

REVOLUÇÃO DIGITAL NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE A INSERÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL ENTRE 2019 E 2025

José Renato da Silva

Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera

j.renato@cogna.com.br

RESUMO

O avanço da inteligência artificial (IA) tem transformado diversas áreas do conhecimento, inclusive a educação. No ensino de Química, especialmente em contextos presenciais e a distância, tanto no ensino básico quanto superior, a IA surge como ferramenta promissora para dinamizar e personalizar a aprendizagem. Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura científica dos últimos cinco anos, com o objetivo de identificar as principais abordagens e tendências relacionadas ao uso da IA no ensino de Química. A metodologia seguiu as diretrizes PRISMA, com buscas realizadas nas bases Scopus, Web of Science, ERIC e SciELO, considerando publicações entre 2019 e 2024. Os resultados apontam para o crescimento significativo de estudos sobre tutores inteligentes, sistemas adaptativos, uso de algoritmos de aprendizado de máquina para avaliação e plataformas de realidade aumentada. A maior parte das investigações está centrada no ensino superior, com lacunas evidentes no ensino médio. Apesar das evidências positivas sobre o aumento do engajamento e da aprendizagem, destacam-se desafios como a necessidade de infraestrutura tecnológica, formação docente e desenvolvimento de modelos pedagógicos adequados. Conclui-se que a IA tem potencial para revolucionar o ensino de Química, desde que integrada com criticidade e planejamento.

Palavras-chave: Educação digital; Tecnologias emergentes; Formação docente; Aprendizagem significativa; Interdisciplinaridade.

INTRODUÇÃO

O ensino de Química, tanto no ambiente presencial quanto à distância (EaD), enfrenta diversos desafios relacionados à abstração dos conteúdos, à fragmentação curricular e à descontextualização do conhecimento. A crescente digitalização da educação trouxe consigo novas possibilidades de mediação didática, entre elas o uso da inteligência artificial (IA), que

tem se destacado por seu potencial de personalização da aprendizagem, automação da avaliação e geração de ambientes adaptativos (Zawacki-Richter et al., 2019; Minn, 2022).

A integração da IA ao ensino de Química não apenas moderniza os processos pedagógicos, mas também contribui para uma abordagem centrada no estudante, baseada em dados, interativa e contextualizada. Tecnologias como tutores inteligentes, plataformas de realidade aumentada e recursos baseados em machine learning vêm sendo utilizados para melhorar o desempenho e o engajamento dos alunos (Wang et al., 2024; Iyamuremye et al., 2024).

Durante e após o período pandêmico, a adoção forçada de recursos digitais evidenciou ainda mais as potencialidades da IA, mas também revelou desigualdades estruturais no acesso à tecnologia, especialmente na Educação Básica (Alenezi et al., 2022). Além disso, estudos apontam para a carência de formação continuada de professores de Química no uso de tecnologias emergentes, especialmente em contextos periféricos e de baixa infraestrutura (Teles et al., 2024).

Ainda que existam revisões sistemáticas relacionadas ao uso de IA na educação em geral (Chiu, 2021; Wang et al., 2024), poucas enfocam especificamente o ensino de Química. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, as principais tendências, aplicações e lacunas sobre o uso da inteligência artificial no ensino de Química, considerando diferentes níveis e modalidades educacionais.

METODOLOGIA

A presente revisão sistemática seguiu as diretrizes do protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), com o objetivo de identificar e analisar publicações científicas sobre o uso da IA no ensino de Química. As bases de dados utilizadas foram: Scopus, Web of Science, ERIC e SciELO. As buscas foram realizadas entre fevereiro e março de 2025, utilizando os descritores “Artificial Intelligence” AND “Chemistry Education” e seus equivalentes em português e espanhol. Os critérios de inclusão foram: (i) publicações entre 2019 e 2024; (ii) artigos em inglês, português ou espanhol; (iii) estudos com foco explícito no ensino de Química com uso de IA; (iv) publicações em periódicos científicos com revisão por pares. Os critérios de exclusão envolveram: (i) estudos que abordassem apenas IA em contextos de outras disciplinas; (ii) artigos duplicados; (iii) trabalhos sem acesso ao texto completo; e (iv) literatura cinzenta (como anais de congressos e dissertações). A seleção dos

estudos ocorreu em três etapas: leitura dos títulos, análise dos resumos e leitura integral dos artigos. A triagem inicial resultou em 47 artigos. Após remoção de duplicatas e análise de títulos e resumos, 28 estudos foram selecionados para leitura completa. Destes, 11 artigos atenderam integralmente aos critérios de inclusão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados mostram uma tendência crescente no uso da IA no ensino de Química entre 2021 e 2024, com maior incidência no ensino superior. A Tabela 1 resume os principais tipos de tecnologias e abordagens encontradas nos artigos selecionados.

Tabela 1 – Principais aplicações de IA no ensino de Química (2019–2024)

Tecnologia	Aplicações em Química	Exemplos de uso	Referência
Tutores inteligentes	Explicação adaptativa de conceitos, feedback automático	Simulações de ligações químicas	Minn (2022); Yildirim & Akcan (2024)
Realidade aumentada com IA	Visualização de estruturas moleculares em 3D	Ensino de geometria molecular	Chiu (2021); Iyamuremye et al. (2024)
Plataformas adaptativas	Avaliação personalizada e trilhas de aprendizagem	Algoritmos de recomendação	Wang et al. (2024); Berber et al. (2025)
Chatbots e modelos generativos	Apoio ao estudo autônomo, explicações sob demanda	Uso de LLMs para química orgânica	Yuriev et al. (2024)
Machine learning para diagnóstico de aprendizagem	Identificação de lacunas conceituais	Avaliação de gráficos de reação	Zawacki-Richter et al. (2019); Maslej et al. (2023)

O uso de sistemas inteligentes na educação, especialmente quando aliados a metodologias ativas, é inegavelmente promissor, promovendo maior protagonismo e desenvolvimento do pensamento crítico entre os estudantes (Yildirim & Akcan, 2024). No entanto, o cenário

brasileiro expõe desafios estruturais profundos que dificultam a ampliação dessa inovação no ensino, principalmente nas escolas públicas.

A falta de infraestrutura adequada, como acesso a dispositivos tecnológicos de qualidade e conexões de internet confiáveis, é um problema histórico que continua a marginalizar regiões periféricas. O uso de IA na educação, por mais inovador que seja, corre o risco de aprofundar ainda mais a desigualdade educacional, caso não seja acompanhada por políticas públicas que promovam a democratização do acesso à tecnologia. Além disso, a resistência de muitos educadores à implementação dessas ferramentas, seja por falta de treinamento adequado, seja por receio de perda de controle sobre o processo de ensino, evidencia a necessidade de um apoio contínuo e robusto para a formação docente (Alenezi et al., 2022; Teles et al., 2024).

Outro ponto relevante é a ausência de uma regulamentação ética e pedagógica que norteie o uso de tecnologias educacionais no Brasil. Sem uma estrutura clara sobre como essas ferramentas devem ser integradas de forma responsável ao currículo escolar, corremos o risco de substituir o aprendizado significativo por soluções superficiais, que podem não contemplar as reais necessidades cognitivas e socioemocionais dos alunos.

Portanto, enquanto as evidências sobre o impacto positivo da IA na educação são consistentes, é fundamental que o Brasil desenvolva políticas integradas que atendam não apenas às necessidades tecnológicas, mas também aos aspectos formativos, pedagógicos e éticos do ensino (Yildirim & Akcan, 2024; Alenezi et al., 2022; Teles et al., 2024). No que tange ao ensino médio, os dados revelam uma lacuna expressiva na produção científica. Apenas 25% dos estudos analisados abordavam essa etapa de ensino, o que sugere a necessidade de maior investimento em pesquisa aplicada e formação inicial e continuada de professores de Química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da inteligência artificial no ensino de Química tem se consolidado como uma estratégia inovadora para personalização da aprendizagem, desenvolvimento da autonomia estudantil e melhoria dos processos avaliativos. As principais aplicações envolvem tutores inteligentes, realidade aumentada, plataformas adaptativas e modelos generativos.

Apesar dos avanços, ainda há desafios significativos quanto à formação docente, equidade no acesso à tecnologia e elaboração de políticas públicas específicas. A literatura recente demonstra forte concentração no ensino superior, sendo urgente o fomento de estudos e experiências na Educação Básica. A IA, se integrada com criticidade e intencionalidade

pedagógica, pode contribuir significativamente para a modernização e democratização do ensino de Química.

REFERÊNCIAS

- Alenezi, E., et al. (2022). The sudden shift to distance learning: Challenges facing teachers. *Journal of Education and Learning*, v.11, n.3, p. 14–26. <https://doi.org/10.5539/jel.v11n3p14>
- Berber, S., Brückner, M., Maurer, N., & Huwer, J. (2025). Artificial intelligence in chemistry research—Implications for teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, v.102, n.4, p. 1444–1456. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01033>
- Chiu, W. K. (2021). Pedagogy of emerging technologies in chemical education during the era of digitalization and artificial intelligence: A systematic review. *Education Sciences*, v.11, n.11, 709. <https://doi.org/10.3390/educsci11110709>
- Teles, L. M. G., Pereira da Silva, L., & Oliveira da Silva, L. (2024). Percepções de professores de Química da Amazônia Paraense sobre a incorporação da inteligência artificial no ensino. *Areté, Revista Digital del Doctorado en Educación*, v.10, p.141–158.
- Iyamuremye, A., Niyonzima, F. N., Mukiza, J., et al. (2024). Utilization of artificial intelligence and machine learning in chemistry education: A critical review. *Discover Education*, v.3, n.1, 95. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00197-5>
- Maslej, N., et al. (2023). *The AI Index 2023 Annual Report*. Stanford University.
- Minn, S. (2022). AI-assisted knowledge assessment techniques for adaptive learning environments. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v.3, 100050. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100050>
- Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, v.252, 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
- Yildirim, B., & Akcan, A. T. (2024). AI-professional development model for chemistry teacher: Artificial intelligence in chemistry education. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, v.10, n.4, 161–182. <https://doi.org/10.55549/jeseh.741>
- Yuriev, E., Wink, D. J., & Holme, T. A. (2024). The dawn of generative artificial intelligence in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, v.101, n.8, 2957–2959. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00836>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v.16, n.1, 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>