

**METODOLOGIAS ATIVAS NO
ENSINO DE QUÍMICA:
SIMULAÇÕES INTERATIVAS
E JOGOS DIDÁTICOS COMO
FERRAMENTAS PARA A
COMPREENSÃO DE
FENÔMENOS
MOLECULARES**

**ACTIVE METHODOLOGIES IN CHEMISTRY TEACHING: INTERACTIVE
SIMULATIONS AND DIDACTIC GAMES AS TOOLS FOR UNDERSTANDING
MOLECULAR PHENOMENA**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Biológicas, Engenharias ·

26/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/782439816](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/782439816)

Arnoldo Menezes da Silva¹

Boaventura da Silva Leite Filho²

Stanrley Wilker Trindade Bandeira³

Tatiana Elenice Cordeiro Soares⁴

Kayk Brendo Rodrigues Azevedo⁵

Mayara Silva Cunha Oliveira⁶

José Edilson Gonçalves dos Santos⁷

Elidiane de Carvalho Ribeiro⁸

Murillo Nazareno Cavalcante Aguiar⁹

Agnaldo Braga Lima¹⁰

RESUMO

O ensino de Química enfrenta desafios históricos relacionados à abstração dos conceitos, à linguagem simbólica específica da disciplina e à dificuldade de visualização dos fenômenos em nível molecular. Muitos estudantes apresentam obstáculos para articular aquilo que observam no plano macroscópico, como mudanças de cor, formação de precipitados, liberação de gases ou variações de temperatura, com explicações submicroscópicas envolvendo átomos, moléculas, íons, ligações, interações intermoleculares e reorganização de partículas. Nesse contexto, metodologias ativas, simulações interativas e jogos didáticos têm sido investigados como estratégias capazes de potencializar a aprendizagem significativa e ampliar o engajamento dos estudantes. Este artigo analisa a contribuição dessas ferramentas para a compreensão de fenômenos moleculares no ensino de Química, considerando sua relação com a aprendizagem significativa, a alfabetização científica, o protagonismo discente, a resolução de problemas e a integração entre tecnologia educacional e prática experimental. Trata-se de pesquisa qualitativa, exploratória e bibliográfica, fundamentada em autores como Ausubel, Novak, Johnstone, Gilbert, Treagust, Taber, Mayer, Bonwell, Eison, Prince, Kishimoto, Huizinga, Gee, Moran, Bacich, Valente, Chassot, Mortimer, Schnetzler e Giordan. Os resultados indicam que simulações interativas favorecem a visualização dinâmica de partículas, a manipulação de variáveis, a construção de modelos mentais e a articulação entre representações macroscópicas, submicroscópicas e simbólicas. Os jogos didáticos, por sua vez, contribuem para motivação, colaboração, argumentação, tomada de decisão e revisão conceitual. Conclui-se que o uso planejado dessas estratégias representa caminho promissor para inovação no ensino de Química, desde que esteja articulado a objetivos pedagógicos claros, mediação docente

qualificada, avaliação formativa e compromisso com a compreensão conceitual.

Palavras-chave: Ensino de Química; metodologias ativas; jogos didáticos; simulações moleculares; aprendizagem significativa; tecnologia educacional.

ABSTRACT

Chemistry teaching faces historical challenges related to the abstraction of concepts, the specific symbolic language of the discipline, and the difficulty of visualizing phenomena at the molecular level. Many students face obstacles in articulating what they observe at the macroscopic level, such as color changes, precipitate formation, gas release, or temperature variations, with submicroscopic explanations involving atoms, molecules, ions, bonds, intermolecular interactions, and particle rearrangements. In this context, active methodologies, interactive simulations, and didactic games have been investigated as strategies capable of enhancing meaningful learning and increasing student engagement. This article analyzes the contribution of these tools to the understanding of molecular phenomena in Chemistry teaching, considering their relationship with meaningful learning, scientific literacy, student agency, problem solving, and the integration between educational technology and experimental practice. This is a qualitative, exploratory, and bibliographic study based on authors such as Ausubel, Novak, Johnstone, Gilbert, Treagust, Taber, Mayer, Bonwell, Eison, Prince, Kishimoto, Huizinga, Gee, Moran, Bacich, Valente, Chassot, Mortimer, Schnetzler, and Giordan. The results indicate that interactive simulations favor the dynamic visualization of particles, manipulation of variables, construction of mental models, and articulation among macroscopic, submicroscopic, and symbolic representations. Didactic games, in turn, contribute to

motivation, collaboration, argumentation, decision making, and conceptual review. The article concludes that the planned use of these strategies represents a promising path for innovation in Chemistry teaching, provided that it is linked to clear pedagogical objectives, qualified teacher mediation, formative assessment, and commitment to conceptual understanding.

Keywords: Chemistry teaching; active methodologies; didactic games; molecular simulations; meaningful learning; educational technology.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Química ocupa lugar estratégico na formação científica dos estudantes, pois possibilita compreender a composição, as propriedades e as transformações da matéria, relacionando fenômenos cotidianos a explicações científicas. A Química permite interpretar processos como combustão, corrosão, fermentação, dissolução, neutralização, oxidação, produção de medicamentos, tratamento de água, poluição atmosférica, funcionamento de baterias, metabolismo, preparo de alimentos e desenvolvimento de materiais. No entanto, apesar de sua relevância social, ambiental, tecnológica e econômica, a disciplina é frequentemente percebida pelos estudantes como abstrata, difícil e distante da realidade.

Essa dificuldade não decorre apenas da complexidade dos conteúdos, mas também da forma como a Química costuma ser ensinada. Em muitas práticas escolares, há predomínio de aulas expositivas, memorização de fórmulas, resolução mecânica de exercícios, nomenclatura descontextualizada e pouca articulação entre fenômenos observáveis e modelos explicativos. O estudante aprende a balancear equações, decorar propriedades periódicas ou

aplicar fórmulas estequiométricas, mas nem sempre compreende o que ocorre no nível das partículas. Assim, pode haver desempenho procedimental sem aprendizagem conceitual profunda.

A natureza representacional da Química constitui um dos principais desafios didáticos. Johnstone (1991, 2000) propôs compreender a aprendizagem química a partir de três níveis de representação: macroscópico, submicroscópico e simbólico. O nível macroscópico refere-se aos fenômenos observáveis, como mudança de estado físico, cor, odor, formação de precipitado e liberação de calor. O nível submicroscópico envolve partículas, átomos, moléculas, íons, ligações e interações. O nível simbólico corresponde a fórmulas, equações, gráficos, estruturas, modelos e linguagem matemática. A aprendizagem em Química exige transitar entre esses níveis, mas muitos estudantes permanecem presos a um deles ou confundem representações.

Gilbert e Treagust (2009) destacam que modelos e múltiplas representações são fundamentais para o ensino de Ciências, especialmente em áreas nas quais os objetos de estudo não são diretamente observáveis. Taber (2013) também ressalta que conceitos químicos frequentemente dependem de modelos explicativos, analogias e abstrações. Quando esses modelos não são adequadamente mediados, podem gerar concepções alternativas, como imaginar átomos com propriedades macroscópicas, interpretar ligações químicas como objetos rígidos ou compreender reações como simples mistura de substâncias, sem reorganização de partículas.

Nesse cenário, metodologias ativas surgem como alternativas para superar a passividade discente e favorecer aprendizagem

significativa. Bonwell e Eison (1991) compreendem aprendizagem ativa como aquela em que os estudantes participam de atividades que exigem reflexão, análise, tomada de decisão e aplicação de conhecimentos. Prince (2004) reforça que metodologias ativas envolvem engajamento intelectual dos estudantes e podem incluir aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem colaborativa, estudos de caso, sala de aula invertida, simulações, projetos e jogos. No ensino de Química, essas estratégias podem favorecer investigação, experimentação, modelagem, argumentação e resolução de problemas.

A aprendizagem significativa, formulada por Ausubel (1968), constitui referencial importante para esse debate. Segundo o autor, a aprendizagem ocorre de modo significativo quando novas informações se relacionam de maneira substantiva e não arbitrária aos conhecimentos prévios do estudante. Isso significa que o aluno não aprende profundamente apenas por repetição, mas quando consegue integrar conceitos novos à sua estrutura cognitiva. Novak e Gowin (1984) ampliaram essa perspectiva ao defender instrumentos como mapas conceituais para explicitar relações entre conceitos. No ensino de Química, simulações e jogos podem atuar como organizadores, mediadores e contextos de aplicação que ajudam o estudante a relacionar novas ideias ao que já sabe.

As simulações interativas apresentam grande potencial porque permitem visualizar fenômenos invisíveis a olho nu, manipular variáveis, testar hipóteses, repetir procedimentos rapidamente e observar consequências de alterações no sistema. Plataformas como PhET Interactive Simulations tornaram-se referências internacionais por disponibilizarem recursos digitais que representam fenômenos físicos e químicos de forma dinâmica, exploratória e visual. Moore et

al. (2014) destacam que simulações PhET em Química oferecem múltiplas representações, tornam o invisível mais visível, favorecem investigação e permitem múltiplas tentativas de forma segura e rápida.

Os jogos didáticos, por sua vez, mobilizam aspectos lúdicos, sociais, cognitivos e afetivos da aprendizagem. Huizinga (2000) compreende o jogo como fenômeno cultural estruturado por regras, liberdade e envolvimento. Kishimoto (2011), ao discutir o jogo na educação, ressalta que o lúdico pode cumprir função pedagógica quando articulado a objetivos de aprendizagem. Gee (2003) argumenta que bons jogos envolvem resolução de problemas, feedback, progressão de desafios, identidade, experimentação e aprendizagem situada. No ensino de Química, jogos podem ser utilizados para revisar conceitos, simular interações moleculares, representar reações, trabalhar tabela periódica, discutir funções orgânicas, construir modelos e promover argumentação científica.

Diante disso, este artigo parte do seguinte problema de pesquisa: **de que maneira metodologias ativas, especialmente simulações interativas e jogos didáticos, contribuem para a compreensão de fenômenos moleculares no ensino de Química?**

O objetivo geral é analisar a contribuição de simulações interativas e jogos didáticos como estratégias de metodologias ativas para potencializar a aprendizagem de conceitos químicos em nível molecular. Como objetivos específicos, busca-se: discutir os desafios da aprendizagem química; compreender a importância das representações macroscópica, submicroscópica e simbólica; analisar fundamentos da aprendizagem significativa; examinar o papel das simulações digitais na visualização de fenômenos moleculares;

avaliar as contribuições dos jogos didáticos para engajamento e construção conceitual; e propor diretrizes para integração pedagógica dessas ferramentas.

Defende-se como tese central que simulações interativas e jogos didáticos, quando planejados com intencionalidade pedagógica e mediados criticamente pelo professor, podem favorecer a aprendizagem significativa em Química ao aproximar conceitos abstratos da experiência do estudante, tornar fenômenos moleculares mais compreensíveis, estimular participação ativa e promover articulação entre linguagem científica, experimentação e resolução de problemas.

2. METODOLOGIA

Este estudo adota abordagem qualitativa, de caráter exploratório e bibliográfico. A escolha por esse delineamento justifica-se porque o objetivo não é testar experimentalmente uma intervenção específica, mas analisar, a partir da literatura científica e pedagógica, como metodologias ativas, simulações interativas e jogos didáticos podem contribuir para a compreensão de fenômenos moleculares no ensino de Química.

A pesquisa foi estruturada como revisão narrativa integrativa, considerando estudos teóricos, artigos de revisão, pesquisas empíricas em ensino de Ciências, referenciais pedagógicos e documentos educacionais. A revisão narrativa integrativa permite reunir contribuições de diferentes campos, como didática da Química, psicologia da aprendizagem, tecnologia educacional, ludicidade, metodologias ativas e educação científica.

A pergunta norteadora foi: **quais fundamentos teóricos e evidências pedagógicas sustentam o uso de simulações interativas e jogos didáticos como ferramentas de metodologias ativas para a aprendizagem de fenômenos moleculares em Química?**

Foram considerados como eixos de análise: aprendizagem significativa; níveis de representação em Química; modelos e visualização molecular; metodologias ativas; simulações digitais; jogos didáticos; motivação e engajamento; experimentação; alfabetização científica; mediação docente; avaliação formativa; e desafios de implementação.

Entre os autores utilizados, destacam-se Ausubel (1968), Novak e Gowin (1984), Johnstone (1991, 2000), Gilbert e Treagust (2009), Taber (2013), Mayer (2009), Bonwell e Eison (1991), Prince (2004), Moran (2015), Bacich e Moran (2018), Valente (2014), Huizinga (2000), Kishimoto (2011), Gee (2003), Squire (2011), Wieman, Adams e Perkins (2008), Moore et al. (2014), Smetana e Bell (2012), Rutten, Van Joolingen e Van der Veen (2012), Chassot (2003), Mortimer e Machado (2013), Santos e Schnetzler (2010), Giordan (1999) e Maldaner (2000).

Foram incluídas publicações que tratassem do ensino de Química, metodologias ativas, simulações interativas, jogos didáticos, aprendizagem significativa, múltiplas representações e visualização molecular. Foram excluídos textos sem autoria identificável, materiais estritamente comerciais, publicações sem relação com ensino de Química e estudos que abordassem tecnologia educacional apenas de forma genérica, sem conexão com aprendizagem científica.

A análise foi organizada em categorias temáticas: desafios do ensino de Química; fundamentos da aprendizagem significativa; papel das representações químicas; simulações interativas e visualização molecular; jogos didáticos e ludicidade; integração entre experimentação e tecnologia; avaliação da aprendizagem; desafios de implementação; e diretrizes pedagógicas.

Por se tratar de estudo bibliográfico, não houve coleta direta de dados com estudantes ou professores. Ainda assim, a discussão considera princípios éticos da educação, como inclusão, acessibilidade, respeito às diferenças, uso crítico da tecnologia, proteção de dados e compromisso com a aprendizagem de todos os estudantes.

3. DESAFIOS HISTÓRICOS DO ENSINO DE QUÍMICA

O ensino de Química apresenta dificuldades específicas associadas à natureza abstrata de seus conceitos. Muitos conteúdos exigem que o estudante compreenda entidades invisíveis, como átomos, íons, moléculas, elétrons, orbitais, ligações químicas e interações intermoleculares. Além disso, esses conceitos são expressos por uma linguagem simbólica própria, composta por fórmulas, equações, estruturas, setas, coeficientes, índices, cargas, gráficos e representações tridimensionais. Para o estudante iniciante, essa linguagem pode parecer um código distante, desconectado dos fenômenos cotidianos.

Um dos principais problemas ocorre quando o ensino enfatiza o nível simbólico sem construir pontes com os níveis macroscópico e submicroscópico. O aluno aprende que H_2O representa água, que $NaCl$ é cloreto de sódio ou que $C_6H_{12}O_6$ é glicose, mas pode não

compreender profundamente o que esses símbolos representam em termos de partículas, ligações, geometria molecular e propriedades. Da mesma forma, pode balancear uma equação química sem entender que a equação expressa conservação de átomos e rearranjo de partículas.

Johnstone (1991) argumenta que a dificuldade da Química está justamente na necessidade de transitar entre três níveis de representação. Para o professor, esses níveis podem parecer naturalmente integrados, porque ele já possui experiência conceitual. Para o estudante, entretanto, cada nível pode ser percebido como conteúdo separado. Ele vê a reação no laboratório, copia a equação no caderno e observa um desenho de moléculas no livro, mas nem sempre compreende que se trata do mesmo fenômeno representado de modos diferentes.

A visualização molecular é outro desafio. Muitas vezes, imagens de moléculas são apresentadas como se fossem fotografias da realidade, sem discutir seu caráter de modelo. Esferas, bastões, nuvens eletrônicas, estruturas de Lewis, fórmulas planas e modelos tridimensionais são representações úteis, mas parciais. Cada uma destaca certos aspectos e oculta outros. Sem mediação, estudantes podem confundir o modelo com o objeto real ou atribuir às partículas características macroscópicas indevidas.

As concepções alternativas também são frequentes. Estudantes podem imaginar que as moléculas de uma substância sólida não se movimentam, que ligações químicas “guardam energia” de forma simplista, que átomos aumentam ou diminuem de tamanho como objetos visíveis, que reações químicas fazem substâncias desaparecerem ou que temperatura é propriedade de partículas

isoladas. Essas concepções não devem ser tratadas apenas como erros, mas como interpretações construídas a partir de experiências prévias e linguagem cotidiana. O ensino precisa criar situações para problematizá-las.

Outro obstáculo está na fragmentação curricular. Conteúdos como estrutura atômica, tabela periódica, ligações químicas, geometria molecular, soluções, termoquímica, cinética, equilíbrio e eletroquímica são frequentemente ensinados como blocos separados. No entanto, a compreensão química exige integração. Por exemplo, entender solubilidade envolve polaridade, interações intermoleculares, energia, entropia, estrutura molecular e propriedades do solvente. Se cada conteúdo é ensinado de modo isolado, o estudante encontra dificuldade para aplicar conceitos em situações novas.

A experimentação, embora valorizada, nem sempre resolve o problema. Atividades experimentais podem tornar a aula mais interessante, mas, se forem conduzidas como “receitas” a serem seguidas, não necessariamente promovem compreensão. O estudante pode misturar substâncias, observar mudança de cor e registrar resultados sem discutir hipóteses, variáveis, modelos e explicações moleculares. Giordan (1999) e Maldaner (2000) defendem que a experimentação no ensino de Química deve ser investigativa, contextualizada e articulada à construção conceitual.

Diante desses desafios, metodologias ativas, simulações e jogos didáticos não devem ser entendidos como adereços motivacionais, mas como estratégias para reorganizar a relação entre estudante, conhecimento e professor. Seu valor está em criar situações de aprendizagem nas quais o estudante participa, interpreta, testa

hipóteses, toma decisões, comunica ideias, negocia significados e relaciona representações.

4. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E METODOLOGIAS ATIVAS

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968) oferece fundamento importante para o ensino de Química. Segundo o autor, a aprendizagem torna-se significativa quando novas ideias se relacionam de forma substantiva e não arbitrária aos conhecimentos prévios do estudante. Isso significa que o aluno aprende melhor quando consegue conectar novos conceitos a estruturas cognitivas já existentes. Em oposição, a aprendizagem mecânica ocorre quando informações são memorizadas sem compreensão profunda, sendo facilmente esquecidas ou aplicadas apenas em situações repetitivas.

No ensino de Química, a aprendizagem mecânica é frequente quando o estudante memoriza fórmulas e procedimentos sem compreender seus significados. Pode decorar regras de nomenclatura, calcular molaridade ou identificar funções orgânicas em exercícios padronizados, mas não conseguir explicar fenômenos reais. A aprendizagem significativa exige que o estudante compreenda relações conceituais: por que determinada substância é polar, por que certas moléculas interagem por ligações de hidrogênio, por que uma reação libera calor ou por que a concentração afeta a velocidade de uma reação.

Novak e Gowin (1984) destacam que a organização do conhecimento em mapas conceituais pode favorecer a aprendizagem significativa, pois explicita relações hierárquicas e proposicionais entre conceitos. No caso da Química, mapas

conceituais podem relacionar estrutura molecular, polaridade, solubilidade, forças intermoleculares e propriedades físicas. Simulações e jogos podem funcionar como situações de aprendizagem que alimentam esses mapas cognitivos, oferecendo experiências visuais, interativas e problematizadoras.

As metodologias ativas dialogam com essa perspectiva porque colocam o estudante em posição de participação. Moran (2015) argumenta que metodologias ativas valorizam o estudante como protagonista, promovendo resolução de problemas, projetos, colaboração e autonomia. Bacich e Moran (2018) destacam que o uso de tecnologias digitais pode potencializar metodologias ativas quando há intencionalidade pedagógica. Valente (2014), ao discutir sala de aula invertida, enfatiza que o tempo presencial pode ser utilizado para atividades de aplicação, discussão, resolução de problemas e acompanhamento individualizado.

No ensino de Química, metodologias ativas podem incluir aprendizagem baseada em problemas, estudos de caso, experimentação investigativa, rotação por estações, sala de aula invertida, produção de modelos, jogos, debates, simulações, projetos e resolução colaborativa de desafios. O elemento comum é que o estudante deixa de ser receptor passivo de explicações e passa a atuar sobre situações, dados, representações e problemas.

Entretanto, metodologias ativas não significam ausência de ensino explícito. O professor continua desempenhando papel essencial como mediador, orientador, planejador e avaliador. Em conteúdos abstratos, a mediação docente é indispensável para evitar que estudantes interpretem incorretamente modelos, simulações ou jogos. A atividade, por si só, não garante aprendizagem. É necessário

orientar observações, formular perguntas, promover discussão conceitual, sistematizar ideias e relacionar a experiência aos conceitos científicos.

Prince (2004) adverte que aprendizagem ativa deve ser compreendida a partir de evidências e objetivos claros, e não como simples oposição à aula expositiva. Uma aula expositiva bem estruturada pode ser útil em determinados momentos, assim como uma atividade ativa mal planejada pode ser pouco produtiva. O ponto central é a coerência pedagógica. Simulações e jogos precisam responder a uma pergunta didática: que conceito se pretende ensinar, que dificuldade será enfrentada e que evidência de aprendizagem será observada?

Assim, a integração entre aprendizagem significativa e metodologias ativas no ensino de Química exige planejamento. O professor precisa diagnosticar conhecimentos prévios, escolher recursos adequados, criar situações de conflito cognitivo, promover exploração orientada, estimular explicação pelos estudantes, relacionar representações e avaliar a compreensão. Simulações e jogos são potentes quando inseridos nesse ciclo.

5. SIMULAÇÕES INTERATIVAS E VISUALIZAÇÃO DE FENÔMENOS MOLECULARES

As simulações interativas são recursos digitais que representam fenômenos, sistemas ou processos por meio de modelos computacionais manipuláveis. No ensino de Química, elas são especialmente relevantes porque permitem visualizar entidades e processos que não podem ser observados diretamente no laboratório escolar, como movimento molecular, colisões,

dissociação iônica, equilíbrio dinâmico, distribuição de partículas, geometria molecular e interações intermoleculares.

Mayer (2009), ao desenvolver a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, argumenta que estudantes aprendem melhor quando informações verbais e visuais são integradas de forma coerente, respeitando limites da memória de trabalho. Simulações bem desenhadas podem favorecer essa integração, pois combinam imagem, movimento, interação e feedback. No entanto, o excesso de informação visual pode produzir sobrecarga cognitiva. Por isso, a mediação docente e o design instrucional são fundamentais.

Moore et al. (2014) apontam que simulações PhET em Química ajudam a tornar o invisível visível, oferecem múltiplas representações e permitem investigação rápida e segura. Por exemplo, em uma simulação de soluções, o estudante pode observar a dissociação de íons, variar concentração, comparar solutos e relacionar condutividade à presença de partículas carregadas. Em uma simulação sobre pH, pode testar ácidos fortes e fracos, diluição e escala logarítmica. Em uma simulação sobre moléculas, pode construir estruturas, visualizar geometria e discutir repulsão entre pares eletrônicos.

Smetana e Bell (2012), em revisão sobre simulações computacionais em educação científica, indicam que elas podem melhorar aprendizagem quando utilizadas de forma orientada, especialmente quando combinadas com investigação e discussão. Rutten, Van Joolingen e Van der Veen (2012) também destacam que simulações podem complementar aulas e experimentos, favorecendo compreensão conceitual. Contudo, os autores alertam que o simples

uso do recurso não garante aprendizagem; a forma de implementação é decisiva.

No ensino de fenômenos moleculares, as simulações oferecem três contribuições principais. A primeira é a visualização dinâmica. Muitos livros apresentam imagens estáticas de moléculas ou íons. A simulação permite observar movimento, colisões, dispersão, orientação espacial, formação e quebra de interações. Isso ajuda o estudante a compreender que partículas estão em constante movimento e que propriedades macroscópicas emergem do comportamento coletivo dessas partículas.

A segunda contribuição é a manipulação de variáveis. Em experimentos reais, alterar variáveis pode demandar tempo, reagentes e equipamentos. Em simulações, o estudante pode variar temperatura, concentração, volume, pressão, número de partículas, polaridade ou energia e observar rapidamente os efeitos. Isso favorece pensamento investigativo, relação causal e formulação de hipóteses.

A terceira contribuição é a articulação entre representações. Uma boa simulação pode mostrar simultaneamente fenômeno macroscópico, representação molecular, gráfico e equação. Por exemplo, ao estudar equilíbrio químico, o estudante pode observar a concentração de reagentes e produtos, a dinâmica molecular e a representação gráfica ao longo do tempo. Essa articulação é central para superar a fragmentação entre níveis representacionais.

No entanto, simulações também apresentam riscos. Estudantes podem interpretar imagens como se fossem a própria realidade, sem compreender que são modelos. Podem acreditar que partículas

têm cores reais, que moléculas se comportam exatamente como objetos animados na tela ou que todos os sistemas são simplificados da mesma forma. O professor precisa explicitar o caráter modelar da simulação: o que ela representa, o que simplifica, o que omite e quais são seus limites.

Outro risco é a exploração superficial. Quando os estudantes apenas clicam, movem controles e observam animações sem questionamento, a simulação vira entretenimento passivo. Para evitar isso, é necessário propor roteiros investigativos, desafios, questões orientadoras, previsão antes da observação, registro de hipóteses e discussão coletiva. A simulação deve ser utilizada como ambiente de investigação, não como ilustração decorativa.

6. JOGOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Os jogos didáticos constituem recursos pedagógicos que articulam regras, desafios, objetivos, interação, feedback e ludicidade para promover aprendizagem. No ensino de Química, podem assumir diferentes formatos: jogos de tabuleiro, cartas, quizzes, RPG, jogos digitais, escape rooms, dominós químicos, bingo de elementos, simulações gamificadas, desafios de modelagem molecular, jogos de reação, jogos sobre tabela periódica, nomenclatura, ligações químicas, estequiometria, equilíbrio, termoquímica e funções orgânicas.

Kishimoto (2011) ressalta que o jogo, no contexto educativo, precisa equilibrar dimensão lúdica e intenção pedagógica. Se houver apenas ludicidade sem objetivo conceitual, pode haver diversão sem aprendizagem. Se houver apenas conteúdo disfarçado de jogo, sem desafio, autonomia ou envolvimento, a atividade perde força

motivacional. O jogo didático eficaz é aquele em que a dinâmica lúdica favorece o pensamento conceitual.

Huizinga (2000) compreende o jogo como atividade cultural marcada por liberdade, regras, limites temporais e espaciais, tensão e envolvimento. Essa concepção ajuda a entender por que jogos podem engajar estudantes: eles criam um espaço simbólico no qual o erro pode ser experimentado, as decisões têm consequências e a participação se torna significativa. Gee (2003) argumenta que bons jogos ensinam porque organizam problemas progressivos, oferecem feedback imediato e permitem aprendizagem situada.

No ensino de Química, jogos podem contribuir para diferentes objetivos. Um jogo de cartas sobre ligações químicas pode exigir que estudantes combinem elementos, prevejam formação de compostos, justifiquem cargas e discutam estabilidade. Um jogo sobre forças intermoleculares pode solicitar comparação entre moléculas e previsão de ponto de ebulição. Um jogo sobre estequiometria pode transformar cálculos em desafios colaborativos. Um jogo de simulação de colisões moleculares pode representar energia de ativação, orientação efetiva e frequência de colisões.

A principal contribuição dos jogos é envolver o estudante em tomada de decisão. Diferentemente de exercícios mecânicos, jogos exigem escolhas, estratégias, justificativas e interação com colegas. Quando bem planejados, obrigam o estudante a utilizar conceitos para avançar no desafio. O conhecimento deixa de ser apenas resposta esperada pelo professor e passa a ser ferramenta de ação no jogo.

Os jogos também favorecem colaboração e argumentação. Em atividades em grupo, estudantes precisam explicar ideias, defender respostas, corrigir colegas e negociar estratégias. Essa interação pode revelar concepções alternativas e criar oportunidades de intervenção docente. Mortimer e Machado (2013) destacam a importância da linguagem e da interação discursiva na construção de conceitos científicos. Jogos podem tornar essa interação mais intensa e significativa.

Outro aspecto importante é o feedback. Em jogos, o estudante frequentemente percebe rapidamente se sua decisão foi adequada. Esse retorno imediato favorece ajustes e aprendizagem. Entretanto, o feedback deve ser conceitual, não apenas indicar certo ou errado. O professor pode intervir perguntando: por que essa molécula é polar? Por que essa reação não está balanceada? Que interação intermolecular explica esse comportamento? Como a estrutura se relaciona à propriedade observada?

Jogos também podem aumentar motivação, especialmente quando rompem com a rotina expositiva e permitem participação ativa. Porém, motivação não deve ser confundida com aprendizagem. Um jogo muito divertido pode gerar pouco avanço conceitual se não for acompanhado de reflexão. Por isso, é importante incluir momentos de sistematização após a atividade. O debriefing, ou discussão final, permite transformar a experiência lúdica em conhecimento científico formalizado.

A avaliação também pode ser integrada aos jogos. O professor pode observar estratégias dos estudantes, registrar argumentos, identificar dúvidas, analisar respostas e propor autoavaliação. Jogos podem funcionar como avaliação diagnóstica, formativa ou

revisional. Em vez de apenas atribuir nota ao vencedor, é mais produtivo avaliar participação, justificativas, evolução conceitual e capacidade de aplicar conhecimentos.

7. INTEGRAÇÃO ENTRE SIMULAÇÕES, JOGOS E EXPERIMENTAÇÃO

A integração entre simulações, jogos e atividades experimentais representa uma das estratégias mais potentes para o ensino de Química. Cada recurso possui vantagens e limitações. O experimento permite contato com materiais, observação de fenômenos reais, desenvolvimento de habilidades práticas e compreensão da natureza empírica da ciência. A simulação permite visualizar o nível molecular, controlar variáveis e repetir situações com segurança. O jogo favorece engajamento, colaboração, tomada de decisão e revisão conceitual.

Quando articulados, esses recursos podem construir uma sequência didática mais completa. Por exemplo, ao estudar soluções e condutividade elétrica, o professor pode iniciar com experimento demonstrando que algumas soluções conduzem corrente e outras não. Em seguida, pode usar simulação para visualizar dissociação iônica e presença de partículas carregadas. Depois, pode propor jogo em que equipes classificam substâncias, preveem condutividade e justificam respostas. Por fim, pode sistematizar os conceitos em mapa conceitual ou relatório investigativo.

No estudo de geometria molecular, os estudantes podem construir modelos físicos com esferas e varetas, explorar simulação digital sobre repulsão dos pares eletrônicos e participar de jogo de cartas em que precisam associar fórmula, estrutura de Lewis, geometria,

polaridade e propriedades. Essa combinação favorece múltiplas representações e reduz a abstração.

Na cinética química, uma sequência pode envolver experimento sobre influência da temperatura ou concentração na velocidade de reação, simulação de colisões moleculares e jogo em que estudantes assumem papéis de partículas com diferentes energias e orientações. Essa abordagem torna conceitos como energia de ativação, colisão efetiva e catalisador mais compreensíveis.

A integração também pode favorecer alfabetização científica. Chassot (2003) defende que a alfabetização científica permite ler o mundo a partir da ciência. Quando simulações, jogos e experimentos são conectados a problemas reais, como tratamento de água, poluição, medicamentos, alimentos e energia, o estudante percebe relevância social da Química. Santos e Schnetzler (2010) defendem uma educação química comprometida com cidadania, capaz de relacionar conhecimento científico a decisões sociais.

Entretanto, a integração exige planejamento. Não basta acumular recursos. Cada etapa deve ter função pedagógica clara. O professor precisa definir o conceito central, os conhecimentos prévios, os objetivos, as atividades, os instrumentos de avaliação e os momentos de sistematização. A tecnologia e o jogo devem servir à compreensão científica, não competir com ela.

8. PAPEL DO PROFESSOR NA MEDIAÇÃO DAS METODOLOGIAS ATIVAS

O professor é elemento decisivo para o sucesso das metodologias ativas no ensino de Química. O uso de simulações e jogos não reduz a importância docente; ao contrário, amplia sua responsabilidade. O

professor passa a atuar como planejador de experiências, mediador de discussões, orientador de investigações, avaliador formativo e sistematizador conceitual.

A mediação começa antes da atividade, na escolha do recurso. O professor precisa avaliar se a simulação ou jogo é adequado ao conteúdo, à idade dos estudantes, aos recursos disponíveis, aos objetivos de aprendizagem e ao tempo didático. Também precisa antecipar dificuldades, preparar perguntas e definir critérios de avaliação.

Durante a atividade, a mediação envolve observação e intervenção. O professor deve circular entre grupos, ouvir explicações, questionar raciocínios, pedir justificativas, estimular comparação entre hipóteses e evitar que a atividade se reduza a tentativa e erro sem reflexão. Perguntas como “o que você espera que aconteça?”, “por que isso ocorreu?”, “como o modelo explica o fenômeno?”, “que evidência sustenta sua resposta?” ajudam a transformar interação em aprendizagem.

Após a atividade, a sistematização é indispensável. Estudantes precisam organizar o que aprenderam, relacionar com conceitos científicos, corrigir interpretações equivocadas e registrar conclusões. Sem esse momento, há risco de que a experiência permaneça fragmentada. A sistematização pode ocorrer por debate, produção de relatório, mapa conceitual, resolução de problema, construção de modelo ou explicação escrita.

A mediação docente também deve cuidar da inclusão. Nem todos os estudantes se engajam da mesma forma. Alguns podem ter dificuldade com tecnologia, leitura, raciocínio espacial, trabalho em

grupo ou exposição oral. O professor precisa diversificar papéis, oferecer apoio, garantir acessibilidade e criar ambiente seguro para participação. Metodologias ativas não devem beneficiar apenas estudantes mais extrovertidos ou com maior capital cultural.

Outro aspecto é a formação docente. Muitos professores não foram formados para utilizar simulações, jogos e metodologias ativas. A formação inicial e continuada precisa incluir tecnologia educacional, didática da Química, avaliação formativa, aprendizagem significativa e design de atividades. O domínio técnico do recurso é necessário, mas insuficiente. É preciso compreender como ele favorece ou dificulta a aprendizagem.

9. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM EM CONTEXTOS ATIVOS

A avaliação em metodologias ativas deve ser coerente com os objetivos de participação, compreensão e aplicação. Se o ensino busca desenvolver pensamento crítico, argumentação, modelagem e resolução de problemas, a avaliação não pode limitar-se a provas de memorização. Ela precisa observar processos, produtos e evolução conceitual.

No uso de simulações, a avaliação pode incluir registro de hipóteses, análise de capturas de tela, respostas a questões investigativas, comparação entre previsão e resultado, explicação de variáveis e construção de relações entre representações. O estudante pode ser solicitado a explicar, por exemplo, como a concentração afeta colisões moleculares ou como a polaridade interfere na solubilidade.

Nos jogos didáticos, a avaliação pode considerar justificativas apresentadas durante a partida, estratégias adotadas, capacidade de corrigir erros, colaboração e aplicação de conceitos. O foco não deve

ser apenas vencer o jogo, mas demonstrar compreensão. O professor pode utilizar rubricas que contemplem participação, argumentação científica, precisão conceitual e cooperação.

A avaliação formativa é especialmente adequada. Ela acompanha a aprendizagem durante o processo e permite ajustes. Em vez de apenas verificar o resultado final, o professor identifica dificuldades e intervém. Essa abordagem é compatível com Ausubel, pois permite diagnosticar conhecimentos prévios e reorganizar relações conceituais.

Mapas conceituais podem ser úteis para avaliar aprendizagem significativa. Antes e depois de uma sequência com simulações e jogos, os estudantes podem construir mapas sobre um tema, como ligações químicas, soluções ou equilíbrio. A comparação revela ampliação de conceitos, correção de relações e maior integração.

Também é possível usar autoavaliação e avaliação por pares. Estudantes podem refletir sobre o que compreenderam, onde tiveram dificuldade, como contribuíram para o grupo e que estratégias utilizaram. Essa reflexão fortalece autonomia e metacognição.

A avaliação deve evitar punir o erro durante a exploração. Em metodologias ativas, o erro pode ser fonte de aprendizagem. Quando estudantes testam hipóteses em simulações ou jogos, podem errar, comparar resultados e reformular ideias. O professor deve transformar o erro em objeto de análise, não em motivo de constrangimento.

10. RESULTADOS DA ANÁLISE

A análise da literatura permite identificar resultados relevantes sobre o uso de simulações interativas e jogos didáticos no ensino de Química.

O primeiro resultado é que esses recursos favorecem a articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. Essa articulação é uma das maiores dificuldades da aprendizagem química, conforme indicado por Johnstone. Simulações tornam visíveis processos moleculares, enquanto jogos podem desafiar os estudantes a relacionar fórmulas, estruturas e fenômenos.

O segundo resultado é que simulações interativas contribuem para a visualização dinâmica de fenômenos abstratos. Movimentos de partículas, colisões, interações, dissociação, equilíbrio e geometria molecular tornam-se mais acessíveis quando representados de forma manipulável. Isso favorece construção de modelos mentais.

O terceiro resultado é que jogos didáticos aumentam engajamento e participação, especialmente quando apresentam desafios significativos, regras claras, feedback e relação direta com objetivos conceituais. A ludicidade cria ambiente favorável à interação, colaboração e argumentação.

O quarto resultado é que a aprendizagem significativa depende da mediação docente. Recursos digitais e lúdicos não ensinam sozinhos. É necessário orientar observação, propor problemas, discutir hipóteses, explicitar limites dos modelos e sistematizar conceitos.

O quinto resultado é que a integração entre tecnologia, jogos e experimentação amplia potencial pedagógico. A experimentação mostra o fenômeno real; a simulação explica o nível molecular; o

jogo promove aplicação e revisão. Essa combinação favorece compreensão mais robusta.

O sexto resultado é que há desafios de implementação, como falta de infraestrutura, formação docente insuficiente, tempo didático limitado, acesso desigual à tecnologia e risco de uso superficial dos recursos.

O sétimo resultado é que essas metodologias podem contribuir para autonomia discente, pensamento crítico e alfabetização científica, desde que relacionadas a problemas contextualizados e práticas investigativas.

11. DISCUSSÃO

A discussão central deste artigo é que o ensino de Química precisa superar a oposição entre conteúdo e metodologia. Muitas vezes, inovações pedagógicas são tratadas como recursos motivacionais externos ao conhecimento, como se jogos e simulações fossem apenas formas de tornar a aula mais agradável. Essa visão é limitada. No caso da Química, simulações e jogos podem ter função epistemológica e didática profunda, pois ajudam a representar, manipular e discutir modelos de fenômenos que não são diretamente visíveis.

A dificuldade de compreender fenômenos moleculares não se resolve apenas com mais explicações verbais. O estudante precisa construir representações mentais, relacionar níveis de análise e aplicar conceitos em situações variadas. Simulações interativas favorecem esse processo porque permitem observar o comportamento de partículas em movimento, testar variáveis e relacionar representações. Jogos didáticos favorecem porque criam

situações de decisão nas quais conceitos químicos se tornam ferramentas para agir.

No entanto, a tecnologia e o lúdico não garantem aprendizagem por si mesmos. Um estudante pode interagir com uma simulação sem compreender o modelo, assim como pode vencer um jogo sem elaborar conceitos. Por isso, o professor deve planejar perguntas, intervenções e momentos de sistematização. O recurso deve estar integrado a uma sequência didática, e não usado de modo isolado.

Outro ponto importante é que metodologias ativas não significam abandonar o rigor conceitual. Pelo contrário, exigem maior clareza sobre os objetivos de aprendizagem. Ao utilizar uma simulação de equilíbrio químico, o professor precisa saber se deseja ensinar reversibilidade, igualdade de velocidades, concentração no equilíbrio, efeito de perturbações ou interpretação gráfica. Ao usar um jogo sobre tabela periódica, precisa definir se o foco é memorização, propriedades periódicas, configuração eletrônica ou aplicação de tendências.

A articulação entre simulações, jogos e experimentos pode contribuir para reduzir a fragmentação do ensino. Por exemplo, no estudo de forças intermoleculares, o professor pode iniciar com observação de pontos de ebulição, utilizar simulação para visualizar polaridade e interações e propor jogo de comparação entre moléculas. Essa sequência conecta fenômeno, modelo e linguagem simbólica.

A aprendizagem significativa também exige valorização dos conhecimentos prévios. Estudantes chegam à sala com explicações intuitivas sobre matéria, calor, dissolução, combustão e

transformação. Simulações e jogos podem revelar essas ideias. Quando o estudante prevê um resultado e observa outro, abre-se espaço para conflito cognitivo produtivo. O professor pode explorar esse momento para reconstruir conceitos.

A inclusão é outro aspecto relevante. Recursos visuais e interativos podem ajudar estudantes com diferentes estilos de aprendizagem, mas também podem criar barreiras se não forem acessíveis. É necessário pensar em estudantes com deficiência visual, auditiva, dificuldades motoras, baixa familiaridade digital ou acesso limitado à internet. Tecnologias educacionais devem ser acompanhadas de estratégias inclusivas, como descrição verbal, materiais táteis, trabalho colaborativo, alternativas impressas e mediação adequada.

Os jogos também devem ser cuidadosamente conduzidos para evitar competição excessiva. A competição pode motivar alguns estudantes, mas inibir outros. O professor pode priorizar jogos cooperativos, desafios em equipe, metas coletivas e feedback conceitual. O objetivo deve ser aprender Química, não apenas vencer.

Outro desafio está na formação docente. Muitos professores reconhecem o potencial das metodologias ativas, mas enfrentam falta de tempo, infraestrutura, turmas numerosas e currículo extenso. A implementação exige apoio institucional. Não basta cobrar inovação do professor sem oferecer condições. Escolas precisam garantir acesso a dispositivos, internet, laboratórios, formação continuada e tempo de planejamento.

A discussão também aponta para a necessidade de equilíbrio. A aula expositiva, a resolução de exercícios, a experimentação, os jogos e as

simulações podem coexistir. O problema não está em usar uma estratégia específica, mas em utilizá-la sem intencionalidade. Uma boa prática docente combina diferentes métodos conforme o objetivo. Em certos momentos, uma explicação direta é necessária; em outros, uma simulação ou jogo será mais adequado.

Portanto, a inovação no ensino de Química não está simplesmente em digitalizar a aula ou introduzir jogos, mas em reorganizar a experiência de aprendizagem. O estudante precisa observar, questionar, manipular, representar, discutir, errar, corrigir, aplicar e explicar. Simulações e jogos são meios para esse processo, não fins em si mesmos.

Conclui-se que metodologias ativas baseadas em simulações interativas e jogos didáticos representam caminho promissor para enfrentar a abstração dos fenômenos moleculares. Seu potencial está na capacidade de tornar visíveis processos invisíveis, promover engajamento, favorecer múltiplas representações e estimular aprendizagem significativa. Contudo, sua eficácia depende da mediação docente, do planejamento didático, da avaliação formativa e do compromisso com a compreensão conceitual.

12. DIRETRIZES PARA USO PEDAGÓGICO DE SIMULAÇÕES E JOGOS NO ENSINO DE QUÍMICA

A partir da análise realizada, propõem-se diretrizes para a aplicação pedagógica de simulações interativas e jogos didáticos no ensino de Química.

Primeiro, definir objetivos conceituais claros antes de escolher o recurso. A seleção da simulação ou do jogo deve partir da dificuldade de aprendizagem a ser enfrentada.

Segundo, diagnosticar conhecimentos prévios dos estudantes. Isso permite selecionar exemplos, perguntas e desafios mais adequados.

Terceiro, articular os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. O professor deve explicitar como o fenômeno observado se relaciona ao modelo molecular e à representação química.

Quarto, utilizar roteiros investigativos em simulações. Os estudantes devem prever, testar, observar, registrar e explicar resultados.

Quinto, explicitar os limites dos modelos. Toda simulação simplifica a realidade e deve ser discutida criticamente.

Sexto, planejar jogos com equilíbrio entre ludicidade e aprendizagem. O jogo deve ser divertido, mas também conceitualmente relevante.

Sétimo, priorizar feedback conceitual. Durante jogos e simulações, o professor deve questionar justificativas e não apenas indicar acertos ou erros.

Oitavo, incluir momentos de sistematização após as atividades. A experiência precisa ser transformada em conhecimento organizado.

Nono, utilizar avaliação formativa. Mapas conceituais, relatórios, discussões, rubricas e autoavaliação podem acompanhar a aprendizagem.

Décimo, garantir acessibilidade e inclusão. Recursos digitais e lúdicos devem considerar diversidade de estudantes.

Décimo primeiro, integrar simulações e jogos à experimentação. A combinação de fenômeno real, modelo digital e desafio lúdico fortalece a aprendizagem.

Décimo segundo, promover formação docente contínua para uso crítico da tecnologia.

13. CONCLUSÃO

O ensino de Química enfrenta desafios históricos decorrentes da abstração dos conceitos, da linguagem simbólica específica e da dificuldade de visualização dos fenômenos em nível molecular. Muitos estudantes têm dificuldade para articular observações macroscópicas, explicações submicroscópicas e representações simbólicas. Essa dificuldade compromete a aprendizagem significativa e favorece memorização mecânica.

O estudo demonstrou que metodologias ativas, especialmente simulações interativas e jogos didáticos, podem contribuir para superar esses obstáculos. As simulações favorecem visualização dinâmica de partículas, manipulação de variáveis, construção de modelos mentais e integração entre diferentes representações. Os jogos didáticos promovem engajamento, colaboração, argumentação, tomada de decisão e aplicação de conceitos.

Entretanto, essas ferramentas não devem ser compreendidas como soluções automáticas. Seu valor depende da intencionalidade pedagógica, da mediação docente e da articulação com objetivos claros. Simulações podem ser superficiais se usadas sem investigação. Jogos podem ser apenas entretenimento se não forem acompanhados de reflexão conceitual. A aprendizagem ocorre quando o recurso é integrado a uma sequência didática planejada.

A aprendizagem significativa, conforme Ausubel, exige relação entre novos conhecimentos e estruturas cognitivas prévias. Simulações e jogos podem favorecer essa relação ao criar situações concretas, visuais, interativas e desafiadoras. Além disso, podem contribuir para alfabetização científica, pois aproximam conceitos químicos de problemas reais e estimulam pensamento crítico.

Conclui-se que a utilização planejada de simulações interativas e jogos didáticos representa caminho promissor para inovação no ensino de Química. Essas ferramentas permitem tornar fenômenos moleculares mais compreensíveis, ampliar o protagonismo estudantil e fortalecer a relação entre tecnologia, experimentação e construção conceitual. A efetividade dessa abordagem, contudo, exige formação docente, infraestrutura adequada, avaliação formativa, inclusão e compromisso com uma educação científica crítica e significativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BONWELL, Charles C.; EISON, James A. **Active learning: creating excitement in the classroom**. Washington, DC: ASHE-ERIC Higher Education Reports, 1991.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação.** Ijuí: Unijuí, 2003.

GEE, James Paul. **What video games have to teach us about learning and literacy.** New York: Palgrave Macmillan, 2003.

GILBERT, John K.; TREAGUST, David F. **Multiple representations in chemical education.** Dordrecht: Springer, 2009.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

HUIZINGA, Johan. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura.** São Paulo: Perspectiva, 2000.

JOHNSTONE, Alex H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.

JOHNSTONE, Alex H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education Research and Practice**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação.** São Paulo: Cortez, 2011.

MALDANER, Otavio Aloisio. **A formação inicial e continuada de professores de Química.** Ijuí: Unijuí, 2000.

MAYER, Richard E. **Multimedia learning.** 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MOORE, Emily B.; CHAMBERLAIN, Julia M.; PARRY, Hannah; PERKINS, Katherine K. PhET Interactive Simulations: transformative tools for teaching chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 8, p. 1191-1197, 2014.

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

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. **Química para o ensino médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano**. Belo Horizonte: UFMG, 2013.

NOVAK, Joseph D.; GOWIN, D. Bob. **Learning how to learn**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

PRINCE, Michael. Does active learning work? A review of the research. **Journal of Engineering Education**, v. 93, n. 3, p. 223-231, 2004.

RUTTEN, Nico; VAN JOOLINGEN, Wouter R.; VAN DER VEEN, Jan T. The learning effects of computer simulations in science education. **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 136-153, 2012.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2010.

SMETANA, Lara K.; BELL, Randy L. Computer simulations to support science instruction and learning: a critical review of the literature.

International Journal of Science Education, v. 34, n. 9, p. 1337-1370, 2012.

SQUIRE, Kurt. **Video games and learning: teaching and participatory culture in the digital age**. New York: Teachers College Press, 2011.

TABER, Keith S. **Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education**. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 14, n. 2, p. 156-168, 2013.

VALENTE, José Armando. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, Curitiba, n. especial 4, p. 79-97, 2014.

WIEMAN, Carl E.; ADAMS, Wendy K.; PERKINS, Katherine K. PhET: simulations that enhance learning. **Science**, v. 322, n. 5902, p. 682-683, 2008

¹ Especialista em Práticas Assertivas em Educação Profissional Integrada à Educação de Jovens e Adultos pela Secretaria de Estado de Educação e Desporto Escolar do Amazonas (SEDUC-AM). E-mail:

[acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Mestrando em Ciências da Educação pela Universidad Del Sol (UNADES), Especialista em Química pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Licenciado em Química pela Universidade Estadual de Goiás (UEG). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

[mail](#)

³ Mestre em Química, Bacharel em Farmácia e Licenciado em Química pela Universidade Federal do Maranhão. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Mestra em Biologia Parasitária pela Universidade Ceuma (Uniceuma). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Graduado pelo Centro Universitário Florence. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁶ Bacharel em Enfermagem pela Faculdade Florence. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁷ Doutor em Química e Biotecnologia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁸ Especialista em Educação Permanente em Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, graduada em Enfermagem pela Universidade da Amazônia (UNAMA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁹ Mestrando em Ciências e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

¹⁰ Doutor em Ciências e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)