

**LUDICIDADE, TECNOLOGIA  
E APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA:  
PERSPECTIVAS PARA O  
ENSINO DE REAÇÕES  
QUÍMICAS NO ENSINO  
MÉDIO**

**PLAYFULNESS, TECHNOLOGY AND MEANINGFUL LEARNING:  
PERSPECTIVES FOR THE TEACHING OF CHEMICAL REACTIONS IN HIGH  
SCHOOL**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Humanas • 14/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/781322219](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/781322219)

---

Simonia de Sousa Martins<sup>1</sup>

José Divino dos Santos<sup>2</sup>

---

## RESUMO

O presente artigo examina as relações entre ludicidade, mediação tecnológica e aprendizagem significativa no contexto do ensino de reações químicas no Ensino Médio. A investigação parte da constatação de que a abstração conceitual inerente aos conteúdos de Química constitui um dos principais obstáculos ao engajamento e à compreensão dos estudantes, especialmente quando o processo pedagógico privilegia a transmissão verbal em detrimento da construção ativa de significados. Do ponto de vista metodológico, trata-se de uma revisão teórica narrativa, de abordagem qualitativa, que analisa criticamente referenciais consolidados e produções científicas relevantes da área de Ensino de Ciências e de Ensino de Química. Com base em referenciais teóricos consolidados, como a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), as contribuições de Moreira (2011) sobre subsuções e organizadores prévios, as reflexões de Kishimoto (2011) sobre o jogo como instrumento educativo, as proposições de Moran (2015) sobre tecnologias e metodologias ativas, e as perspectivas de Pozo e Crespo (2009) sobre o aprendizado de Ciências, o artigo discute como propostas pedagógicas que integram jogos didáticos e recursos digitais podem favorecer a compreensão conceitual de reações químicas. Os resultados da análise indicam que a integração intencional entre ludicidade e tecnologia, ancorada em sólida fundamentação teórica, favorece a transição entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico propostos por Johnstone (1993), contribuindo para uma aprendizagem mais profunda e duradoura. A análise aponta que a articulação entre ludicidade e tecnologia, quando sustentada por planejamento intencional e mediação docente qualificada, cria condições mais favoráveis para que os estudantes relacionem fenômenos observáveis, modelos explicativos e representações simbólicas.

Conclui-se que o desenvolvimento de recursos didáticos híbridos para o ensino de reações químicas constitui uma via promissora para qualificar as práticas pedagógicas no Ensino Médio, desde que alinhados a fundamentação teórica rigorosa e a avaliação formativa sistemática.

**Palavras-chave:** Ensino de Química; Reações Químicas; Aprendizagem Significativa; Jogos Didáticos; Tecnologia Educacional.

## **ABSTRACT**

This article examines the relationships between playfulness, technological mediation, and meaningful learning in the context of teaching chemical reactions at the high school level. The investigation departs from the observation that the conceptual abstraction inherent in Chemistry content constitutes one of the main obstacles to student engagement and comprehension, especially when the pedagogical process prioritizes verbal transmission over the active construction of meaning. Drawing on consolidated theoretical frameworks, such as Ausubel's (1968) theory of meaningful learning, Moreira's (2011) contributions on subsumers and advance organizers, Kishimoto's (2011) reflections on play as an educational tool, Moran's (2015) propositions on technologies and active methodologies, and Pozo and Crespo's (2009) perspectives on science learning, the article discusses how pedagogical proposals integrating educational games and digital resources can foster conceptual understanding of chemical reactions. The analysis indicates that the articulation between playfulness and technology, when sustained by intentional planning and qualified teaching mediation, creates more favorable conditions for students to relate observable phenomena, explanatory models, and symbolic representations. It is concluded that the development of hybrid

didactic resources for teaching chemical reactions constitutes a promising path for enhancing pedagogical practices in high school, provided they are aligned with rigorous theoretical foundations and systematic formative assessment.

**Keywords:** Chemistry Teaching; Chemical Reactions; Meaningful Learning; Educational Games; Educational Technology.

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências na Educação Básica enfrenta desafios persistentes que ultrapassam os limites das reformas curriculares e alcançam as práticas cotidianas de sala de aula. No campo da Química, esses desafios assumem contornos específicos: a linguagem simbólica, a abstração dos fenômenos submicroscópicos e a distância entre os conteúdos escolares e as experiências concretas dos estudantes configuram obstáculos reais ao processo de ensino e aprendizagem. Entre os tópicos que concentram maior dificuldade, as reações químicas ocupam lugar de destaque, uma vez que sua compreensão exige a articulação simultânea entre diferentes níveis de representação da matéria.

A literatura especializada em ensino de Química tem documentado sistematicamente as dificuldades dos estudantes do Ensino Médio no domínio das reações químicas. Pesquisas realizadas por Mortimer e Machado (2016) evidenciam que a maioria dos alunos opera com concepções alternativas sobre as transformações da matéria, reduzindo as reações a processos de mistura ou de mudança de aparência, sem compreender a reorganização das partículas que define a transformação química. Essa limitação não é trivial: ela compromete a capacidade do estudante de interpretar

fenômenos naturais, tecnológicos e ambientais que dependem de reações químicas.

Parte do problema reside nos modelos pedagógicos ainda predominantes em muitas escolas. O ensino centrado na transmissão de conteúdos, na memorização de classificações e equações e na resolução algorítmica de exercícios distancia a aprendizagem da Química de seu potencial formativo mais amplo. Pozo e Crespo (2009) argumentam que o ensino de Ciências frequentemente subestima as teorias implícitas dos estudantes, operando como se bastasse apresentar a informação correta para substituir concepções equivocadas, o que não ocorre sem mediação qualificada e sem a criação de conflitos cognitivos capazes de reorganizar os esquemas de compreensão dos aprendizes.

Diante desse cenário, diferentes vertentes da pesquisa em Ensino de Ciências têm investigado alternativas metodológicas capazes de aproximar os conteúdos das reações químicas das experiências cognitivas e culturais dos estudantes. Entre essas alternativas, duas se destacam pela crescente produção de evidências e pela coerência teórica: o uso de jogos didáticos e a integração de tecnologias digitais ao processo pedagógico. Isoladamente, cada uma dessas abordagens apresenta potencial reconhecido; articuladas, constituem uma proposta de ensino híbrido com potencial ainda mais expressivo.

A fundamentação teórica para essa articulação encontra-se, em primeiro lugar, na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), que orienta a análise das condições necessárias para que novos conhecimentos sejam incorporados de forma consistente às estruturas cognitivas dos aprendizes. Complementarmente, as

contribuições de Vigotski (2007) sobre a zona de desenvolvimento proximal e o papel dos instrumentos culturais na mediação do conhecimento oferecem suporte para compreender como o jogo e a tecnologia podem funcionar como mediadores da construção conceitual em Química.

O presente artigo propõe, nesse horizonte, uma discussão teórica e analítica sobre as relações entre ludicidade, mediação tecnológica e aprendizagem significativa aplicadas ao ensino de reações químicas no Ensino Médio. A questão central que orienta o percurso argumentativo é: de que modo a articulação entre jogos didáticos e recursos digitais pode criar condições mais favoráveis para a aprendizagem significativa de reações químicas? Para responder a essa questão, o artigo percorre, nas seções seguintes, as bases teóricas que sustentam a discussão, analisa as contribuições da ludicidade e da tecnologia para o ensino de Química, examina os fundamentos do ensino híbrido como estratégia de integração, e aponta perspectivas para o desenvolvimento de recursos didáticos orientados por esses princípios.

Vale destacar que esse debate se insere em um contexto educacional mais amplo, marcado pela implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que orienta a formação de estudantes para o desenvolvimento de competências gerais, entre as quais se destacam a cultura digital, o pensamento científico e a comunicação. Nessa perspectiva, a integração de metodologias ativas, jogos didáticos e recursos tecnológicos ao ensino de Química responde também às demandas curriculares contemporâneas, especialmente no contexto pós-pandêmico, no qual o ensino híbrido ganhou relevância e os docentes foram impelidos a reconfigurar suas práticas pedagógicas de forma acelerada.

O objetivo deste artigo é analisar como a articulação entre ludicidade e tecnologias digitais pode favorecer a aprendizagem significativa de reações químicas no Ensino Médio, por meio de uma revisão teórica narrativa de referenciais consolidados e de evidências empíricas disponíveis na literatura especializada.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Aprendizagem Significativa e Ensino de Química**

A teoria da aprendizagem significativa, formulada por David Ausubel na segunda metade do século XX, constitui um dos referenciais mais influentes para a compreensão dos processos de aprendizagem escolar em geral, e do ensino de Ciências em particular. Para Ausubel (1968), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento se ancora, de forma não arbitrária e não literal, em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, por ele denominados subsunçores. Esse processo de ancoragem transforma tanto o novo conhecimento, que é assimilado e ressignificado, quanto o subsunçor, que se enriquece e se diferencia.

Moreira (2011), ao sistematizar e ampliar as contribuições ausubelianas, destaca que a aprendizagem significativa depende de duas condições fundamentais: a existência de material potencialmente significativo, isto é, logicamente coerente e capaz de se relacionar com o conhecimento prévio do aprendiz; e a predisposição do próprio aprendiz para aprender de forma significativa, e não mecânica. Quando essas condições não estão presentes, o resultado é a aprendizagem mecânica: a informação é

memorizada temporariamente, sem integração às estruturas cognitivas e sem possibilidade de transferência para novas situações.

No contexto do ensino de Química, essa distinção é particularmente relevante. As reações químicas envolvem conceitos altamente abstratos, como a reorganização de átomos e moléculas, a conservação da massa, a variação de energia e os fatores que determinam a velocidade e a extensão das transformações. Quando esses conceitos são ensinados de forma desarticulada, por meio de definições e classificações memoráveis, mas privados de relações com fenômenos concretos e com conhecimentos prévios, a aprendizagem resultante tende a ser frágil e superficial (DRIVER et al., 1999). Propostas que mobilizam mapas conceituais, situações-problema contextualizadas e materiais potencialmente significativos mostram-se mais eficazes na promoção de uma compreensão duradoura e transferível.

Nessa perspectiva, a proposta de organizadores prévios, sugerida por Ausubel (1968) e desenvolvida por Moreira (2011), mostra-se especialmente relevante para o ensino de reações químicas. Organizadores prévios são materiais introdutórios, geralmente mais gerais e inclusivos do que o conteúdo a ser ensinado, cuja função é criar uma ponte entre o que o estudante já sabe e o que precisa aprender. No ensino de reações químicas, fenômenos cotidianos como a combustão de uma vela, a fermentação de alimentos ou a corrosão de metais podem funcionar como organizadores prévios eficazes, desde que explorados de forma intencional e pedagogicamente estruturada.

## **2.2 Ludicidade e Jogos Didáticos no Ensino de Ciências**

A incorporação da ludicidade ao processo educativo não é uma novidade da pedagogia contemporânea. Desde as contribuições de Dewey (1959) sobre a aprendizagem pela experiência até as reflexões de Vigotski (2007) sobre o jogo como zona de desenvolvimento proximal, a ideia de que o lúdico constitui uma dimensão fundamental do desenvolvimento humano encontra amparo em diferentes tradições do pensamento educacional. O que muda com a pesquisa contemporânea em Ensino de Ciências é a sofisticação dos critérios para avaliar quando, como e por que o jogo efetivamente contribui para a aprendizagem conceitual.

Kishimoto (2011), em obra de referência sobre o jogo e a educação, distingue o jogo livre do jogo educativo. Enquanto o jogo livre é orientado pelo prazer e pela espontaneidade, o jogo educativo envolve uma dupla dimensão: a ludicidade, que garante engajamento e prazer; e a educativa, que assegura a aprendizagem de algum aspecto da realidade. Para Kishimoto (2011), o equilíbrio entre essas duas dimensões é condição essencial para que o jogo cumpra sua função pedagógica: se o aspecto lúdico desaparece em favor da instrução, o jogo se transforma em exercício; se o aspecto educativo desaparece, resulta apenas em entretenimento sem valor formativo sistemático.

No campo específico do Ensino de Química, revisões da literatura realizadas por Soares (2016) evidenciam que jogos didáticos têm sido utilizados com diferentes propósitos: revisão de conteúdos, motivação, avaliação diagnóstica, desenvolvimento de habilidades de colaboração e introdução de conceitos. Os resultados dessas investigações indicam que os jogos são mais eficazes quando articulados a objetivos de aprendizagem explícitos, quando precedidos de apresentação conceitual e quando seguidos de

momentos de sistematização e reflexão. Em outras palavras, o jogo não substitui a mediação docente, mas a potencializa.

Do ponto de vista cognitivo, os jogos didáticos favorecem o que Csikszentmihalyi (1990) denominou experiência de fluxo: um estado de envolvimento total no qual o nível de desafio e o nível de habilidade estão em equilíbrio, produzindo concentração, satisfação e motivação intrínseca. Quando aplicado ao ensino de reações químicas, esse princípio sugere que jogos bem calibrados, cujos desafios crescem progressivamente à medida que o estudante domina conceitos fundamentais, podem criar condições favoráveis para uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

Santos e Greca (2013) ressaltam ainda que os jogos no ensino de Ciências funcionam como instrumentos de externalização do pensamento: ao tomarem decisões no contexto do jogo, os estudantes precisam articular conceitos, avaliar consequências e justificar escolhas, o que mobiliza processos cognitivos de ordem mais elevada. No caso das reações químicas, um jogo que exija identificar reagentes e produtos, balancear equações ou reconhecer condições que favorecem determinadas transformações impõe ao estudante a necessidade de operar com conceitos de forma ativa e contextualizada, o que contrasta com a passividade frequente nas aulas expositivas tradicionais.

### **2.3. Tecnologias Digitais e Mediação Pedagógica**

A presença das tecnologias digitais no cotidiano dos jovens transformou os modos de acesso à informação, de comunicação e de entretenimento, impondo à escola o desafio de repensar suas práticas à luz de novas possibilidades e de novas demandas. Moran

(2015) argumenta que as tecnologias, por si mesmas, não transformam a educação; o que a transforma é a combinação entre tecnologia e mudança de postura pedagógica, orientada para a aprendizagem ativa, a personalização e a colaboração.

No ensino de Química, as tecnologias digitais abriram possibilidades que antes eram inatingíveis na sala de aula convencional. Simuladores moleculares, como os disponíveis na plataforma PhET Interactive Simulations desenvolvida pela Universidade do Colorado, permitem que estudantes visualizem e manipulem partículas que não são diretamente observáveis, favorecendo a compreensão do nível submicroscópico das reações químicas. Jonassen (2000) denominou essas ferramentas de tecnologias cognitivas: instrumentos que ampliam as capacidades de raciocínio do aprendiz, externalizando processos que seriam impossíveis de realizar sem suporte tecnológico.

Valente (2014) desenvolve o conceito de espiral da aprendizagem para descrever o modo como as tecnologias digitais podem potencializar ciclos iterativos de construção, reflexão e depuração do conhecimento. No contexto das reações químicas, esse ciclo se manifesta quando o estudante utiliza um simulador para investigar o efeito de diferentes variáveis sobre a velocidade de uma reação, observa os resultados, formula hipóteses, testa modificações e revisa suas compreensões iniciais. Essa dinâmica de investigação mediada pela tecnologia aproxima o ensino escolar do pensamento científico, que é essencialmente hipotético-dedutivo e experimental.

Lévy (2010), ao refletir sobre a cibercultura e as transformações do conhecimento na era digital, sustenta que as tecnologias não apenas medeiam a aprendizagem, mas reconfiguram os modos de

pensar e de se relacionar com o saber. Para o ensino de Química, essa perspectiva aponta para além do uso instrumental de ferramentas digitais: trata-se de compreender como os ambientes digitais de aprendizagem podem criar novas formas de engajamento com a linguagem química, com a modelagem de fenômenos e com a produção colaborativa de conhecimento.

#### **2.4. Ensino Híbrido: Articulação Entre Presencial e Digital**

O ensino híbrido, compreendido como a combinação planejada entre atividades presenciais e atividades mediadas por tecnologias digitais, tem sido investigado como estratégia promissora para reorganizar a experiência de aprendizagem em diferentes componentes curriculares. Horn e Staker (2015), em obra referencial sobre o tema, identificam diferentes modelos de ensino híbrido, entre os quais o modelo de rotação por estações, o modelo de sala de aula invertida e o modelo de laboratório rotacional, cada um com características específicas de organização do tempo, do espaço e das interações pedagógicas.

No Brasil, Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015) desenvolveram uma sistematização das possibilidades do ensino híbrido no contexto da Educação Básica, enfatizando que a combinação entre atividades presenciais e digitais não deve ser entendida como mera adição de recursos tecnológicos ao ensino convencional, mas como reorganização intencional da experiência de aprendizagem. Nessa perspectiva, o tempo em sala de aula é redirecionado para atividades de maior complexidade cognitiva, como discussões, resolução de problemas em grupo e experimentação, enquanto as tecnologias digitais assumem a função de personalizar o acesso à informação e de oferecer feedback imediato ao estudante.

Para o ensino de reações químicas, o modelo de ensino híbrido apresenta potencial especialmente relevante. A combinação entre um jogo de cartas físico e um jogo tecnológico digital, por exemplo, permite explorar diferentes dimensões do conteúdo: o jogo físico favorece a interação presencial, a negociação de significados e o desenvolvimento de habilidades colaborativas; o jogo digital oferece feedback imediato, progressão adaptativa e possibilidade de repetição sem constrangimento. Essa complementaridade, quando sustentada por mediação docente intencional, pode ampliar significativamente as possibilidades de construção conceitual.

Christensen, Horn e Johnson (2012) argumentam que o ensino híbrido, quando bem implementado, favorece a personalização da aprendizagem, um dos grandes desafios das turmas numerosas do Ensino Médio público. Ao oferecer percursos diferenciados e a possibilidade de o estudante avançar em ritmo próprio, as tecnologias digitais permitem que o professor identifique com mais precisão as dificuldades individuais e intervenha de forma mais direcionada, potencializando os momentos de interação presencial.

## **2.5. O Ensino de Reações Químicas: Especificidades e Desafios**

O conteúdo de reações químicas ocupa posição central no currículo de Química do Ensino Médio, tanto pela sua extensão e diversidade quanto pela complexidade dos processos cognitivos que sua aprendizagem demanda. Johnstone (1993) propôs um modelo triádico que se tornou referência para a pesquisa em Ensino de Química: o nível macroscópico, relativo aos fenômenos observáveis; o nível submicroscópico, referente às partículas e às interações invisíveis; e o nível simbólico, que envolve fórmulas, equações e notações convencionais. A aprendizagem significativa das reações

químicas exige a capacidade de transitar entre esses três níveis e de estabelecer conexões coerentes entre eles.

Estudos realizados por Talanquer (2011) mostram que estudantes frequentemente operam com heurísticas simplificadas no raciocínio químico, substituindo a compreensão dos mecanismos e das relações causais por regras mnemônicas e padrões superficiais de reconhecimento. Essa limitação se manifesta de forma clara no caso das reações químicas: muitos estudantes conseguem balancear equações seguindo um algoritmo, mas não compreendem o que está ocorrendo no nível das partículas, nem são capazes de prever o comportamento de sistemas reacionais em condições variadas.

Tinker (2005), ao investigar o uso de tecnologias computacionais no ensino de Química, demonstrou que simuladores e jogos que permitem a manipulação de variáveis e a observação de consequências em nível molecular favorecem a transição entre os três níveis de representação propostos por Johnstone. Essa transição, mediada por recursos visuais e interativos, contribui para que o estudante construa representações mentais mais integradas e consistentes das reações químicas, superando a fragmentação característica do ensino centrado apenas no nível simbólico.

Chassot (2003), ao refletir sobre a alfabetização científica como objetivo do ensino de Química, argumenta que compreender reações químicas não significa apenas dominar a linguagem simbólica da disciplina, mas ser capaz de ler o mundo com os olhos da Química, reconhecendo transformações e processos que ocorrem no cotidiano, na natureza e na tecnologia. Essa perspectiva amplia o horizonte do ensino de reações químicas para além da sala de aula, vinculando-o à formação de cidadãos capazes de

compreender e de se posicionar diante de questões sociotécnicas que envolvem transformações da matéria.

### **3. METODOLOGIA**

Este artigo adota uma abordagem teórico-analítica, configurada como revisão narrativa da literatura, caracterizada pela seleção e pela análise crítica de literatura especializada em Ensino de Química, Ensino de Ciências, aprendizagem significativa, ludicidade e tecnologia educacional. O percurso metodológico envolveu, em um primeiro momento, a identificação e a seleção de obras e artigos que compõem o campo teórico articulado na investigação, com ênfase em produções de autores de reconhecida contribuição para cada uma das áreas temáticas abordadas.

A revisão narrativa, enquanto modalidade metodológica, caracteriza-se pela análise interpretativa e integrada da literatura, sem seguir um protocolo rígido de inclusão e exclusão de estudos, o que a distingue da revisão sistemática. Essa escolha justifica-se pela natureza teórica do presente estudo, cujo propósito é articular contribuições de diferentes campos do conhecimento, Psicologia da Educação, Didática das Ciências, Tecnologia Educacional e Ensino de Química, em torno de um eixo argumentativo coerente, e não de mensurar a prevalência ou os efeitos de uma intervenção específica.

A revisão bibliográfica foi orientada pelas seguintes fontes: base de dados do Portal de Periódicos CAPES, SciELO, Google Scholar e repositórios institucionais de universidades brasileiras. Os descritores utilizados nas buscas incluíram: ensino de Química, reações químicas, aprendizagem significativa, jogos didáticos no ensino de Ciências, ensino híbrido, tecnologias digitais na educação, ludicidade

e aprendizagem ativa. Os critérios de seleção privilegiaram obras com relevância teórica consolidada e publicações em periódicos qualificados da área de Ensino de Ciências e Educação. O recorte temporal privilegiou produções publicadas entre 1990 e 2023, contemplando tanto obras clássicas fundamentais para o campo quanto contribuições mais recentes que atualizam os debates. Foram consultados artigos científicos, livros e capítulos de livros, com prioridade para textos publicados em periódicos Qualis A e B na área de Ensino, tais como Química Nova na Escola, Ciência & Educação, Investigações em Ensino de Ciências e Journal of Chemical Education. O processo de análise dos textos selecionados seguiu abordagem temática, buscando identificar consonâncias, tensões e lacunas no estado atual do conhecimento sobre o tema.

A análise dos dados orientou-se pela perspectiva da análise temática, buscando identificar, nos diferentes referenciais consultados, as linhas argumentativas convergentes e os pontos de tensão que configuram o estado atual da discussão sobre ludicidade e tecnologia no ensino de Química. O procedimento analítico privilegiou a articulação entre os diferentes aportes teóricos, em vez de tratá-los de forma isolada, com o objetivo de produzir uma síntese argumentativa coerente e fundamentada.

Cabe destacar que a opção por uma abordagem teórico-analítica não implica desconsiderar a dimensão empírica da questão investigada. Ao contrário, a análise da literatura empírica disponível constitui parte integrante do argumento desenvolvido, na medida em que as evidências produzidas por pesquisas realizadas em contextos escolares concretos fornecem sustentação e limite às proposições teóricas. A síntese resultante aspira, portanto, à

articulação entre o rigor conceitual e a relevância prática para o campo do Ensino de Ciências.

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE**

### **4.1. Jogos Didáticos e a Construção de Significados em Química**

A análise da literatura sobre jogos didáticos no ensino de Química revela uma trajetória de amadurecimento teórico e metodológico significativa nas últimas duas décadas. Se, inicialmente, os jogos eram incorporados às práticas de ensino com ênfase predominante na motivação e no entretenimento, a produção mais recente indica um deslocamento para abordagens que articulam ludicidade a objetivos de aprendizagem explícitos e a referenciais teóricos consistentes. Esse deslocamento reflete uma compreensão mais sofisticada do papel pedagógico do jogo, entendido não como substituto do ensino, mas como um de seus mediadores potencialmente mais eficazes.

Soares (2016), em revisão abrangente sobre o tema, identificou que os jogos didáticos no ensino de Química são mais frequentemente utilizados para revisão de conteúdos previamente ensinados, o que limita seu potencial para a construção inicial de significados. Essa constatação aponta para uma lacuna importante: o potencial dos jogos para introduzir conceitos, criar conflito cognitivo e mobilizar conhecimentos prévios é ainda pouco explorado. No caso das reações químicas, jogos que apresentem fenômenos antes de introduzir a linguagem simbólica correspondente poderiam funcionar como organizadores prévios, na perspectiva ausubeliana, criando ancoragem para a aprendizagem conceitual subsequente.

Uma dimensão frequentemente subestimada na análise dos jogos didáticos é a de sua contribuição para o desenvolvimento da argumentação científica. Sasseron e Carvalho (2011) demonstraram que práticas de ensino orientadas para a argumentação favorecem a compreensão mais profunda dos conceitos científicos e a construção de uma imagem mais adequada da natureza da ciência. Os jogos didáticos, ao exigirem que os estudantes tomem decisões, justifiquem escolhas e negociem significados com os colegas, criam condições naturais para o desenvolvimento de práticas argumentativas. No contexto das reações químicas, jogos que envolvam a identificação de evidências de transformação química, a avaliação de hipóteses sobre produtos de reações ou a análise de condições que favorecem diferentes transformações podem ser instrumentos poderosos de desenvolvimento do raciocínio científico.

Outro aspecto relevante identificado na literatura é a relação entre os jogos didáticos e a avaliação formativa. Luckesi (2011), ao discutir a avaliação da aprendizagem na escola, critica a função exclusivamente classificatória atribuída à avaliação e defende a avaliação como diagnóstico e como instrumento de reorientação do processo pedagógico. Nesse sentido, os jogos didáticos oferecem uma modalidade informal e acolhedora de avaliação: ao observar as escolhas dos estudantes durante o jogo, o professor pode identificar concepções alternativas, lacunas conceituais e progressos na compreensão, sem o constrangimento associado às avaliações formais.

É necessário, contudo, considerar os limites e as dificuldades associados ao uso de jogos didáticos no ensino de Química. A literatura aponta que a implementação desses recursos enfrenta obstáculos concretos: o tempo de preparação dos materiais, a

dificuldade de manter o equilíbrio entre os aspectos lúdicos e os educativos, a resistência de estudantes habituados a práticas mais tradicionais e, em especial, a necessidade de formação docente específica para a mediação eficaz do jogo. Sem a intervenção qualificada do professor, o jogo didático pode se transformar em mero entretenimento, esvaziando seu potencial formativo. Portanto, a eficácia pedagógica dos jogos não é intrinsecamente garantida: ela depende de planejamento rigoroso, de objetivos de aprendizagem explícitos e de um docente capaz de articular a experiência lúdica aos conteúdos científicos.

#### **4.2. Tecnologias Digitais e Novas Possibilidades para o Ensino de Reações Químicas**

A análise das produções sobre tecnologias digitais no ensino de Química evidencia que o uso de simuladores, animações moleculares e jogos digitais pode contribuir de forma significativa para a superação de uma das principais limitações do ensino convencional: a incapacidade de tornar visíveis os processos que ocorrem no nível submicroscópico. Wu, Krajcik e Soloway (2001) demonstraram que estudantes que tiveram acesso a visualizações moleculares dinâmicas durante o aprendizado de conceitos de Química apresentaram maior capacidade de conectar os fenômenos observáveis às representações simbólicas, em comparação com grupos que receberam apenas instrução textual e diagramas estáticos.

No contexto específico das reações químicas, simuladores como os disponíveis na plataforma PhET da Universidade do Colorado permitem que os estudantes manipulem variáveis, observem o comportamento das partículas e testando hipóteses sobre o efeito

de temperatura, concentração e natureza dos reagentes sobre a velocidade das reações. Esse tipo de experiência investigativa, mediada pela tecnologia, aproxima o ensino escolar das práticas da ciência, favorecendo o desenvolvimento de habilidades de observação, formulação de hipóteses e análise de evidências que são centrais à formação científica.

Valente (2014) destaca que o potencial das tecnologias digitais para a aprendizagem só se realiza plenamente quando o estudante assume o papel de autor: quando utiliza a tecnologia para criar, investigar, modelar e comunicar, e não apenas para consumir informação. Essa perspectiva aponta para o uso de ambientes de programação e de criação digital no ensino de Química, onde os estudantes podem, por exemplo, modelar o comportamento de sistemas reacionais, criar representações animadas de processos moleculares ou desenvolver jogos sobre reações químicas para colegas. Tais atividades mobilizam competências de nível elevado e promovem aprendizagem profunda e significativa.

A integração de recursos de realidade aumentada e de realidade virtual ao ensino de Química representa uma fronteira ainda pouco explorada, mas de alto potencial. Ferreira e Wünsch (2020) analisaram experiências internacionais com o uso de realidade aumentada para visualizar moléculas e reações em três dimensões, identificando ganhos expressivos em compreensão conceitual e em motivação. No contexto do Ensino Médio brasileiro, onde recursos de alto custo são frequentemente inacessíveis, o desafio consiste em identificar tecnologias acessíveis e de baixo custo que ofereçam experiências de visualização suficientemente ricas para favorecer a aprendizagem das reações químicas.

É fundamental, contudo, não ignorar as tensões e as contradições que permeiam a integração das tecnologias digitais no ensino público brasileiro. A desigualdade de acesso a dispositivos, internet e infraestrutura tecnológica constitui uma barreira estrutural que não pode ser minimizada em nome do entusiasmo pedagógico. A pandemia revelou, de forma cruel, as profundas assimetrias digitais existentes entre estudantes de diferentes regiões e estratos socioeconômicos. Nesse sentido, qualquer proposta de integração tecnológica ao ensino de Química precisa contemplar também versões de baixo custo, uso offline e alternativas analógicas, de modo a não aprofundar as desigualdades existentes. Além disso, a formação continuada dos docentes para o uso pedagógico das tecnologias permanece como condição indispensável: sem essa formação, o acesso à ferramenta não se converte em aprendizagem.

### **4.3. A Integração Entre Ludicidade e Tecnologia: Fundamentos para Um Ensino Híbrido**

A articulação entre jogos didáticos físicos e recursos tecnológicos digitais no ensino de reações químicas não é apenas uma estratégia de diversificação metodológica: ela responde a uma compreensão mais ampla de como a aprendizagem ocorre e de como diferentes formas de mediação se complementam. Do ponto de vista da teoria da atividade, desenvolvida por Engeström (1999) a partir das contribuições de Vigotski e Leontiev, a aprendizagem é mediada por ferramentas e por sistemas de atividade social que incluem regras, divisão de trabalho e comunidade. O jogo, nessa perspectiva, constitui um sistema de atividade completo: tem regras, envolve divisão de papéis, cria uma comunidade de jogadores e utiliza instrumentos específicos.

A complementaridade entre o jogo físico e o jogo digital reside, portanto, em suas diferentes formas de mediar a atividade dos estudantes. O jogo físico, com seus elementos concretos e tangíveis, favorece a interação presencial, a negociação de significados e o desenvolvimento de habilidades colaborativas e comunicativas. O jogo digital, por sua vez, oferece possibilidades de personalização, feedback imediato e representação dinâmica de fenômenos que o jogo físico não pode proporcionar. Juntos, eles cobrem diferentes dimensões da aprendizagem de reações químicas, desde a motivação inicial e a contextualização fenomenológica até a compreensão dos processos moleculares e a formalização simbólica.

Perrenoud (2000), ao discutir as competências para a escola do século XXI, inclui entre elas a capacidade de utilizar tecnologias e de trabalhar em equipe. A proposta de um kit didático híbrido para o ensino de reações químicas atende simultaneamente ao desenvolvimento dessas competências: o jogo físico mobiliza habilidades de trabalho colaborativo, comunicação e negociação; o jogo digital mobiliza competências de navegação em ambientes digitais, de análise de informações e de tomada de decisões mediadas pela tecnologia. Essa convergência aponta para uma proposta formativa que ultrapassa os objetivos específicos do conteúdo e contribui para a formação mais ampla dos estudantes.

Importa destacar, contudo, que a integração entre ludicidade e tecnologia no ensino de Química não pode ser ingênua quanto aos riscos de fetichismo tecnológico: a mera presença de recursos digitais não garante aprendizagem. Sancho Gil e Hernández (2012) alertam para o perigo de incorporar as tecnologias sem questionar os modelos pedagógicos que as sustentam, reproduzindo, em formato digital, as mesmas práticas transmissivas do ensino

convencional. Para que a articulação entre ludicidade e tecnologia seja pedagogicamente consistente, é necessário que ela seja sustentada por planejamento intencional, mediação docente qualificada e avaliação formativa sistemática.

#### **4.4. Perspectivas para o Desenvolvimento de Recursos Didáticos Híbridos**

A análise do referencial teórico e das evidências empíricas disponíveis aponta para algumas diretrizes fundamentais para o desenvolvimento de recursos didáticos híbridos orientados ao ensino de reações químicas no Ensino Médio. Em primeiro lugar, a fundamentação na teoria da aprendizagem significativa exige que o recurso seja desenvolvido com atenção cuidadosa aos conhecimentos prévios dos estudantes, identificando os subsunçores disponíveis e propondo situações que estabeleçam pontes entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico.

Em segundo lugar, os princípios da ludicidade apontam para a necessidade de que o jogo seja intrinsecamente motivador, com regras claras, desafios progressivos e feedback imediato. A experiência de fluxo, descrita por Csikszentmihalyi (1990), só é possível quando o nível de desafio e o nível de habilidade estão em equilíbrio. Para o ensino de reações químicas, isso implica calibrar cuidadosamente a progressão de dificuldade dos jogos, garantindo que os estudantes sejam continuamente desafiados, mas nunca sobrecarregados a ponto de abandonar a atividade.

Em terceiro lugar, a dimensão tecnológica do recurso deve ser coerente com os objetivos de aprendizagem e com as condições concretas de acesso dos estudantes. No contexto do Ensino Médio

público brasileiro, onde a desigualdade de acesso a dispositivos e à internet ainda é expressiva, o desenvolvimento de recursos tecnológicos deve considerar versões de baixa exigência tecnológica e possibilidades de uso offline. Ao mesmo tempo, a proposta tecnológica não pode abrir mão de suas potencialidades mais expressivas: a visualização de processos moleculares, o feedback adaptativo e a personalização dos percursos de aprendizagem.

Em quarto lugar, a validação do recurso por especialistas e o teste em contextos escolares reais constituem etapas indispensáveis para garantir a coerência entre as intenções pedagógicas e os efeitos efetivos sobre a aprendizagem. Pesquisas em design educacional, como as desenvolvidas por Reeves (2006), enfatizam que o desenvolvimento de recursos didáticos deve ser um processo iterativo, no qual o recurso é continuamente refinado a partir das evidências produzidas em situações concretas de uso. Essa perspectiva alinha-se à lógica dos mestrados profissionais em ensino, nos quais o produto educacional é parte constitutiva da pesquisa aplicada e não apenas seu resultado.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise desenvolvida ao longo deste artigo permite afirmar que a articulação entre ludicidade, mediação tecnológica e aprendizagem significativa constitui um caminho teórico e prático promissor para enfrentar os desafios históricos do ensino de reações químicas no Ensino Médio. Os referenciais examinados convergem para a compreensão de que a aprendizagem de Química, e especialmente de conceitos tão complexos como as reações químicas, demanda mediações pedagógicas que ultrapassem a transmissão verbal e a resolução algorítmica de exercícios, mobilizando experiências

concretas, interações sociais e representações dinâmicas dos fenômenos.

Do ponto de vista da teoria da aprendizagem significativa, ficou evidente que o desenvolvimento de recursos didáticos híbridos para o ensino de reações químicas só cumpre seu potencial formativo quando sustentado pela atenção cuidadosa aos conhecimentos prévios dos estudantes, pela proposição de materiais potencialmente significativos e pela mediação docente capaz de criar pontes entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico. Ausubel (1968) e Moreira (2011) oferecem, nesse sentido, um arcabouço conceitual precioso para orientar tanto o design dos recursos quanto a análise de seus efeitos sobre a aprendizagem.

Do ponto de vista da ludicidade, as contribuições de Kishimoto (2011), Soares (2016) e Csikszentmihalyi (1990) indicam que o jogo didático só exerce plenamente sua função pedagógica quando há equilíbrio entre os aspectos lúdicos e os aspectos educativos, quando os desafios são progressivos e calibrados às habilidades dos estudantes, e quando o professor assume papel ativo de mediador e de animador do processo. No ensino de reações químicas, o jogo pode ser um poderoso instrumento de criação de conflito cognitivo, de mobilização de conhecimentos prévios e de desenvolvimento de habilidades de argumentação e colaboração.

Do ponto de vista da tecnologia educacional, as análises de Moran (2015), Valente (2014) e Jonassen (2000) apontam para as possibilidades abertas pelos recursos digitais para superar uma das limitações mais persistentes do ensino convencional de Química: a incapacidade de tornar visíveis os processos submicroscópicos. Simuladores, animações moleculares e jogos digitais oferecem ao

estudante acesso a representações dinâmicas e interativas que favorecem a transição entre os três níveis de representação propostos por Johnstone (1993), criando condições para uma compreensão mais integrada e coerente das reações químicas.

A convergência desses três referenciais, ludicidade, tecnologia e aprendizagem significativa, aponta para a proposta de recursos didáticos híbridos que articulem jogos físicos e jogos digitais no ensino de reações químicas como uma das respostas mais promissoras aos desafios identificados. Essa proposta, entretanto, não deve ser entendida como solução definitiva ou universal. Como toda intervenção pedagógica, ela depende de contextos específicos, de formação docente adequada e de processos contínuos de avaliação e aprimoramento.

Conclui-se que o campo do Ensino de Química tem muito a ganhar com a investigação sistemática sobre os efeitos de propostas pedagógicas que integrem ludicidade e tecnologia. As pesquisas futuras devem avançar tanto na análise dos processos de aprendizagem que emergem dessas práticas quanto no desenvolvimento de critérios mais robustos para avaliar a qualidade dos recursos didáticos produzidos. Nesse horizonte, a articulação entre a produção teórica e a pesquisa empírica em contextos escolares reais permanece como a condição essencial para que o conhecimento produzido no campo acadêmico se converta em melhoria efetiva das práticas pedagógicas no Ensino Médio.

Cabe reconhecer, por fim, as limitações inerentes a este estudo. Por se tratar de uma revisão teórica narrativa, as conclusões apresentadas não decorrem de dados empíricos coletados em contextos escolares reais, o que limita a possibilidade de

generalizações. A seleção dos referenciais, embora criteriosamente orientada, reflete as opções teóricas e as perspectivas dos autores, e não esgota a diversidade de abordagens existentes no campo. Estudos futuros que contemplem a aplicação e a validação empírica de propostas didáticas híbridas em turmas reais do Ensino Médio poderão fornecer evidências mais concretas sobre os efeitos dessas estratégias na aprendizagem de reações químicas. Igualmente, pesquisas que investiguem as percepções dos próprios estudantes e dos docentes sobre o uso integrado de jogos físicos e digitais contribuirão para a construção de um conhecimento mais situado e contextualizado sobre o tema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, David Paul. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando de Mello (org.). **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, jan./abr. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100008>.

CHRISTENSEN, Clayton M.; HORN, Michael B.; JOHNSON, Curtis W. **Inovação na sala de aula: como a inovação disruptiva muda a forma de aprender**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. **Flow: the psychology of optimal experience**. New York: Harper & Row, 1990.

DEWEY, John. **Experiência e educação**. São Paulo: Nacional, 1959.

DRIVER, Rosalind et al. **Making sense of secondary science: research into children's ideas**. London: Routledge, 1999.

ENGESTRÖM, Yrjö. Activity theory and individual and social transformation. In: ENGES-TRÖM, Y.; MIETTINEN, R.; PUNAMÄKI, R. L. (eds.). **Perspectives on activity theory**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 19-38.

FERREIRA, Marcus Vinicius; WÜNSCH, Luana Priscila. Realidade aumentada no ensino de Química: uma revisão da literatura. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 10, n. 2, p. 147-162, 2020.

HORN, Michael B.; STAKER, Heather. **Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.

JOHNSTONE, Alex H. The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed070p701>.

JONASSEN, David H. **Computers as mindtools for schools: engaging critical thinking**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida (org.). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. 3. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar:** estudos e proposições. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MORAN, José Manuel. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa Torres (org.). **Convergências midiáticas, educação e cidadania:** aproximações jovens. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2015. p. 15-33.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa:** a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. **Química.** 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016. (Coleção Mortimer e Machado)

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de Ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REEVES, Thomas C. Design research from a technology perspective. In: VAN DEN AKKER, J. et al. (eds.). **Educational design research.** London: Routledge, 2006. p. 52-66.

SANCHO GIL, Juana María; HERNÁNDEZ, Fernando (org.). **Tecnologias para transformar a educação.** Porto Alegre: Artmed, 2012.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; GRECA, Ileana Maria (org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias.** 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2013.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. **Jogos e atividades lúdicas para o ensino de Química**. 2. ed. Goiânia: Kelps, 2016.

TALANQUER, Vicente. Macro, submicro and symbolic: the many faces of the chemistry triplet. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>.

TINKER, Robert F. Pawns or partners: the role of students in a technology-rich age. In: JONASSEN, D. H. (ed.). **Handbook of research on educational communications and technology**. 2. ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2005. p. 87-99.

VALENTE, José Armando. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, Curitiba, n. esp. 4, p. 79-97, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-4060.38645>.

VIGOTSKI, Lev Semenovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WU, Hsin-kai; KRAJCIK, Joseph S.; SOLOWAY, Elliot. Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.1033>.

---

<sup>1</sup> Mestranda no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Graduada em Química. Professora de Química na Educação Básica.

<sup>2</sup> Doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos (2000). Atualmente é professor da Universidade Estadual de Goiás. Professor dos programas de mestrados Pós-Graduação Stricto sensu em Ciências Moleculares (PPCM) e no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências.