo as QSC sobre os vieses do próprio prêmio; e (g) estimativa de custos sob impressão coletiva.

Para Saber Mais

Os leitores interessados podem consultar as referências 5, 6, 8, 9 e 16, que reúnem, respectivamente, os fundamentos das QSC e das ações sociopolíticas, o conceito de responsabilidade lúdica, a análise de elementos corruptivos em jogos, o estudo empírico com álbuns colecionáveis de figurinhas e a base histórica dos laureados do Nobel de Química.

Referências Bibliográficas

1. Brasil; Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 19 outubro 2026.
2. Auler, D.; Bazzo, W. A.; Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto brasileiro. *Ciência & Educação* **2001**, *7*, 1. [Crossref]
3. Sadler, T. D.; Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, *41*, 513. [Crossref]

4. Zeidler, D. L.; Sadler, T. D.; Simmons, M. L.; Howes, E. V.; Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education* **2005**, *89*, 357. [Crossref]
5. Conrado, D. M.; Nunes-Neto, N.; *Questões Sociocientíficas: Fundamentos, Propostas de Ensino e Perspectivas para Ações Sociopolíticas*. EDUFBA: Salvador, 2018.
6. Souza, E. C.; Souza, S. H. S.; Barbosa, I. C. C.; Silva, A. S.; O Lúdico como Estratégia Didática para o Ensino de Química no 1º Ano do Ensino Médio. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 449. [Link]
7. Felício, C. M.; Soares, M. H. F. B.; Da intencionalidade à responsabilidade lúdica: novos termos para uma reflexão sobre o uso de jogos no ensino de Química. *Química Nova na Escola* **2018**, *40*, 160. [Link]
8. Cunha, M. B.; Jogos no ensino de Química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química Nova na Escola* **2012**, *34*, 92. [Link]
9. Santos, W. L. P.; Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação* **2007**, *12*, 474. [Crossref]
10. Chassot, A.; *Alfabetização Científica: Questões e Desafios para a Educação*, 8a. ed., Unijuí: Ijuí, 2018.
11. Rezende, F. A. M.; Soares, M. H. F. B.; Análise de elementos corruptivos dos jogos educativos publicados na QNEsc (2012-2021) na perspectiva de Caillois. *Química Nova na Escola* **2022**, *44*, 439. [Link]
12. Anton, S. F.; From Childhood to Classroom: Teaching the Periodic Table of Elements through Collectible Sticker Cards. *Journal of Chemical Education* **2025**, *102*, 4349. [Crossref]
13. Huizinga, J.; *Homo Ludens: o Jogo como Elemento da Cultura*, 5a. ed, Perspectiva: São Paulo, 2000.
14. Lave, J.; Wenger, E.; *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press: Cambridge, 1991.
15. Soares, M. H. F. B.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de São Carlos, 2004. [Link]
16. Kishimoto, T. M.; *O Jogo e a Educação Infantil*, 4a. ed., Cortez: São Paulo, 1996.
17. Campagne, F.; *Le Jouet, l'Enfant, l'Éducateur: Rôles de l'Objet dans le Développement de l'Enfant et le Travail Pédagogique*. Privat: Paris, 1989.
18. Caillois, R.; *Os Jogos e os Homens: a Máscara e a Vertigem*. Cotovia: Lisboa, 1990.
19. Vygotsky, L. S.; *A Formação Social da Mente: o Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores*, 7a. ed., Martins Fontes: São Paulo, 2007.
20. Wertsch, J. V.; *Mind as Action*. Oxford University Press: New York, 1998.
21. Site The Nobel Prize. All Nobel Prizes in Chemistry. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-nobel-prizes-in-chemistry/all/>. Acesso em: 19 outubro 2026.
22. Merton, R. K.; The Matthew Effect in Science. *Science* **1968**, *159*, 56. [Crossref]
23. Zuckerman, H.; *Scientific Elite: Nobel Laureates in the United States*. The Free Press: New York, 1977.
24. Brasil; Lei nº 10.639, de 9 de janeiro de 2003. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.639.htm>. Acesso em: 19 outubro 2026.
25. Site Dhaka Tribune. Who is the Artist behind the Nobel Prize Portraits?. Disponível em: <https://www.dhakatribune.com/world/361631>. Acesso em: 19 outubro 2026.
26. Site Scienceinfo. Who Painted Portraits of Nobel Prize Winners?. Disponível em: <https://scienceinfo.net/who-painted-portraits-of-nobel-prize-winners.html>. Acesso em: 19 outubro 2026.
27. Brasil; Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm>. Acesso em: 19 outubro 2026.
28. Site Supremo Tribunal Federal. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=4271057>. Acesso em: 19 outubro 2026.