ISSN: 2358-8829

TRÍADE ORGANOMETÁLICA: UMA PROPOSTA DE JOGO EDUCATIVO NA ÁREA DE QUÍMICA ORGÂNICA PARA O ENSINO SUPERIOR

Samara Raíssa Barbosa Lucena [1]
José Robson da Silva Filho [2]

INTRODUÇÃO

O ensino de Química envolve a compreensão de fenômenos que frequentemente exigem do estudante a articulação entre diferentes níveis de representação, a interpretação de estruturas e transformações moleculares e a mobilização de conhecimentos para a resolução de problemas. Essa característica torna particularmente relevante a busca por estratégias didáticas capazes de ultrapassar a transmissão e a reprodução de informações, favorecendo a participação ativa do estudante na construção e aplicação do conhecimento químico. Nesse contexto, as abordagens lúdicas e os jogos didáticos têm adquirido espaço nas discussões sobre inovação pedagógica, por possibilitarem a articulação entre conteúdos conceituais, interação, tomada de decisão e resolução de problemas (Edwards *et al.,* 2023; Rodríguez-Rivera *et al.,* 2026).

A utilização de jogos em contextos educacionais não deve, entretanto, ser compreendida simplesmente como a inserção de uma atividade recreativa em sala de aula. Para que um jogo constitua uma estratégia de ensino, sua mecânica, seus objetivos e seus elementos de interação precisam estar relacionados às aprendizagens pretendidas. A literatura recente diferencia, nesse sentido, conceitos como aprendizagem baseada em jogos (*game-based learning*), gamificação e jogos sérios, destacando que eles não são necessariamente equivalentes. Na aprendizagem baseada em jogos, o próprio jogo constitui o ambiente no qual ocorre a atividade de aprendizagem, enquanto a gamificação consiste na incorporação de elementos característicos dos jogos em contextos que não são originalmente jogos. Essa distinção é importante para o planejamento de recursos

[1] Graduanda do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, samara.lucena@ufpe.br;
[2] Professor orientador: Mestre e Doutorando em Química, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, joserobson.silvafilho@ufpe.br

ISSN: 2358-8829

didáticos nos quais o conteúdo disciplinar esteja efetivamente incorporado à dinâmica da atividade (Edwards *et al.,* 2023; Rodríguez-Rivera *et al.,* 2026).

No ensino de Ciências, e particularmente no ensino de Química, essa abordagem apresenta potencial diante de conteúdos caracterizados por elevado grau de abstração. Uma revisão sistemática recente sobre abordagens baseadas em jogos na educação química identificou crescimento expressivo das pesquisas na área e apontou efeitos positivos principalmente sobre motivação, engajamento e desempenho acadêmico, embora ressalte a importância de que as intervenções sejam planejadas de acordo com os objetivos e o contexto de aprendizagem (Elmali; Freund; Tiemann, 2026). Em outra perspectiva, uma meta-análise publicada em 2026, envolvendo a aprendizagem baseada em jogos nas Ciências Naturais, identificou efeitos positivos sobre motivação, autoeficácia e desempenho acadêmico, reforçando o potencial dessa abordagem sem desconsiderar a necessidade de desenhos pedagógicos adequados (Soriano-Sánchez; Quijano López; Airado Rodríguez, 2026).

A relevância dessas estratégias não se restringe à educação básica. No ensino superior, jogos e atividades baseadas em jogos podem assumir funções de revisão, aplicação e consolidação de conceitos, especialmente quando colocam o estudante diante de situações nas quais é necessário mobilizar conhecimentos previamente trabalhados. Essa possibilidade é particularmente pertinente à formação em Química, na qual determinados conteúdos exigem a integração entre conhecimentos estruturais, mecanísticos e reacionais. Estudos recentes mostram, por exemplo, a aplicação de jogos em cursos universitários de Química Orgânica para trabalhar estrutura molecular, ressonância, grupos funcionais, mecanismos e outros conteúdos, indicando que recursos lúdicos podem ser incorporados também a níveis mais avançados de formação (Silva Júnior *et al.,* 2022; Roy; Gasca; Winum, 2023; Silva Júnior *et al.,* 2024).

É nesse contexto que se insere o presente trabalho, que tem como objetivo apresentar o desenvolvimento do Tríade Organometálica, um jogo de cartas direcionado ao ensino superior e elaborado para abordar reações organometálicas estudadas em disciplinas de Química Orgânica na graduação. O jogo foi concebido a partir da adaptação da mecânica de formação de trincas de um baralho, associando elementos do jogo tradicional a representações de transformações químicas. O recorte contempla principalmente a formação e a utilização de reagentes organolítio e organomagnésio, incluindo sua reação com aldeídos e cetonas e a consequente formação de álcoois.

ISSN: 2358-8829

A proposta parte do princípio de que, ao estabelecer relações entre substratos, reagentes e produtos, o estudante pode exercitar não apenas a identificação de espécies químicas, mas também a interpretação da transformação reacional envolvida. Dessa forma, o caráter lúdico é integrado ao conteúdo disciplinar, buscando transformar a resolução de relações químicas em parte constitutiva da própria dinâmica do jogo. O desenvolvimento do recurso pretende, portanto, ampliar as possibilidades de abordagem de conteúdos avançados da Química Orgânica, demonstrando que estratégias lúdicas podem ser planejadas para além de conteúdos introdutórios e aplicadas a situações que exigem raciocínio químico e tomada de decisão.

Ludicidade, jogos e aprendizagem

A utilização de jogos no contexto educacional está relacionada à compreensão da ludicidade como uma experiência que pode envolver interação, desafio, experimentação, regras, feedback e tomada de decisões. No âmbito pedagógico, entretanto, o jogo não deve ser valorizado exclusivamente pelo potencial de entretenimento. Seu interesse educacional está associado à possibilidade de criar situações nas quais o estudante participa ativamente de uma tarefa orientada por objetivos, recebe informações sobre suas ações e precisa ajustar suas estratégias ao longo da atividade (Rodríguez-Rivera *et al.,* 2026).

Essa perspectiva encontra respaldo em estudos recentes sobre aprendizagem baseada em jogos, que destacam a importância da interação entre ação, julgamento e feedback. Edwards *et al.* (2023), ao discutirem a utilização de jogos na educação em neurociência, descrevem a dinâmica de jogo como um ciclo no qual o estudante realiza julgamentos, toma decisões, recebe consequências ou feedback e, a partir dessas informações, modifica suas ações. Esse processo pode favorecer experiências de aprendizagem nas quais o conhecimento não é apenas apresentado ao estudante, mas mobilizado para solucionar situações propostas pelo próprio jogo.

A literatura também destaca que diferentes formas de utilização dos elementos lúdicos produzem experiências pedagógicas distintas. A gamificação, por exemplo, pode utilizar pontuação, competição, recompensas ou rankings para modificar a experiência de uma atividade preexistente, enquanto a aprendizagem baseada em jogos incorpora o conteúdo aos objetivos e às regras do próprio jogo. Essa distinção é relevante porque o potencial educativo não decorre automaticamente da presença de elementos considerados

divertidos, mas da articulação entre mecânica, conteúdo e objetivo pedagógico (Edwards *et al.,* 2023; Rodríguez-Rivera *et al.,* 2026).

Jogos no ensino de Química

A Química apresenta características que tornam particularmente pertinente o desenvolvimento de estratégias didáticas que favoreçam a participação ativa. A necessidade de transitar entre fórmulas, estruturas, representações simbólicas, modelos e fenômenos macroscópicos pode dificultar a construção de relações entre os conceitos. Nesse cenário, jogos podem funcionar como instrumentos de revisão, aplicação e associação conceitual, desde que os elementos do jogo estejam articulados ao conhecimento químico (Elmali; Freund; Tiemann, 2026).

Uma revisão sistemática publicada em 2026 identificou 52 estudos sobre abordagens baseadas em jogos no ensino de Química entre 2014 e 2024, observando que a aprendizagem baseada em jogos foi a modalidade mais frequente entre os trabalhos analisados. Os estudos revisados apresentaram resultados positivos sobretudo em relação ao desempenho acadêmico, à motivação e ao engajamento, embora os autores ressaltem a necessidade de ampliar a investigação para outras dimensões da aprendizagem (Elmali; Freund; Tiemann, 2026).

Essas evidências indicam que jogos podem ocupar diferentes funções no ensino de Química, para o ensino superior, essa possibilidade ganha relevância porque os estudantes podem ser submetidos a desafios que não se limitam ao reconhecimento ou à memorização de conceitos, mas envolvem aplicação e tomada de decisão.

Jogos aplicados ao ensino de Química Orgânica

A Química Orgânica constitui um campo particularmente fértil para a utilização de jogos didáticos, em razão da quantidade de estruturas, reagentes, transformações e mecanismos que precisam ser relacionados pelos estudantes. Trabalhos desenvolvidos em diferentes contextos universitários mostram que jogos podem ser utilizados para abordar tanto conhecimentos estruturais quanto raciocínio reacional.

Silva Júnior *et al.* (2022) desenvolveram um jogo de cartas virtual voltado à revisão da teoria estrutural dos compostos orgânicos, aplicado a estudantes de graduação no Brasil e na Itália. Os autores observaram avaliação positiva da atividade pelos estudantes e resultados de aprendizagem comparáveis aos de aulas tradicionais de resolução de problemas. Posteriormente, Silva Júnior *et al.* (2024) apresentaram outro jogo de cartas destinado à revisão de conceitos de ressonância e à prática de representação

ISSN: 2358-8829

de estruturas, novamente direcionado a estudantes de graduação em Química Orgânica. Esses trabalhos demonstram que a mecânica de cartas pode ser adaptada para conteúdos que exigem relações entre estruturas e conceitos químicos.

Ademais, O *Chem'Sc@pe*, por exemplo, foi desenvolvido como um jogo de escape para estudantes universitários de primeiro e segundo anos, envolvendo conteúdos de Química Orgânica como grupos funcionais, nomenclatura, hibridização e estereoquímica. A experiência foi organizada de maneira colaborativa e apresentou avaliação positiva dos estudantes quanto ao caráter agradável e útil da atividade (Roy; Gasca; Winum, 2023). Da mesma forma, *CheMakers* foi concebido como um jogo colaborativo para desenvolver o raciocínio mecanístico em Química Orgânica, exigindo que os estudantes utilizassem conhecimentos de mecanismos e estratégias para alcançar objetivos dentro da dinâmica do jogo (Mello *et al.,* 2021).

É nesse espaço que se posiciona a Tríade Organometálica. Diferentemente de uma atividade baseada exclusivamente em perguntas e respostas, o jogo utiliza a própria estrutura das transformações químicas como elemento da mecânica. As trincas são formadas pela associação entre espécies químicas que participam de uma transformação coerente, de modo que a obtenção do conjunto depende da capacidade do jogador de reconhecer a relação reacional existente entre as cartas.

No recorte proposto, essa dinâmica é aplicada às reações organometálicas estudadas na graduação, particularmente à formação e à utilização de reagentes organolítio e organomagnésio. As cartas podem representar haletos orgânicos e metais empregados na formação dos organometálicos ou, em outra etapa, compostos carbonílicos, reagentes organometálicos e os respectivos produtos. Dessa maneira, a atividade permite trabalhar relações entre estrutura e reatividade e, simultaneamente, introduzir elementos de planejamento e tomada de decisão.

A escolha das reações organometálicas também contribui para ampliar a discussão sobre o alcance dos jogos didáticos no ensino superior. Embora estratégias lúdicas sejam frequentemente associadas a conteúdos introdutórios ou à educação básica, as experiências relatadas na literatura demonstram que estudantes universitários podem utilizar jogos para revisar e aplicar conteúdos de Química Orgânica. A Tríade Organometálica parte dessa possibilidade e a direciona a um conteúdo que demanda maior articulação conceitual, buscando demonstrar que a ludicidade pode coexistir com níveis elevados de complexidade disciplinar.

ISSN: 2358-8829

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

O desenvolvimento do jogo didático Tríade Organometálica adotou uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e aplicado, voltada à elaboração de um recurso para o ensino de Química Orgânica no nível superior. A proposta partiu da adaptação de jogos de cartas baseados na formação de trincas, articulando elementos lúdicos à aplicação de conhecimentos químicos.

Inicialmente, foram definidos os conteúdos relacionados às reações de compostos organometálicos, com ênfase na formação e reatividade de reagentes organolítio e organomagnésio frente a compostos carbonílicos. A partir desses conteúdos, foram elaboradas e organizadas cartas representando substratos, reagentes, produtos e demais componentes necessários à dinâmica do jogo.

As combinações foram estabelecidas considerando a coerência química das transformações, a adequação da nomenclatura e o potencial didático das situações propostas. A dinâmica também incorporou elementos estratégicos, como a disponibilidade limitada de determinados recursos, especialmente os metais empregados na formação dos reagentes organometálicos, de modo a estimular a tomada de decisão e o planejamento.

Após a elaboração, o material foi analisado quanto à sua coerência química e adequação didático-pedagógica, sendo realizados os ajustes necessários. Nesta etapa, não houve aplicação sistemática do jogo a estudantes nem coleta de dados envolvendo participantes humanos. Dessa forma, não houve necessidade de submissão a Comitê de Ética em Pesquisa. As imagens e elementos gráficos utilizados foram produzidos especificamente para o material ou selecionados de fontes compatíveis com seu uso acadêmico, respeitando-se os respectivos direitos de utilização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal resultado deste trabalho foi o desenvolvimento do jogo didático Tríade Organometálica, concebido para abordar reações organometálicas no ensino superior de Química. A proposta foi estruturada a partir da formação de trincas de cartas quimicamente compatíveis, de modo que a dinâmica do jogo estivesse diretamente relacionada aos conteúdos trabalhados. Diferentemente de uma atividade em que o

ISSN: 2358-8829

elemento lúdico é acrescentado posteriormente ao conteúdo, buscou-se fazer com que as próprias regras e possibilidades de combinação exigissem a mobilização de conhecimentos químicos.

O baralho foi organizado em categorias que representam diferentes etapas e componentes das transformações estudadas: compostos carbonílicos, reagentes organometálicos, produtos, haletos orgânicos e metais. Essa organização permite estabelecer uma relação entre a formação dos reagentes e sua posterior utilização, incorporando ao jogo não apenas a etapa de reação com o composto carbonílico, mas também a preparação dos reagentes organometálicos.

Tabela 1: Subdivisão das cartas previstas no jogo

Categoria	Exemplos	Função na dinâmica
Compostos carbonílicos	Metanal, etanal, propanona, acetofenona	Substratos das transformações
Reagentes organometálicos	CH_3Li, C_2H_5Li, CH_3MgBr, PhMgBr	Reagentes nucleofílicos
Produtos	Álcoois primários, secundários e terciários	Produtos das transformações
Haletos orgânicos	CH_3Cl, C_2H_5Br, PhBr	Precursores dos organometálicos
Metais	Li e Mg	Formação dos reagentes

Fonte: os autores (2026).

A presença dos haletos orgânicos e dos metais amplia a abordagem conceitual do jogo. Em uma primeira possibilidade de interação, o jogador precisa reconhecer a combinação adequada para a formação de um reagente organometálico. Posteriormente, esse reagente pode ser empregado em uma transformação com um composto carbonílico. Estabelece-se, assim, uma sequência que relaciona precursor → reagente organometálico → transformação → produto, favorecendo uma compreensão integrada do conteúdo.

Essa característica é particularmente relevante para o ensino de reações organometálicas, nas quais o estudante precisa compreender simultaneamente a estrutura do reagente, sua natureza nucleofílica e a transformação promovida sobre o substrato. Ao incorporar essas relações à dinâmica do jogo, pretende-se reduzir a apresentação

fragmentada de diferentes etapas da síntese e estimular o reconhecimento de padrões reacionais.

Na segunda etapa da dinâmica, as cartas de compostos carbonílicos podem ser associadas aos diferentes reagentes organometálicos disponíveis, produzindo álcoois com diferentes graus de substituição. Algumas das possibilidades são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Possíveis combinações para formação de diferentes álcoois

Composto carbonílico	Reagente organometálico	Produto
Metanal	CH_3Li	Etanol
Etanal	C_2H_5MgBr	2-butanol
Propanona	CH_3Li	2-metil-2-propanol
2-pentanona	C_2H_5MgBr	3-etil-3-pentanol
Acetofenona	CH_3Li	2-fenil-2-propanol
Acetofenona	C_2H_5MgBr	2-fenil-2-butanol

Fonte: Os autores (2026).

A necessidade de formar corretamente essas combinações faz com que o participante mobilize conhecimentos sobre estrutura molecular, reatividade e transformação de grupos funcionais. O jogador não precisa apenas reconhecer uma carta isoladamente, mas estabelecer uma relação entre substrato, reagente e produto. Nesse sentido, a atividade pode favorecer a passagem de uma aprendizagem baseada predominantemente na identificação ou memorização de reações para uma situação em que o estudante precisa utilizar o conhecimento para resolver um problema.

Outro aspecto considerado na elaboração foi a possibilidade de um mesmo substrato apresentar diferentes produtos em função do reagente empregado. Essa característica amplia o caráter estratégico do jogo e, simultaneamente, reforça um princípio importante da Química Orgânica: a transformação observada depende da combinação entre estrutura do substrato e natureza do reagente. A variedade de combinações também evita que a atividade seja reduzida à memorização de uma única associação entre cartas.

A proposta incorpora ainda um elemento estratégico relacionado à disponibilidade limitada de recursos. As cartas referentes aos metais, particularmente lítio e magnésio, não foram distribuídas de maneira a permitir que todas as formações de organometálicos

ISSN: 2358-8829

ocorram simultaneamente. Essa limitação foi estabelecida intencionalmente, de modo que a obtenção de um determinado reagente envolva uma decisão do jogador.

Do ponto de vista didático, essa escolha é relevante porque impede que a dinâmica se limite a uma sequência automática de combinações. O participante precisa avaliar quais cartas possui, quais reagentes pode formar e quais combinações podem ser utilizadas posteriormente. Dessa forma, a escassez controlada dos recursos introduz elementos de planejamento, tomada de decisão e resolução de problemas, sem retirar do jogo sua finalidade principal de trabalhar conceitos químicos.

A estratégia também contribui para a interação entre os participantes. A disponibilidade de determinadas cartas pode influenciar as escolhas dos demais jogadores, criando situações nas quais é necessário decidir entre utilizar imediatamente um recurso ou reservá-lo para uma combinação potencialmente mais vantajosa. Assim, o componente estratégico não é tratado como elemento independente do conteúdo, mas como parte da própria experiência de aprendizagem.

Outro resultado importante da estrutura proposta é a possibilidade de trabalhar diferentes níveis de complexidade dentro de uma mesma atividade. As combinações envolvendo metanal e reagentes organometálicos, por exemplo, permitem abordar a formação de álcoois primários, enquanto aldeídos superiores e cetonas possibilitam a discussão de álcoois secundários e terciários. A presença de diferentes substratos também permite explorar variações estruturais sem alterar a lógica fundamental da reação.

Nesse sentido, o jogo apresenta potencial para funcionar tanto como instrumento de introdução quanto de revisão de conteúdos. Em uma situação inicial, o professor pode utilizar um conjunto reduzido de cartas e discutir as relações entre reagente e produto. Em momentos posteriores, a ampliação do número de cartas e a utilização dos recursos limitados podem exigir maior autonomia dos estudantes. A mesma estrutura, portanto, pode ser adaptada a diferentes momentos de uma disciplina de Química Orgânica.

A proposta também se diferencia de atividades exclusivamente voltadas à nomenclatura ou à identificação de funções orgânicas por exigir a articulação entre diferentes representações do conhecimento químico. Para formar uma trinca, o estudante precisa reconhecer o substrato, identificar a espécie organometálica adequada e prever o produto resultante. Essa articulação favorece a compreensão das relações entre estrutura e reatividade, aspecto central para a aprendizagem de Química Orgânica.

ISSN: 2358-8829

Do ponto de vista da aprendizagem baseada em jogos, a dinâmica apresenta ainda um ciclo recorrente de análise, decisão, ação e verificação. O jogador observa as cartas disponíveis, formula uma possibilidade de combinação, realiza sua jogada e verifica se a trinca formada é quimicamente coerente. Eventuais erros podem ser utilizados como oportunidade para retomar os conceitos envolvidos, especialmente quando a atividade é mediada pelo professor. Dessa maneira, o erro deixa de representar apenas uma penalização dentro do jogo e pode assumir função formativa.

A utilização de uma dinâmica de cartas também apresenta uma vantagem relacionada à interação entre os participantes. A discussão sobre a validade de determinadas combinações pode estimular a explicitação do raciocínio químico, permitindo que o estudante justifique por que determinado reagente conduz a determinado produto. A atividade pode, portanto, favorecer não apenas o reconhecimento de respostas, mas também a argumentação baseada em conceitos químicos.

É importante destacar, entretanto, que os resultados apresentados nesta etapa correspondem ao desenvolvimento e à análise do recurso didático, não a uma avaliação empírica de sua eficácia com estudantes. Não foram realizados, nesta etapa, testes sistemáticos de aprendizagem, comparação entre grupos ou aplicação de instrumentos para mensuração de desempenho. Assim, afirmações acerca de aprendizagem, motivação ou melhoria do desempenho devem ser compreendidas como potencialidades decorrentes da estrutura proposta, e não como efeitos já comprovados experimentalmente.

A análise do material desenvolvido indica, contudo, que a Tríade Organometálica apresenta coerência entre seus mecanismos de jogo e os objetivos conceituais estabelecidos. A formação das trincas exige o reconhecimento de relações químicas; a disponibilidade limitada de determinados recursos introduz planejamento; e a possibilidade de diferentes combinações amplia a tomada de decisão. Dessa forma, o caráter lúdico não constitui apenas um recurso de motivação, mas está integrado à própria forma de trabalhar o conteúdo.

Considerando a complexidade frequentemente associada ao ensino de reações organometálicas no nível superior, a proposta amplia as possibilidades de utilização de jogos didáticos para conteúdos que ultrapassam os conceitos introdutórios da Química. O jogo desenvolvido demonstra, portanto, a possibilidade de articular ludicidade, raciocínio químico e estratégia em uma mesma atividade, constituindo um recurso com potencial para complementar abordagens convencionais no ensino de Química Orgânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do jogo Tríade Organometálica resultou em um recurso didático voltado ao ensino de reações organometálicas no nível superior, integrando conteúdos químicos a uma dinâmica de formação de trincas. A estrutura elaborada permite abordar, de forma articulada, a formação de reagentes organometálicos, sua reatividade frente a compostos carbonílicos e a identificação dos respectivos produtos.

A análise do jogo evidencia que seus mecanismos foram construídos de modo a associar o conteúdo químico à tomada de decisão, ao planejamento e ao reconhecimento de relações entre estrutura e reatividade. A limitação de determinados recursos e a possibilidade de diferentes combinações contribuem para que a dimensão estratégica esteja vinculada ao próprio raciocínio químico, e não apenas à dinâmica recreativa. Embora ainda seja necessária a aplicação sistemática do jogo com estudantes para avaliar empiricamente seus efeitos sobre a aprendizagem, o jogo Tríade Organometálica apresenta potencial como ferramenta complementar para o ensino de Química Orgânica, especialmente na abordagem de conteúdos de maior complexidade no ensino superior.

Palavras-chave: Jogo educativo, Baralho, Reações orgânicas, Organometálicos, Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

EDWARDS, S. L. *et al.* Game-based learning in neuroscience: key terminology, literature survey, and how to guide to create a serious game. **Neurology: Education**, v. 2, n. 4, e200103, 2023.

ELMALI, S.; FREUND, L.; TIEMANN, R. A systematic literature review of game-based approaches in chemistry education (2014–2024). **Chemistry Education Research and Practice**, v. 27, n. 1, p. 31–44, 2026.

MELLO, M. *et al*. CheMakers: playing a collaborative board game to understand organic chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 2, p. 530–534, 2021.

NGUYEN, A.; BAVELIER, D. Play in video games. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 153, 105386, 2023.

RODRÍGUEZ-RIVERA, P. *et al.* Learning through play in higher education: a systematic review of impact, evidence and pedagogical challenges. **Espiral. Cuadernos del Profesorado**, v. 19, n. 40, 2026.

ROY, B.; GASCA, S.; WINUM, J.-Y. Chem'Sc@pe: an organic chemistry learning digital escape game. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 3, p. 1382–1391, 2023.

SILVA JÚNIOR, J. N. da *et al.* STR120: a web-based board game for aiding students in review of the structural theory of organic compounds. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 9, p. 3315–3322, 2022.

SILVA JÚNIOR, J. N. da *et al.* Design, implementation, and evaluation of a web-based board game for aiding students' review of the resonance of organic compounds. **Journal of Chemical Education**, v. 101, n. 3, p. 1341–1347, 2024.

SORIANO-SÁNCHEZ, J. G.; QUIJANO LÓPEZ, R.; AIRADO RODRÍGUEZ, D. The impact of game-based learning on motivation, self-efficacy, and academic achievement in the natural sciences: a meta-analysis. **Education Sciences**, v. 16, n. 1, 122, 2026.