

ENSINO DE QUÍMICA NA ERA DIGITAL: INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS QUE REDEFINEM A SALA DE AULA

Jéssica da Silva Gaudêncio*
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
<http://orcid.org/0000-0003-2692-9195>

RESUMO

O presente artigo¹ investiga o uso de tecnologias educacionais e games no ensino de Química no Brasil, considerando as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que propõe o desenvolvimento de competências relacionadas ao uso crítico e criativo das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs). Com o objetivo de identificar tendências, estratégias e desafios, realizou-se uma revisão sistemática da literatura publicada entre 2013 e 2023, utilizando o protocolo *Methodi Ordinatio* para seleção dos artigos. Os estudos analisados indicam uma diversidade de práticas pedagógicas mediadas por recursos digitais, como jogos educativos, plataformas interativas e laboratórios virtuais, os quais favorecem o engajamento, a aprendizagem ativa e a contextualização dos conteúdos de Química. Conclui-se que o uso intencional de tecnologias pode qualificar o processo de ensino-aprendizagem, desde que articulado à formação docente e às condições estruturais das instituições escolares.

Palavras-chave: Tecnologias Educacionais; Ensino de Química; Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs); Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs); Revisão Sistemática de Literatura.

ABSTRACT

TEACHING CHEMISTRY IN THE DIGITAL AGE: TECHNOLOGICAL INNOVATIONS THAT REDEFINE THE CLASSROOM

This article investigates the use of educational technologies and games in Chemistry teaching in Brazil, in light of the guidelines established by the National Common Curricular Base (BNCC), which advocates for the development of skills related to the critical and creative use of Digital Information and Communication Technologies (DITCs). To identify trends, strategies, and challenges, a systematic

* Doutora em História das Ciências e Educação Científica (Universidade de Coimbra, UC - Portugal) e Doutora em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) em acordo de cotutela. Licenciada em Química (Universidade Estadual de Ponta Grossa) e mestre em Ciências (Universidade de São Paulo). Bolsista de Pós-doutorado pelo CNPq no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. É integrante do grupo de investigação "Coimbra Chemistry Center (CQC)" da Universidade de Coimbra e do grupo de pesquisa Ciência, Educação, Tecnologia e Sociedade (CETS) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: jessigaudencio@hotmail.com

1 Texto revisado, normatizado e traduzido por Lucas dos Santos Lavisio: Graduado em Letras pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).

literature review was conducted, focusing on studies published between 2013 and 2023, using the *Methodi Ordinatio* protocol for article selection and ranking. The analyzed studies reveal a variety of pedagogical practices mediated by digital tools, such as educational games, interactive platforms, and virtual laboratories, which promote student engagement, active learning, and contextualized understanding of Chemistry content. It is concluded that the intentional integration of technologies can enhance the teaching-learning process, provided it is supported by ongoing teacher training and adequate structural conditions in educational institutions.

Keywords: Educational Technologies; Chemistry Teaching; Information and Communication Technologies (ICT); Digital Information and Communication Technologies (DICTs); Systematic Literature Review.

RESUMEN

ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN LA ERA DIGITAL: INNOVACIONES TECNOLÓGICAS QUE REDEFINEN EL AULA

El presente artículo investiga el uso de tecnologías educativas y juegos en la enseñanza de la Química en Brasil, considerando las orientaciones de la Base Nacional Común Curricular (BNCC), que propone el desarrollo de competencias relacionadas con el uso crítico y creativo de las Tecnologías Digitales de Información y Comunicación (TDIC). Con el objetivo de identificar tendencias, estrategias y desafíos, se realizó una revisión sistemática de la literatura publicada entre 2013 y 2023, utilizando el protocolo *Methodi Ordinatio* para la selección de los artículos. Los estudios analizados indican una diversidad de prácticas pedagógicas mediadas por recursos digitales, como juegos educativos, plataformas interactivas y laboratorios virtuales, las cuales favorecen el compromiso, el aprendizaje activo y la contextualización de los contenidos de Química. Se concluye que el uso intencional de las tecnologías puede mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, siempre que esté articulado con la formación docente y las condiciones estructurales de las instituciones escolares.

Palabras clave: Tecnologías Educativas; Enseñanza de la Química; Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC); Revisión Sistemática de la Literatura.

Introdução

Os materiais didáticos são ferramentas pedagógicas criadas para fins educativos, classificadas conforme seu uso, abrangendo tanto *games* educativos quanto recursos institucionais. Eles servem como suporte para os professores durante o processo de ensino-aprendizagem. A rápida evolução tecnológica também influencia esse processo, permitindo que, atualmente, existam diversas metodologias de ensino apoiadas em um conjunto diversificado de

recursos multimídia, fundamentados na tecnologia (Sousa; Moita; Carvalho, 2011).

As novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) ou Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) são mais do que simples suportes, elas interferem em nosso modo de pensar, sentir, agir, de nos relacionarmos socialmente e adquirirmos conhecimentos, criando uma cultura e um novo modelo de sociedade. Assim, com o advento

de um novo ambiente tecnológico-científico-cultural, impulsionado pela cibercultura, tornou-se essencial a inclusão de computadores e internet na educação. Essa mudança demandou um novo paradigma que vai além do ensino tradicional, focado na simples transmissão de informações, ensejando um ensino que promova uma comunicação interativa, uma aprendizagem colaborativa e o incentivo à criatividade (Kenski, 2003; Souza *et al.*, 2021).

Dessa forma, esta pesquisa busca responder à seguinte questão norteadora: como a tecnologia digital e os *games* educacionais têm sido trabalhados no ensino de Química no Brasil? Para responder a essa pergunta, este artigo de caráter teórico apresenta uma revisão sistemática da literatura, examinando os estudos relevantes dos últimos dez anos (2013 a 2023) na área de ensino de Química no Brasil. A opção de escolher a revisão sistemática da literatura justifica-se pela necessidade de sintetizar, de forma criteriosa, o estado atual da produção científica relacionada ao uso de tecnologias digitais e *games* no ensino de Química. Diferentemente das revisões narrativas, a revisão sistemática segue um protocolo estruturado, permitindo sua reprodutibilidade. Por meio dessa metodologia, é possível identificar tendências, lacunas e evidências consistentes na temática investigada, contribuindo para a prática docente e pesquisas futuras sobre o tema.

Assim, o objetivo deste artigo é destacar e apresentar as novas tendências e estratégias adotadas por pesquisadores brasileiros no uso de tecnologias educacionais e dos *games* como ferramentas pedagógicas no ensino de Química. Considerando a crescente importância das tecnologias educacionais na educação, é fundamental que os professores estejam atentos e abertos a essas inovações, a fim de promover um ensino mais dinâmico, acessível e alinhado às necessidades dos estudantes na era digital.

Esta pesquisa de revisão sistemática está deliberadamente focada na realidade educacional brasileira, considerando as políticas públicas locais, como a BNCC, e os desafios

específicos enfrentados por professores de Química no país. Embora haja reconhecimento de tendências semelhantes em contextos internacionais, optou-se por uma abordagem centrada no Brasil com objetivo de contribuir com estratégias contextualizadas, voltadas à formação e atuação docente no ensino básico e no ensino superior nacional.

Fundamentos teóricos sobre o uso das TDICs no ensino de Química

De acordo com Kenski (2003), muitos pensam em tecnologia de forma negativa, como “a tecnologia invade nosso cotidiano”. Porém, a tecnologia está em todos os lugares, nas atividades cotidianas, como dormir, trabalhar, comer, ler, caminhar... tecnologias como talheres, panelas e fogão, por exemplo, são essenciais para a nossa sobrevivência: a alimentação. Conforme Bazzo (2003), a diferença entre técnica e tecnologia é que essa última é resultado de estudos, planejamentos e construções específicas. Em outras palavras, a tecnologia é um sistema que leva em conta o conhecimento científico. Por exemplo, fazer iogurte, queijo, cerveja exigem técnica; a partir de Pasteur e da pasteurização dos produtos, obtivemos a tecnologia de controle térmico de microrganismos, base da microbiologia industrial. Assim, chamamos de tecnologia o conjunto de princípios e conhecimentos científicos que se aplicam ao planejamento, à construção e à utilização de um equipamento em um determinado tipo de atividade. Portanto, para criar desde uma caneta estereográfica até um computador, deve-se pesquisar, planejar e criar tecnologias (Kenski, 2003).

Tradicionalmente a aprendizagem das informações e conceitos era tarefa exclusiva da escola. Os conceitos eram passados gradativamente ao aluno após o ingresso nas instituições de ensino formal. Ao final de uma escolarização, a pessoa podia considerar-se formada, ou seja, já possuía os conhecimentos e as informações

suficientes para iniciar alguma profissão. A veloz transformação tecnológica trouxe novas definições de aprendizagem; novos ritmos e novas dimensões do processo de ensino-aprendizagem foram se criando, e ainda estão, e muitas adaptações foram e serão precisas.

O livro *Tecnologia e educação à distância*, de Vani Kenski, fala sobre a velocidade da informação no meio tecnológico. O livro é de 2003, tempo em que não havia ainda as redes sociais. Atualmente, a acessibilidade à informação (seja ela verdadeira, seja falsa) é muito mais facilitada devido aos aplicativos de mensagens e às redes sociais. Isso sem sombra de dúvidas afeta o nosso compreender. Desse modo, o impacto na prática docente é inevitável. A amplitude e a aplicabilidade dos recursos midiáticos na educação proporcionam competências e habilidades discentes, considerando que muitos desses recursos fazem parte de seu meio sociocultural. Essa constatação impõe que se repense a necessidade de implantar as novas tecnologias no meio escolar, como ferramentas didáticas interativas e significativas para o processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, Silva e Serafim (2016) destacam que a presença da internet no contexto educacional reforça a importância dessa integração tecnológica e que integrar as redes sociais e os aplicativos (que fazem parte do convívio diário das pessoas) ao processo pedagógico é uma forma de transcender os limites físicos da escola. Essa integração possibilita que estudantes e docentes possam conhecer o mundo, entrando em contato com diferentes culturas e realidades, o que favorece a aprendizagem por meio do intercâmbio de experiências e da construção colaborativa do conhecimento.

Diante dessa nova realidade, o docente deve repensar suas práticas educativas e buscar uma reflexão sobre a importância dos novos estilos de aprendizagem, bem como das peculiaridades com os quais os jovens chegam às salas de aula. Em relação ao conhecimento químico, por exemplo, sabe-se que está no cotidiano desde os primórdios da humanidade, e, na era científica tecnológica em que vivemos, essa

presença se faz mais notória, fazendo com que sejamos mais dependentes da tecnologia que esse conhecimento proporciona.

Dessa forma, fica claro que é essencial um maior envolvimento entre as áreas tecnológica e educacional, considerando que a relação entre educação e tecnologia está presente na maioria dos estudos que analisam o processo de ensino-aprendizagem. Ademais, a própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), junto com outros textos normativos ou de apoio educacional elaborados nos últimos anos, indica que a educação deve incluir processos formativos que visem o desenvolvimento do aluno para a vida, incentivando o uso significativo das tecnologias disponíveis. Isso implica que os estudantes devem utilizar as diversas mídias e recursos digitais disponíveis, tanto nos contextos educacionais quanto na vida cotidiana, de modo a entender seu papel no desenvolvimento social e tecnológico (Souza *et al.*, 2021).

Assim, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) traz em sua disposição conteúdos a serem desenvolvidos por meio da utilização das TDCIs, trazendo como quinta competência geral para a educação básica “compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica e ética” (Brasil, 2017). Pode-se relacionar o uso crítico das TDCIs às notícias falsas, por exemplo, e, embora os alunos tenham facilidade com as redes digitais, eles necessitam de ensinamentos para manusear todas as informações de modo seguro e se apropriarem delas e assim produzirem conhecimento válido.

Conforme Alvez, Martins e Andrade (2021), a BNCC modificou a fragmentação dos conteúdos em disciplinas, algo já instaurado no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), fazendo com que as disciplinas de Química, Física e Biologia fossem unidas em uma única área de conhecimento denominado “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”. Isso não exclui necessariamente as disciplinas, cabendo ao professor a decisão de como abordá-las, mas garantindo a contextualização entre elas. Para essa área de

conhecimento, são definidas competências, as quais sucintamente consistem em “saber analisar fenômenos naturais e os processos tecnológicos”; “conseguir interpretar a vida, a Terra e o Universo”; “interpretar problemas referentes ao conhecimento científico e tecnológico”.

De acordo com Damasceno e Oliveira (2021), a educação 4.0 consiste no uso das TDICs usando linguagem computacional, internet, Inteligência Artificial (IA) etc. para dinamizar e otimizar o processo de ensino-aprendizagem, ou seja, trata-se da incorporação da tecnologia como recurso pedagógico em sala de aula. É uma evolução da educação tradicional, que busca unir o melhor do mundo presencial com o virtual a fim de proporcionar aos alunos um ensino de qualidade. Diante desse contexto, a BNCC orienta os professores a buscar o delineamento de estratégias pedagógicas que incluam o uso tecnológico em suas aulas, de maneira a contribuir para o processo de ensino-aprendizagem.

No que diz respeito ao conteúdo, não apenas de Química, mas de Ciências como um todo, Alvez, Martins e Andrade (2021) observaram uma maior ênfase na tecnologia em comparação com documentos anteriores que orientavam o ensino. Isso é notável particularmente pela inclusão de temas como biomecânica, bioquímica do DNA e a produção de armamentos. Nesse sentido, a BNCC se apresenta bastante atualizada em relação aos avanços científicos contemporâneos, mais do que os próprios documentos anteriores.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) orientam que o ensino de Química deve ser ministrado de forma contextualizada para que os conteúdos sejam significativos para a formação da cidadania (Brasil, 2002). Assim, para que o ensino de Química não seja ensinado apenas de forma tradicional, por meio da transmissão e memorização de fórmulas químicas, são necessárias mudanças de paradigma no ensino, e uma delas é o uso de recursos tecnológicos.

Assim, os ambientes de aprendizagem tecnológica devem estar centrados numa infinidade

de recursos metodológicos que demonstrem o potencial do processo de produção do conhecimento. O conteúdo químico é abstrato e de difícil compreensão pelos alunos principalmente por tratar de conceitos que envolvem teorias e hipóteses. Compreender o fenômeno químico, de acordo com Johnstone (1982), exige que os alunos compreendam os três modos representacionais do conhecimento químico, que são o macroscópico (visível), o simbólico matemático (reações, fórmulas) e o principal, o submicroscópico (invisível — átomo). Partindo dessa explanação, o uso de tecnologias educacionais no ensino de Química pode auxiliar os alunos principalmente na compreensão do modo submicroscópico, contando com a ajuda de meios digitais como aplicativos, simuladores, softwares, vídeos, inclusive em 3D, e outros.

Desse modo, diante do cenário educacional contemporâneo, é importante que o docente adote diferentes metodologias, estratégias e recursos pedagógicos personalizados, com o objetivo de potencializar o processo de ensino-aprendizagem. Contudo, ressalta-se que essas práticas devem ser cuidadosamente planejadas e articuladas aos conteúdos curriculares da disciplina, visando a promoção das competências previstas no processo formativo, conforme afirma Perrenoud (2000):

Um professor de biologia ou de química pode, hoje, substituir uma parte das experiências de laboratório – que continuam formativas por outras razões – através das operações virtuais que tornam muito menos tempo e, portanto, densificam as aprendizagens, porque é possível multiplicar as tentativas e os erros, sabendo imediatamente os resultados, e modificar as estratégias de acordo com a necessidade. (Perrenoud, 2000, p. 133).

Portanto, a utilização das ferramentas tecnológicas no ensino de Química deve explicitar seu caráter dinâmico, com um conjunto de ensinamentos interativos que envolvam a interdisciplinaridade, a contextualização e a tecnologia. Giordan (2008) reforça também a questão do uso de laboratórios virtuais em situações de infraestrutura deficitária em escolas, sendo

que atualmente, no ensino de Química, há uma variedade de softwares que simulam laboratórios, permitindo a realização de experimentos mesmo quando os materiais necessários não estão disponíveis, ou quando escolas não possuem laboratórios para realizá-los.

Várias são as ferramentas digitais disponíveis de forma gratuita na internet que podem auxiliar na produção e disseminação das TDICs, possibilitando suas utilizações para fins educacionais. Por exemplo, as ferramentas do Google com aplicação na educação; Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) diversos, como Google Meet, Zoom, Moodle, YouTube Edu e Khan Academy para divulgação e acesso a videoaulas; plataformas de quizzes; *games* digitais (Baamboozle, Quizizz, Kahoot), laboratórios virtuais (LabVirt, PhetColorado), entre outras. Mesmo a utilização de meios como *smartphones*, TV digital, rádio e impressos pode ser adaptada no planejamento pedagógico mediante o emprego de TDICs (Araújo *et al.*, 2023). Diante de tantas possibilidades tecnológicas, é necessário que os docentes conheçam as ferramentas disponíveis e compreendam como elas têm sido efetivamente utilizadas na prática educativa. Assim, com base nessa perspectiva, reforça-se que a presente pesquisa se propõe a analisar os estudos que investigam o uso dessas tecnologias no ensino de Química no Brasil, com o intuito de identificar tendências, desafios e contribuições para a prática docente.

Metodologia

Esta pesquisa se fundamenta em uma revisão sistemática de literatura, utilizando como protocolo metodológico o *Methodi Ordinatio*, proposto por Pagani, Kovalski e Resende (2015; 2017). Esse método é especialmente recomendado para seleção e classificação de artigos científicos com base em critérios objetivos, como fator de impacto, número de citações e atualidade das publicações, organizando a revisão em etapas estruturadas e sistemáticas. Dessa forma, a metodologia adotada garante o

rigor e a reprodutibilidade dos procedimentos realizados, desde a definição da pergunta de pesquisa, seleção das bases de dados, critérios de inclusão e exclusão, até a análise final dos estudos selecionados. De acordo com Campos *et al.* (2018), o método tem como objetivo auxiliar no processo de escolha de publicações sobre determinado tema, selecionando e classificando trabalhos científicos de acordo com sua relevância, criando, assim, um portfólio bibliográfico. O *Methodi Ordinatio* consiste em nove etapas de execução:

Etapas (1) — intenção de pesquisa. Para dar início à pesquisa, partiu-se da seguinte questão norteadora: como a tecnologia digital e os *games* educacionais têm sido trabalhados no ensino de Química no Brasil? A partir dessa questão, definiram-se as três palavras-chave para a pesquisa: *educational games*, *chemistry teaching* e *technology*. De acordo com Pereira e Galvão (2014), o uso de sinônimos pode ampliar os resultados em revisões sistemáticas, contudo optou-se inicialmente por um conjunto de palavras-chave mais específico e direcionado, a fim de garantir maior precisão e pertinência temática dos artigos localizados. Apesar disso, para futuras revisões sistemáticas ampliadas, podem-se incluir sinônimos e termos relacionados (por exemplo, *educational technology* como alternativa a *technology*, ou *digital games* em complemento a *educational games*), permitindo o enriquecimento do portfólio dos estudos identificados.

Etapas (2) — pesquisa em bases de dados: definição das bases de dados que serão utilizadas para realizar a pesquisa. Assim, escolheram-se a *Scielo*, a *Scopus* e a *Web Of Science* (WOS). A escolha dessas bases se justifica por sua ampla cobertura de periódicos científicos qualificados, sendo referências no cenário nacional e internacional. A *Scielo* se constitui como uma base fundamental para o acesso a produções brasileiras em educação e ensino de Ciências. Já a *Scopus* e a *Web of Science* são bases internacionais que reúnem artigos com maior impacto científico, garantindo a

abrangência, a relevância e a diversidade dos estudos analisados. Assim, a seleção dessas três bases permite cobrir a produção científica nacional e internacional, dentro dos critérios de qualidade exigidos por revisões sistemáticas.

Etapa (3) — definição e combinação das palavras-chave e bases de dados. Nessa etapa, é realizada a pesquisa nas bases de dados com as palavras-chave escolhidas na etapa anterior, definindo os limites do período (em anos) dos artigos. Considerou-se o período de publicação de dez anos, entre 2013 e 2023. A escolha do recorte temporal de dez anos fundamenta-se na necessidade de contemplar as publicações mais recentes e relevantes sobre o uso de tec-

nologias digitais e *games* no ensino de Química. Considerando a velocidade com que as TDICs evoluem e se integram às práticas pedagógicas, limitar a análise aos últimos dez anos permite focar tendências contemporâneas, com maior aplicabilidade prática à realidade atual das escolas e dos professores, pois um período maior que dez anos pode incluir tecnologias já obsoletas ou descontextualizadas do cenário educacional contemporâneo.

Em seguida, realizaram-se testes de combinações possíveis, utilizando os operadores *booleanos* AND e OR, conforme o Quadro 1. Utilizaram-se filtros de pesquisa para a escolha do país (Brasil) e para o tipo específico de publicação (artigo).

Quadro 1: Primeiros resultados de combinações possíveis utilizando os operadores *booleanos* “AND” e “OR”

KEYWORDS AND COMBINATIONS	A	B	C
	SCOPUS	SCIELO	WEB OF SCIENCE
educational games AND chemistry teaching AND technology	Título/Resumo/ Palavras-chave Open access Tempo estipulado: 2013–2023 País: Brasil Artigos	Título/Resumo/ Palavras-chave Open access Tempo estipulado: 2013–2023 País: Brasil Artigos	Título/Resumo/ Palavras-chave Open access Tempo estipulado: 2013–2023 País: Brasil Artigos
Total	0	0	0
educational games AND chemistry teaching	País: Brasil Anos: 2013-2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013-2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013-2023 Artigos
Total	11	2	15
educational games AND technology	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos
Total	123	20	190
chemistry teaching AND technology	País: Brasil Anos: 2013-2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013-2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013-2023 Artigos
Total	61	41	137
educational games AND technology OR chemistry teaching	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos
Total	133	107	648
Technology AND chemistry teaching OR educational games	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos
Total	184	1008	905

Fonte: autoria própria.

Etapa (4) — busca final nas bases de dados com auxílio de ferramentas de gerenciamento de referências: os resultados coletados nas bases de dados são exportados para um gerenciador de referências.

Assim, utilizaram-se o *Mendeley* e o *JabRef*, e, a partir disso, excluíram-se os trabalhos em duplicata e os que de algum modo não estavam de acordo com a pesquisa desejada, conforme Quadro 2:

Quadro 2: Resultados após refinamento

KEYWORDS AND COMBINATIONS	A	B	C
	SCOPUS	SCIELO	WEB OF SCIENCE
educational games AND chemistry teaching AND technology	0 encontrado para T-A-K Open access Tempo estipulado: 2013–2023 País: Brasil Artigos	0 encontrado T-A-K Open access Tempo estipulado: 2013–2023 País: Brasil Artigos	0 encontrado para T-A-K Open access Tempo estipulado: 2013–2023 País: Brasil Artigos
Total	0	0	0
educational games AND chemistry teaching	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos
Total	5	2	7
educational games AND technology	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos
Total	44	2	32
chemistry teaching AND technology	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos
Total	11	12	6
educational games AND technology OR chemistry teaching	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos
Total	6	18	33
Technology AND chemistry teaching OR educational games	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos	País: Brasil Anos: 2013–2023 Artigos
Total	13	15	21

Fonte: autoria própria.

Etapa (5) — procedimentos de filtragem: esta etapa corresponde à leitura prévia do título, das *Keywords* ou do *abstract* e à exclusão dos artigos que, inicialmente, não estejam relacionados ao tema pesquisado. Após a filtragem, somente artigos que se apresentem pertinentes continuarão no processo. Desse modo, 35 artigos foram selecionados.

Etapa (6) — identificação do fator de impacto, ano de publicação e número de citações: nesta etapa é criada uma planilha contendo o título do artigo, o nome da revista, ano de publicação, fator de impacto da revista e o número de citações.

Etapa (7) — *ranking* dos artigos usando a equação *InOrdinatio*: a equação *InOrdinatio* é:

$InOrdinatio = (FI/1000) + \alpha \cdot [10 - (\text{ano da pesquisa} - \text{ano da publicação})] + (\Sigma Ci)$

Onde o FI é o fator de impacto, α é um fator de ponderação que varia de 1 a 10, a ser atribuído pelo pesquisador, ano da pesquisa é o ano em que a pesquisa está sendo desenvolvida, ano da publicação é o ano em que o artigo foi publicado e ΣCi é o número de citações do artigo.

Para ilustrar a aplicação prática da equação *InOrdinatio*, apresenta-se o cálculo realizado

para um dos estudos selecionados, o artigo *Digital Technologies in Chemistry Teaching: a Brief Review of the Available Categories and Tools*, de Souza *et al.* (2021), publicado em 2021, na Revista Virtual de Química, que possui fator de impacto (FI) de 0,157 e conta com treze citações (em 2024, ano de desenvolvimento desta pesquisa). Considerando um fator de ponderação $\alpha = 10$, o valor *InOrdinatio* foi calculado da seguinte forma:

$$InOrdinatio = \left(\frac{0,157}{1000} \right) + 10 \cdot [10 - (2024 - 2021)] + 13$$
$$InOrdinatio = 0,000157 + 10 \cdot 7 + 13 = 0,000157 + 70 + 13 = 83,00015$$

O *InOrdinatio* leva em consideração o ano, o fator de impacto da revista e o número de citações do artigo. Fazendo essa correspondência, o *InOrdinatio* dará uma ordenação de publicações de acordo com sua relevância científica, auxiliando na leitura sistemática de artigos que realmente possuem importância para a investigação. Assim, foi possível ordenar os artigos encontrados para a temática pelo número *InOrdinatio*, em ordem numérica crescente, ou seja, quanto maior for o número

InOrdinatio, mais relevante e importante será o artigo.

Etapla (8) — encontrar os artigos completos: após classificação dos artigos usando a equação *InOrdinatio*, devem-se encontrar as versões completas dos artigos.

Etapla (9) — leitura final e análise dos artigos: seleciona-se o número de artigos a serem lidos e escolhidos para a pesquisa. Desse modo, foram escolhidos quinze artigos dentre os 35 selecionados (Quadro 3).

Quadro 3: Artigos selecionados

AUTORES	TÍTULO	REVISTA	ANO	INORDINATIO	TEMÁTICA PRINCIPAL
SOUSA, Y. K.; OLIVEIRA, K. J. V.; OLIVEIRA SILVA, T.; NEVES, R. F.	Social Network Instagram and the Cognitive Theory of Multimedia Learning: Analysis of Images with Chemical Content in Educational Profile	Investigações em Ensino de Ciências	2023	90,00016	Mídias sociais/ Aprendizagem multimodal
ARAÚJO, R. S.; PONTES, L. F.; BARBOSA, K. F.; WEBER, K. C.;	Flipped Classroom and Station Rotation Model: a Brief Review of Their Applications in Science Teaching	Revista Virtual de Química	2023	90	Metodologias ativas/Ensino de Ciências
FERREIRA, L. L. M.; BRANDÃO, J. I. A.; GUSMÃO, C. N. R. M.; MAIA, S. R. R.	Online Games in Chemistry Teaching: Adaptation to Remote Teaching	Conexão ComCiência	2023	90	Jogos digitais/ Ensino remoto

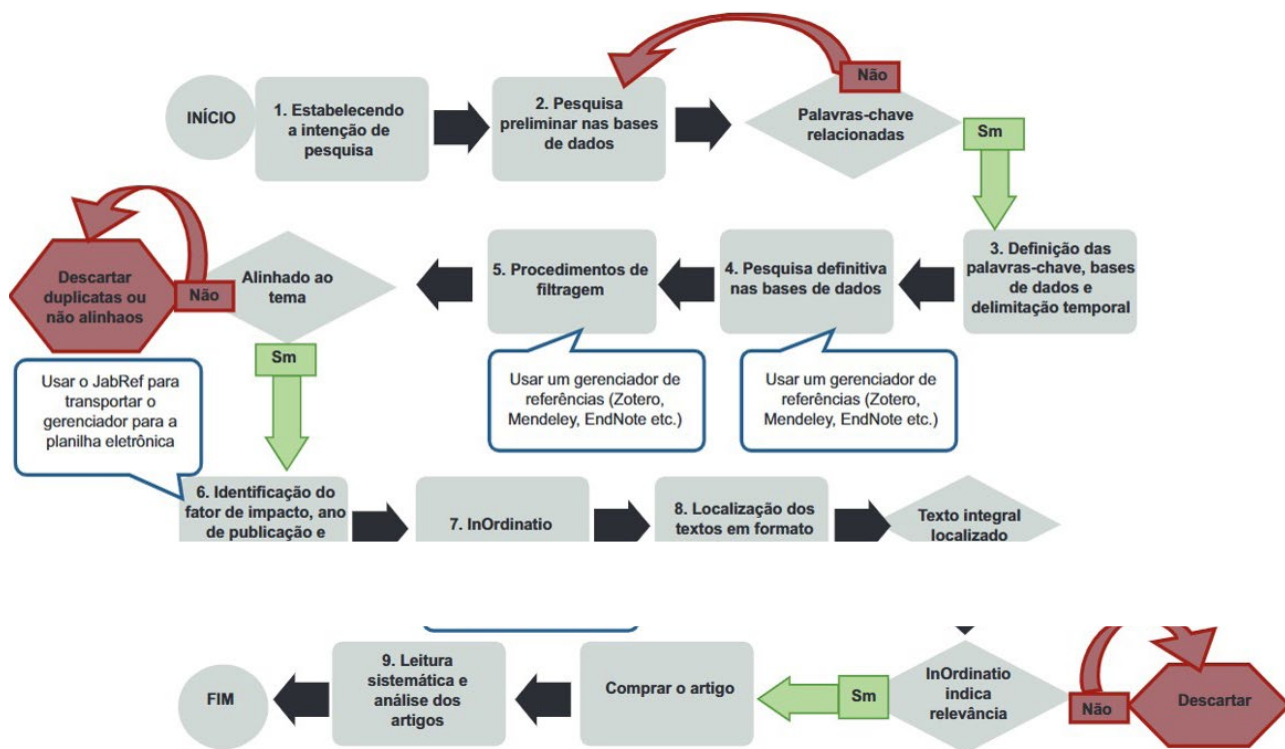
SOUZA, L. D.; SILVA, B. V.; ARAUJO NETO, W. N.; REZENDE, M. J. C.	Digital Technologies in Chemistry Teaching: a Brief Review of the Available Categories and Tools	Revista Virtual de Química	2021	83,00015	Ferramentas digitais no ensino de Química
SILVA, B. R. F., SILVA NETO, S. L.; LEITE, B. S.	Flipped Classroom in Teaching Organic Chemistry: a Case Study	Química Nova	2021	81,00019	Sala de aula invertida/ Química Orgânica
SANTOS, G.P.; MORAIS, D.R.; SOUZA, C. I. F. R.; FONSECA, N. A. R.; MIRANDA, M. L. D.	Mixtures and Their Separation Methods: the Use of Didactic Games, the Jigsaw Method and Everyday Life as Facilitators to Construct Chemical Knowledge in High School	Orbital	2021	72	Jogos didáticos/ Misturas
XAVIER, A. R.; FIALHO, L. M. F.; LIMA, V. F.	Digital Technologies and Chemistry Education: the Use of Free Software as Methodological Tools	Foro de Educación	2019	71,00028	Software livre/ Ensino de Química
LOURENÇO, E. C.; PAULA, S.; SETTI, G. O.; TOCI, A. T.; PADILHA, J. C.; SILVA, E. M.; BOROSKI, M.	Determination of Iron Content Using the PhotoMetrix PRO® Application: Technology in Favor of Teaching Chemistry	Revista Virtual de Química	2021	70,00016	Aplicativos/ Análises laboratoriais
LEITE, B. S.	From Face-to-Face Classroom to Virtual Classroom: Stories of a Non-Virtual Virtual Chemistry Experience	Educación Química	2020	69,00024	Ensino virtual/ Experiências em sala de aula
ESTEVAM, I. H. S.; SILVA, E. F. R.; SACRAMENTO, A. P. D. S.	Elaboration and Use of Animation as Strategy to Teaching Organic Reactions Mechanism	Química Nova	2020	63,00019	Animações/ Reações orgânicas
CONCEIÇÃO, M. H.; ALBUQUERQUE, O. M.; BOAS, A. J. V.; QUINTELLA, C. M.	Socrative Platform Usage by Organic Chemistry Students: a Preliminary Study	New Trends in Qualitative Research	2020	60,00016	Plataformas online/ Química Orgânica
MORENO, J.; MURILLO, W. D. J.	Jogo de carbonos: uma estratégia didática para o ensino de Química Orgânica para propiciar a inclusão de estudantes do Ensino Médio com deficiências diversas	Revista Brasileira de Educação Especial	2018	55	Inclusão/ Química Orgânica/ Games

SILVA, R. C.; RAMOS, E. D. S.	Virtual Labs in the Teaching of Chemistry Applied to the Integrated Technical Course in Computer Science	Espacios	2016	29,00019	Laboratórios virtuais/ Ensino Médio Técnico
DENARI, G. B.; SACIOTO, T. R.; CAVALHEIRO, É. T.	Using Spreadsheet Software as a Teaching tool in Qualitative Analytical Chemistry	Química Nova	2016	22	Excel®/ Química Analítica
LOURENÇO, A. B.; WEINBERGER, A.; QUEIROZ, S. L.	The Use of Blogs in Pre-Service Chemistry Teacher Education	Turkish Online Journal of Educational Technology	2015	11	Blogs/ Formação de professores de Química

Fonte: autoria própria.

Em síntese, os passos para a realização da revisão sistemática de literatura utilizada estão contidos na Figura 1 e detalhadas no Quadro 4.

Figura 1: Etapas da *Methodi Ordinatio* para revisão sistemática de literatura (Pagani; Kovaleski; Resende, 2017)



Fonte: Pagani; Kovaleski e Resende (2017)

Quadro 4: Etapas da Revisão

ETAPA 1	Questão de pesquisa: Como a tecnologia digital e os <i>games</i> educacionais têm sido trabalhados no ensino de Química no Brasil?
	Período (em anos): 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023
ETAPA 2	Bases de dados: <i>Scielo, Scopus e Web of Science</i>
ETAPA 3	Palavras-chave: <i>educational games, chemistry teaching e technology</i>
	Palavras-chave/operadores booleanos: educational games AND chemistry teaching AND technology educational games AND chemistry teaching educational games AND technology chemistry teaching AND technology educational games AND technology OR chemistry teaching technology AND chemistry teaching OR educational games
ETAPA 4	Gerenciadores de referências: <i>Mendeley e JabRef</i>
ETAPA 5	Procedimentos de filtragem: leitura prévia do título, <i>keywords</i> ou <i>abstract</i>
	Crítérios de inclusão: Pesquisas brasileiras; artigos de livre acesso; artigos publicados entre os anos de 2013 e 2023; artigos indexados nas bases <i>Scielo, Scopus e Web of Science</i> , tratar do uso de tecnologias digitais no ensino de Química; Crítérios de exclusão: Publicações em anais de eventos; publicações pregressas a 2013; artigos aceitos em 2024; artigos repetidos entre as bases, artigos que não se relacionam com a temática
ETAPA 6	Ajuda de planilha eletrônica: utilizar a planilha em Excel para organização de identificação do nome dos autores, nome da revista, fator de impacto da revista, ano de publicação e número de citações do artigo.
ETAPA 7	InOrdinatio: cálculo do número <i>InOrdinatio</i> para <i>ranking</i> dos artigos
ETAPA 8	Localização dos textos: Encontrar os artigos completos na internet.
ETAPA 9	Leitura final: análise dos artigos selecionados para interpretação dos resultados e discussão

Fonte: autoria própria

Sendo assim, a discussão dos resultados tratará dos artigos encontrados durante a revisão sistemática de literatura, bem como de diversas outras produções acadêmicas (livros no todo, capítulos de livro etc.), que são referências para a contextualização do assunto em discussão. Os artigos selecionados foram lidos integralmente e analisados de forma qualitativa. A interpretação foi orientada por uma leitura sistemática, buscando identificar recorrências temáticas e padrões nos objetivos,

nas abordagens metodológicas, nos conteúdos de Química trabalhados e nos recursos tecnológicos utilizados. A partir dessa leitura analítica, foram elaboradas categorias interpretativas, como o tipo de tecnologia educacional aplicada, os níveis de ensino envolvidos, os conteúdos específicos abordados e os impactos relatados no processo de ensino-aprendizagem. Essas categorias serviram de base para a sistematização dos resultados que apresentam as tendências em tecnologias digitais educacionais

presentes nas novas estratégias e metodologias desenvolvidas por pesquisadores brasileiros para o processo de ensino-aprendizagem de Química, tanto na educação básica como no ensino superior.

Resultados e discussão

Recursos Educativos Digitais (RED) e Ensino Virtual de Química (EVQ)

Além do computador e da internet, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) abrangem uma gama de aparatos tecnológicos como *tablets*, *notebooks*, *iPads*, *iPhones*, *smartphones*, impressoras 3D, entre outros. Os usos dessas tecnologias proporcionam uma variedade de aplicações que vão desde software social a jogos de simulações que podem ser utilizados em diversas áreas como na medicina, no entretenimento e na educação (Raupp; Eiche, 2012).

Os Recursos Educativos Digitais (RED) consistem em recursos que podem ser um jogo educativo, um programa de informática de simulação ou apresentação multimídia, imagens e vídeos. Apesar de ter uma multiplicidade de recursos e serem úteis, podem também gerar dificuldades na perspectiva de organização do conhecimento do professor. Escolas bem equipadas com tecnologias educacionais possuem grande potencial para dinamizar os processos de ensino-aprendizagem, no entanto precisam saber integrar as novas tecnologias à grade curricular com o objetivo de educar para a autonomia, incentivando o alunado a construir seus próprios saberes (Ferreira *et al.*, 2023). A seguir, serão apresentados alguns exemplos de RED no ensino de Química e suas possíveis aplicações.

Games no ensino de Química

De acordo com Lima e Moita (2011), os *games* digitais devem ser orientados de forma a estimular o discente ao encontro e à construção do conhecimento como uma conquista que o

leve a superar limites e a enfrentar desafios, criando maiores demandas cognitivas, mais profundidade e participação ativa. Usar *games* no ensino do conteúdo químico favorece a aprendizagem mediante a utilização de uma metodologia que envolve a tecnologia e a influência da Química na sociedade tecnológica moderna. É responsabilidade do professor transformar o aprendizado em uma atividade prazerosa e divertida, permitindo que o aluno jogador se torne mais ativo e crítico.

Os *games* possibilitam a reformulação das metodologias, promovendo uma maior interação entre alunos e professores durante o processo de ensino-aprendizagem, superando as limitações tradicionais das relações entre professor e aluno, bem como entre teoria e prática (Lima; Moita, 2011). Segundo Damasceno e Oliveira (2021), o uso de *games* para fins educacionais deve proporcionar ao aluno: 1) a oferta de estímulos visuais de qualidade, que chamem a atenção, 2) ter objetivos notórios e significativos; 3) proporcionar retorno (*feedback*) imediato, oportunizando ao aluno ter controle da situação; 4) favorecer na tomada de decisões que influenciarão na experiência de aprendizagem; 5) ser desafiador, com níveis adaptáveis e crescentes de dificuldade.

Por exemplo, o trabalho de Santos *et al.* (2021) apresenta o *game* online denominado SeparaMix para trabalhar o conteúdo de separação de misturas na disciplina de Química no Ensino Médio. O *game* é composto por um tabuleiro, um dado, quatro peões e nove cartas com figuras de métodos de separação de misturas e foi adaptado do físico para o virtual para ser trabalhado em aulas online. Os autores ressaltam a importância de tornar o ensino de Química mais atrativo para os alunos do Ensino Médio, principalmente ao trabalhar assuntos como o de separação de misturas, que é pouco explorado no ensino de Química, já que atividades experimentais são menos utilizadas, pois algumas escolas não possuem laboratórios de Ciências. Muitas escolas não apresentam infraestrutura nem mesmo locais acessíveis

para que os professores possam trabalhar de forma interativa para explorar o tema, mesmo que esteja diretamente relacionado ao cotidiano dos alunos. Assim, o *game* online torna-se uma possibilidade de se trabalhar o ensino de conteúdos químicos de forma contextualizada, possibilitando ao aluno aprender com situações reais do dia a dia.

Com essa mesma abordagem, a pesquisa de Moreno e Murillo (2018) traz uma metodologia educacional para o ensino de Química Orgânica focada na educação inclusiva, que aborda uma estratégia didática com dois componentes: um *game* social online junto a uma narrativa baseada em uma série de televisão popular (*Game of Thrones*, o “Jogo dos Tronos”, em tradução livre). Assim, o jogo criado chama-se “jogo de carbonos”, e os módulos temáticos considerados para o *game* foram montados com base na história e ambientação da série. O objetivo é que os estudantes explorem o mundo coletando os materiais para que desafiem outros personagens, que, dentro do contexto dos videogames, são conhecidos como NPC, da sigla em inglês *Non-Playable Character* (personagem não jogável), com um jogo de perguntas e respostas. Os resultados da aplicação mostram uma atitude mais positiva dos alunos em relação à nova metodologia usada em sala de aula, com um aumento na interação entre colegas de classe, como também uma maior confiança no seu processo de aprendizagem.

Uso de simuladores, softwares e aplicativos educacionais

Os simuladores apresentam diversos níveis de semelhança com a realidade. Esses jogos recriam ambientes físicos, por exemplo, realidades laboratoriais. O acesso a simuladores 3D demanda certo investimento, pois na maioria das vezes têm um custo elevado. Contudo, o professor pode utilizar outros simuladores mais acessíveis, como aplicativos disponíveis gratuitamente para *smartphones*. Diante desse contexto, a pesquisa de Estevam, Silva e Sacramento (2020) elaborou animações sobre

mecanismos de reações orgânicas, utilizando programas simples e acessíveis a todos os sistemas operacionais. Como resultado, vídeos foram criados das principais reações trabalhadas nos cursos de graduação em Química, facilitando a compreensão das reações orgânicas e ilustrando a aplicação de tecnologias computacionais no ensino de Química Orgânica. Essa abordagem pedagógica é inovadora, acessível, estimulante e adequada para cursos de Química.

Já o trabalho de Conceição (2020) avaliou o uso da plataforma *Socrative* para a disciplina de Química Orgânica, que é uma plataforma online e gratuita em que os estudantes universitários praticam o conteúdo trabalhado em sala de aula usando os seus *smartphones* ou *tablets*. De acordo com Denari, Saciloto e Cavalheiro (2016), alguns softwares mais simples e conhecidos, como planilhas de Excel, por exemplo, são pouco utilizadas como ferramenta de educação computacional no ensino de Química. Desse modo, os autores apresentam uma avaliação do uso do Excel como ferramenta de ensino em um curso de Química Analítica Qualitativa para cálculos de concentrações das espécies em equilíbrio em soluções de ácidos. Os resultados indicam que a utilização do software melhorou o interesse pela aprendizagem dos alunos, comprovando que mesmo em disciplinas clássicas é possível introduzir novas tecnologias para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Portanto, existem inúmeras plataformas que podem ser usadas em sala de aula presencial, assim como em sala de aula virtual, criando possibilidades para um ensino de Química à distância.

Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) também fazem parte das práticas docentes. Em alguns cursos, a utilização de parte da carga horária em AVA é permitida e incentivada. A pandemia da covid-19 nos tornou mais “especialistas” em novas tecnologias e possibilidades para fazer um ensino de Química à distância. O processo de ensino-aprendizagem de Química necessita do desenvolvimento de

metodologias voltadas para uma aprendizagem mais efetiva do estudante em relação aos conceitos abstratos que a Química envolve. Tais conceitos exigem do alunado a capacidade de transladar entre os modos representacionais macroscópico, submicroscópico e simbólico, estabelecidos por Johstone (1982). Mas e a distância? Como proporcionar metodologias voltadas para o ensino de disciplinas científicas que trabalhem de forma efetiva a abstração que elas envolvem? Os professores estão preparados para esse tipo de ensino?

As dificuldades são imensas, e o ensino de Química requer metodologias educacionais que permitam suprir as dificuldades de aprendizagem em relação aos fenômenos e conceitos teóricos. O ensino virtual é possível por meio de TDICs, e o uso das tecnologias permitiu o contato de forma síncrona (professor transmite ao vivo a aula) e assíncrona (conteúdo disponibilizado na plataforma AVA).

Ou seja, na Química podemos utilizar os Laboratórios Virtuais de Química (LVQs), disponíveis em aplicativos e sites gratuitos na internet. O trabalho de Silva e Ramos (2015) apresenta os principais resultados da aplicação de LVQs no ensino de conteúdos de misturas e técnicas de separação com turmas de primeiro ano do Ensino Médio integrado em Informática de uma escola federal da cidade de Morrinhos, Goiás. Os resultados indicam que o uso dos LVQs estimulou a curiosidade e a aprendizagem dos alunos, mostrando ser uma importante estratégia para o ensino.

Em se tratando de aplicativos voltados para a educação, muitos têm se mostrado ferramentas poderosas no ensino de Química, oferecendo novas formas de aprendizagem que vão além do ambiente tradicional da sala de aula. Por meio da interatividade e da simulação de experimentos, esses aplicativos permitem que os alunos explorem conceitos complexos de maneira prática e visual, o que pode melhorar a compreensão e a retenção do conteúdo. Além disso, a possibilidade de acessar o material em qualquer lugar e a qualquer momento facilita o

estudo contínuo e personalizado, adaptando-se às necessidades individuais de cada aluno. Dessa forma, os aplicativos podem ser integrados ao currículo para complementar e enriquecer o ensino de Química, tornando-o mais dinâmico e acessível.

Assim, o trabalho de Lourenço *et al.* (2021) apresenta uma metodologia que utiliza o aplicativo gratuito PhotoMetrix PRO® em uma prática de colorimetria para medir o teor de ferro pela reação com tiocianato. Os autores evidenciam que, muitas vezes, nas aulas práticas do ensino básico, técnico ou até mesmo na graduação, o número de equipamentos geralmente é insuficiente para todos os alunos. Desse modo, a metodologia mostrou-se eficiente, pois cada aluno pode obter seus próprios dados da curva analítica e de quantificação de amostras, promovendo uma participação mais ativa e despertando a criticidade. Esse trabalho demonstra a viabilidade e as possibilidades existentes da utilização de *smartphones* associados a aplicativos, podendo construir uma ferramenta em potencial para o processo de ensino-aprendizagem em aulas experimentais de Química.

Metodologias ativas: possibilidades do ensino colaborativo no ensino de Química

As metodologias ativas (MA) surgiram nos anos 1980 com intuito de mudar o ensino tradicional, buscando a transformação do aluno passivo, que só recebia a informação, em agente ativo dentro do seu processo de ensino-aprendizagem. Assim, essas metodologias envolvem métodos e técnicas que estimulam a interação aluno-professor, aluno-aluno e aluno-materiais didáticos, apostando quase sempre na aprendizagem em ambiente colaborativo, levando o aluno a se responsabilizar pela construção do seu conhecimento (Mota; Rosa, 2017). Existem diversos exemplos de metodologias ativas, como: ensino sob medida; instrução por colegas; sala de aula invertida; aprendizagem baseada em times; aprendizagem baseada em

projetos; gamificação; estações laboratoriais e outras.

Diante da necessidade de a escola reconhecer os benefícios do uso de tecnologias digitais na adoção de novos métodos de ensino, que incluem as metodologias ativas, o trabalho de Silva, Neto e Leite (2021) traz um estudo de caso sobre a aplicação de uma metodologia usando a sala de aula invertida na disciplina de Química Orgânica de um curso de licenciatura em Química, com objetivo de verificar a sua contribuição para o processo de ensino-aprendizagem no conteúdo de Ressonância Magnética Nuclear (RMN). Conforme os objetivos das MA, os resultados mostram que os alunos tiveram controle sobre sua aprendizagem, apresentando uma posição favorável para a aplicação da estratégia. Além disso, permitiu ao professor aprofundar o conteúdo de RMN com seus alunos, de forma diferente da que estava acostumado, podendo concentrar o tempo de aula nas dúvidas (individuais e coletivas) dos estudantes.

Em consonância com a discussão, Araújo *et al.* (2023) trazem uma pesquisa de revisão bibliográfica de literatura sobre a aplicação do método de sala de aula invertida e das estações laboratoriais no ensino de conceitos científicos entre 2011 e 2021. Os resultados apontam que houve um uso crescente de MA nos últimos anos, porém ainda são pouco utilizadas no ensino fundamental, especialmente na disciplina de Ciências.

De acordo com os autores, quando o ensino de Ciências é contextualizado à realidade dos estudantes, eles se tornam questionadores ativos e críticos, analisando seu ambiente social de maneira reflexiva e problematizadora. Isso os capacita a refletir e a buscar soluções para problemas reais, alinhando-se ao objetivo de ensinar para a vida e formar cidadãos socialmente ativos. Nesse sentido, é importante que haja uma mudança de paradigma no ensino de Ciências da Educação Básica, em que se tem como possibilidade o ensino híbrido como uma alternativa promissora para dinamizar os

conteúdos e atrair os jovens aprendizes (Araújo *et al.*, 2023).

Porém, o estudo mostra que o ensino híbrido tem sido pouco abordado na Educação Básica, assim como a utilização de metodologias ativas, principalmente em disciplinas científicas, em que modelos tradicionais de ensino prevalecem, indo contra as determinações da Base Nacional Comum Curricular. As abordagens híbridas no ensino, como a sala de aula invertida e rotação por estações trazidas no estudo, surgem como alternativas significativas na aplicação de metodologias ativas e acabam por utilizar as TDICs como ferramentas no ensino híbrido. Essas abordagens promovem e estimulam o desenvolvimento das características da aprendizagem ativa entre os jovens estudantes.

O uso de redes e mídias sociais como articuladores no processo de ensino-aprendizagem de Química e divulgação científica

Existem materiais e suportes de divulgação científica (DC) que podem ser trabalhadas no ensino de Química como recursos didáticos, por exemplo, o uso das mídias e das redes sociais. Podem-se utilizar as plataformas de redes sociais como Facebook, Instagram e YouTube para promover a divulgação científica. Um projeto de extensão da Universidade Federal do Ceará tem o perfil Clube da Química no Instagram, que busca promover ações de DC nas redes sociais visando contribuir com o processo de popularização da Química, atraindo o público em geral com publicações relacionadas às séries, aos filmes e aos temas do cotidiano (Campos; Freitas, 2021). Existem diversas formas de utilizar essas ferramentas como divulgação científica e trabalhá-las em sala de aula, por meio de sites, canais no YouTube, podcasts, jornais, cartilhas, blogs e outros, fazendo a orientação dos estudantes na preparação e motivação dos conteúdos e assuntos abordados.

O trabalho de Sousa *et al.* (2023) versa sobre o uso da rede social Instagram no auxílio da

aprendizagem de conteúdos escolares. A pesquisa teve como objetivo analisar os princípios multimidiáticos presentes em postagens de um perfil profissional que visa a educação em Química. Os autores destacam que a produção de conteúdos em redes sociais pode tornar o ambiente escolar mais motivador e interessante para os alunos. A integração adequada de metodologias que utilizem esse tipo de recurso pode favorecer o desenvolvimento de abordagens de ensino mais ativas, em que o professor não é visto como o único detentor do conhecimento, mas sim como parte de uma construção conjunta, centrada na participação e no aprendizado do estudante.

Alves, Mota e Tavares (2018) sugerem que o uso de redes sociais como Instagram, Facebook, Twitter ou TikTok com propósitos educacionais pode promover a valorização e a interação centradas na troca de informações e na comunicação, aproveitando o contexto visual para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Nessa linha, o uso de imagens pode também estimular diálogos com aqueles interessados no conteúdo das postagens, o que representa um aspecto adicional a ser favorecido. Em se tratando de trocas de informações, Strack, Marques e Del Pino (2009) destacam a formação de comunidades na internet, como fóruns de discussão online e blogs como ferramentas voltadas para a reflexão crítica.

Um blog é um site ou seção de um site que apresenta informações atualizadas regularmente sobre um ou vários temas. O termo blog é uma abreviação de *web log*, que se refere à ação de registrar informações num site. Os blogs têm se mostrado ferramentas valiosas na educação, atuando tanto como material didático quanto como recurso pedagógico. Dessa forma, auxiliam no compartilhamento e na organização de informações, permitindo a inclusão de diversos recursos de aprendizagem, como vídeos, imagens e hipertextos (Komesu, 2004). Além disso, os blogs incentivam a participação ativa dos alunos, promovendo o debate e a colaboração, o que fortalece a construção

coletiva do conhecimento, favorecendo arranjos de aprendizagem colaborativa.

Nesse contexto, Lourenço, Weinberger e Queiroz (2015) examinaram em sua pesquisa a integração de blogs em um curso de formação inicial de professores de Química da Universidade de São Paulo. O estudo mostra que os professores avaliaram positivamente o uso do blog como recurso de ensino e como estratégia pedagógica. Embora pouco usados, os blogs podem proporcionar a interação à distância, fazendo da internet uma TIC bastante eficaz no processo de significação dos conhecimentos (Manhães, 2016).

Por meio do blog, além do acesso às modalidades didáticas diferentes daquelas utilizadas em sala de aula, os alunos podem refletir sobre os seus erros, além de manifestar suas ideias e dificuldades, sem qualquer constrangimento. Dessa forma, o blog se mostrou eficaz, na medida em que pôde auxiliar os alunos, motivando-os na ampliação dos conhecimentos na área de Química. Fazendo o uso do blog no processo de ensino, os alunos podem refletir sobre seus erros e expressar suas ideias e dificuldades livremente, sem constrangimentos. Assim, o blog se demonstra potencialmente favorável ao enriquecimento de ambientes de ensino.

Breve panorama das aplicações didáticas com TDICs analisadas

Trazendo o artigo de Ferreira *et al.* (2023) como exemplo prático da aplicação dessas tecnologias digitais em sala de aula para o ensino de Química, os autores nos mostram que, durante o período da pandemia da covid-19, bolsistas do PIBID aplicaram jogos online em turmas do Ensino Médio de uma escola pública do Ceará, utilizando as plataformas Kahoot e WordWall como estratégias pedagógicas adaptadas ao ensino remoto. As atividades foram desenvolvidas de forma síncrona via Google Meet, contando com o planejamento dos jogos em consonância com os conteúdos do currículo de Química da escola. A plataforma Kahoot foi aplicada no primeiro bimestre com um formato de quiz intera-

tivo para o conteúdo de separação de misturas, utilizando imagens, vídeos e perguntas diretas, o que atraiu a atenção dos estudantes pela estética lúdica e pela dinâmica de competição amigável. Já o WordWall foi usado no final do semestre, com jogos no estilo forca, caça-palavras, Pac-Man, entre outros, todos adaptados aos conteúdos trabalhados em aula (modelos atômicos). Essas atividades funcionaram como reforço na fixação dos conteúdos e como forma de entretenimento educativo.

A avaliação dos alunos mostrou que, embora houvesse baixa dedicação de parte da turma, a maioria considerou os jogos divertidos e úteis para a aprendizagem. Os autores destacam, porém, que a desigualdade no acesso à internet e aos dispositivos foi uma limitação importante,

afetando a participação plena dos alunos. A experiência reforça o potencial pedagógico dos jogos digitais no ensino de Química, ao mesmo tempo que evidencia os desafios para sua implementação, especialmente em contextos de vulnerabilidade tecnológica.

Essa experiência, assim como outras analisadas nesta revisão, demonstra como diferentes tecnologias podem ser integradas ao ensino de Química em diferentes contextos. A fim de visualizar e comparar essas aplicações de forma mais sistemática, o Quadro 5 sintetiza os exemplos práticos das tecnologias digitais utilizadas nos estudos selecionados. Relacionaram-se a tecnologia utilizada, o conteúdo aplicado, o nível de ensino e os efeitos observados segundo os próprios autores.

Quadro 5: Exemplos práticos de tecnologias educacionais e seus efeitos no ensino de Química

TECNOLOGIA OU FERRAMENTA / AUTORES	CONTEÚDO APLICADO	NÍVEL DE ENSINO	RESULTADOS EDUCACIONAIS/ CONTRIBUIÇÕES PEDAGÓGICAS
Metodologias Ativas (Araújo, <i>et al.</i> , 2023)	Ciências	Ensino Fundamental II	Revisão sistemática sobre metodologias ativas; contextualização; formação cidadã.
Instagram (Sousa <i>et al.</i> , 2023)	Ensino de Química e mídias sociais	Ensino Médio	Aprendizagem multimodal; aproximação com a linguagem dos estudantes.
Ferramentas digitais (Souza <i>et al.</i> , 2021)	Ensino de Química	Ensino Médio	Revisão bibliográfica sobre ferramentas digitais; programas; aplicativos; redes sociais para o ensino de Química.
Sala de aula invertida (Silva, Silva Neto; Leite 2021)	Química Orgânica/ RMN	Superior/ licenciatura	Metodologia ativa; aprofundamento de conteúdo; professor como mediador/ facilitador.
Jogos digitais Kahoot e WordWall (Ferreira <i>et al.</i> , 2023)	Separação de Misturas/ Modelos Atômicos	Ensino Médio	Ensino remoto; estímulo à participação remota; fixação de conteúdo; despertamento do interesse e da curiosidade dos alunos.
SeparaMix (Santos <i>et al.</i> , 2021)	Separação de misturas	Ensino Médio	Aumento do interesse; compreensão conceitual; ludicidade.
Software livre (Xavier, <i>et al.</i> , 2019)	Ensino de Química	Ensino Médio	Exemplos de software livre; interesse de estudantes por ferramentas digitais; perspectivas de estudantes e docentes sobre ferramentas digitais.

PhotoMetrix PRO® (Lourenço <i>et al.</i> , 2021)	Análise de ferro por colorimetria	Ensino Médio	Participação ativa; autonomia; desenvolvimento da criticidade.
Plataformas virtuais (Leite, 2020)	Experimentos e atividades práticas	Ensino Médio	Continuidade do ensino durante o ensino remoto; adaptação ao contexto virtual.
Animações (Estevam <i>et al.</i> , 2020)	Reações Orgânicas	Ensino Médio	Visualização de processos abstratos; maior compreensão das etapas reacionais.
Socrative (Conceição <i>et al.</i> , 2020)	Química Orgânica	Ensino Médio	<i>Feedback</i> imediato; engajamento; identificação de dificuldades conceituais.
Jogo de Carbonos (Moreno; Murillo, 2018)	Química Orgânica e inclusão	Ensino Fundamental II	Aprendizagem lúdica; acessibilidade; inclusão de alunos com deficiência.
Excel® (Denari <i>et al.</i> , 2016)	Química Analítica	Superior/técnico	Aplicação de conceitos estatísticos; organização de dados experimentais.
Laboratórios virtuais (Silva; Ramos, 2016)	Misturas e técnicas de separação	Ensino Médio/Técnico	Estratégia de ensino; aumento do interesse do aluno; compreensão conceitual.
Blog educacional (Lourenço <i>et al.</i> , 2015)	Formação inicial de professores	Superior/Licenciatura	Desenvolvimento da escrita reflexiva; integração teoria-prática.

Fonte: autoria própria.

Os exemplos práticos sistematizados evidenciam que o uso de tecnologias educacionais no ensino de Química tem potencial para promover um processo de aprendizagem mais dinâmico, interativo e significativo. A variedade desses recursos (como jogos digitais, aplicativos, simuladores, uso de redes sociais e plataformas online) permite adaptar os conteúdos às realidades dos estudantes e tornar a experiência de aprendizagem mais próxima do seu cotidiano. Essas tecnologias contribuem para o desenvolvimento de competências previstas na BNCC, como o pensamento crítico, a resolução de problemas e a autonomia. No entanto, a efetividade dessas ferramentas depende diretamente de um planejamento pedagógico coerente e organizado, da formação dos professores e das condições estruturais das escolas, o que reforça a importância de políticas públicas e ações formativas voltadas para a integração das TDICs à prática docente.

Contribuições para a formação inicial e continuada de professores

Como já observado, a adoção dos recursos tecnológicos na prática educativa da disciplina de Química requer, antes de tudo, um planejamento cuja metodologia esteja centrada na realidade da vida social dos alunos (Lima; Moita, 2011). Faz-se necessário que o professor conheça as novas tecnologias e como elas podem melhorar a sua práxis. O trabalho do professor não consiste em simplesmente transmitir o conhecimento, como numa educação bancária, em que só se deposita informação e que favorece a educação mecanizada e a mera memorização. O processo de ensino-aprendizagem deve ser acompanhado de metodologias que permitam que os alunos sejam protagonistas do ensino, que sejam mais ativos, que permita tirar o aluno da posição de mero espectador para ser o ator principal do

seu processo de construção do conhecimento, pensando de forma ativa, com tomada de decisões, argumentação crítica e consciente, fazendo-o refletir sobre sua própria caminhada educacional.

Assim, o professor deve estar preparado para apresentar o conteúdo de forma inovadora e estimulante com o propósito de que a aprendizagem por meio do uso de tecnologia possibilite um fazer educacional em que sejam trabalhados os conteúdos de forma interativa e lúdica, tendo como eixo norteador o contexto sociopolítico e cultural no qual o aluno está inserido (Kenski, 2003).

Dessa forma, o aluno deixa de ser o objeto do processo de ensino-aprendizagem e passa a ser o sujeito que o ajudará a desenvolver o seu senso crítico. No contexto atual, pode-se dizer que um professor de Química pode substituir uma parte de experiências de laboratórios por aulas virtuais, que tomam menos tempo, permitem fazer mais tentativas (densificam a aprendizagem) e permitem modificar as estratégias e hipóteses de acordo com as suas necessidades. Convém, no entanto, que esse professor esteja preparado com metodologia planejada, na perspectiva de desenvolver as competências almejadas. Desse modo, reforça-se a importância da formação inicial e continuada de professores para que se tenha um processo de ensino-aprendizagem que incorpore essas novas metodologias que abordam tecnologias educacionais em sala de aula.

A pesquisa de Xavier, Fialho e Lima (2019) fez um levantamento sobre a perspectiva de professores e alunos em relação ao uso de softwares livres como ferramentas metodológicas para o ensino de Química no âmbito das escolas públicas estaduais do município de Redenção, Ceará. Com base na pesquisa-ação, os autores revelaram as principais dificuldades apontadas pelos educadores para o não uso dessas ferramentas no ensino de Química, como a falta de domínio da tecnologia com software livre; limitações dos sistemas operacionais Linux/Ubuntu; software sem traduções; limitações

de software e a falta de conhecimento para trabalhar com software aplicado ao ensino de Química.

Portanto, a elaboração de planos de aula com o uso de tecnologias educacionais deve ser cautelosa, pois a maioria dos alunos não dispõe de recursos tecnológicos suficientes nem para assistir a aulas, muito menos para usar plataformas que exigem um pouco mais de seus aparelhos eletrônicos, além de muitos não possuírem acesso à internet. Desse modo, é necessário montar estratégias para garantir a participação de todos os alunos (Ferreira *et al.*, 2023).

Assim, estratégias como cursos de formação de professores, seminários e até mesmo cursos de extensão promovidos por universidades podem garantir uma melhora na capacitação dos docentes, para que tenham qualificação no uso das tecnologias digitais. Os professores devem (re)pensar as possibilidades de uso das tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas, principalmente em relação ao uso dos *smartphones*, pois, conforme Damasceno e Oliveira (2021), os professores agora devem aprender a trabalhar com os *smartphones* a seu favor, transformando o vilão em item útil dentro do processo de ensino-aprendizagem. Esse (re) pensar não consiste somente em conhecer um novo dispositivo móvel, software ou aplicativo, mas pensar em como colocar esses recursos/dispositivos em sua prática, alcançando seus objetivos de ensino (Leite, 2020).

Embora os estudos analisados destaquem diversos benefícios no uso de tecnologias digitais e jogos educacionais no ensino de Química, como o aumento do engajamento, da participação ativa e da aprendizagem significativa, evidenciam-se desafios e limitações importantes para sua efetiva adoção na prática docente. Entre esses desafios, destacam-se: a falta de formação adequada de professores para uso pedagógico das TDICs; restrições de infraestrutura nas escolas públicas, como acesso à internet ou a dispositivos móveis; dificuldades técnicas no uso de plataformas ou

software específico e a escassez de materiais traduzidos ou contextualizados à realidade brasileira. Além disso, alguns docentes relatam insegurança e resistência frente às mudanças metodológicas, especialmente em contextos de ensino tradicional.

Considerações finais

Os estudos apresentados na discussão podem servir como ponto de partida para a ampliação da utilização de TICs e TDICs disponíveis como ferramentas pedagógicas para servirem de estratégias didáticas alternativas para o ensino. Muitos trabalhos trouxeram relatos e resultados positivos das aplicações realizadas em sala de aula, mostrando os benefícios alcançados na evolução cognitiva e ativa dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, além de contribuir para a motivação, a autonomia, a criatividade, a curiosidade e, muitas vezes, a aprendizagem por colaboração.

Porém, para que isso aconteça de fato em sala de aula, é necessário que as políticas públicas educacionais e o próprio sistema educacional deem suporte para os docentes, valorizando a formação inicial e continuada desses profissionais. Muitas atividades podem ser realizadas, como a capacitação por meio de cursos, palestras, formações e atualizações, além de garantir relações entre Secretarias Estaduais de Educação (SEED), universidades e escolas. Essas mudanças são necessárias para uma melhor adequação do ensino, já que a própria BNCC prioriza uma atualização dos métodos educacionais, com aplicação de seus conteúdos de modo contextualizado e interdisciplinar com auxílio das TDICs. Isso, de acordo com Araújo *et al.* (2023), demonstra comprometimento com a formação de indivíduos socialmente responsáveis e capazes de exercer suas cidadanias com tomadas de decisões, por meio da valorização de suas competências e habilidades fundamentadas em saberes científicos.

Agradecimento

Apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil, Bolsa de Pós-doutorado Júnior (Processo 151026/2024-6).

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. L.; MOTA, M. F.; TAVARES, T. P. O Instagram no processo de engajamento das práticas educacionais: a dinâmica para a socialização do ensino-aprendizagem. *Revista Rios*, v. 12, n. 19, p. 25-43, 2018.
- ALVES, J. Q.; T. J. MARTINS; ANDRADE, J. J. Documentos normativos e orientadores da Educação Básica: a nova BNCC e o ensino de química. *Currículo sem Fronteiras*, v. 21, n. 1, p. 241-268, 2021.
- ARAÚJO, R. S.; PONTES, L. F.; BARBOSA, K. F.; WEBER, K. C. Sala de aula invertida e modelo de rotação por estações: uma breve revisão de suas aplicações no ensino de Ciências. *Rev. Virtual Quim.*, v.15, n. 4, p. 827-843, 2023.
- BAZZO, W. A.; VON LISINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Madri: OEI (Organização dos Estados Ibero-americanos), 2003.
- BRASIL. MEC. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2017.
- BRASIL. MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, 2002.
- CAMPOS, A. F.; FREITAS, A. P. A divulgação científica no ensino de Química. *Rencima*, v. 12, n. 1, p. 1-18, 2021.
- CAMPOS, E. R.; PAGANI, R. N.; RESENDE, L. M.; PONTES, J. Construction and Qualitative Assessment of a Bibliographic Portfolio Using the Methodology Methodi Ordinatio. *Scientometrics*, v. 116, n. 1, p. 815-842, 2018.
- CONCEIÇÃO, M. H.; ALBUQUERQUE, O. M.; BOAS, A. J. V.; QUINTELLA, C. M. Uso da plataforma socrative para os alunos de Química Orgânica: um estudo preliminar. *New Trends in Qualitative Research*, v. 2, p. 752-757, 2020.
- DAMASCENO, M. M. S.; OLIVEIRA, R. D. *Tecnologias educacionais*. Iguatú: Quipá, 2021.

- DENARI, G. B.; SACIOTO, T. R.; CAVALHEIRO, É. T. Avaliação do uso de planilhas computacionais como uma ferramenta didática em Química Analítica Qualitativa. *Quim. Nova*, v. 39, n. 3, p. 371–375, 2016.
- ESTEVAM, I. H. S.; SILVA, E. F. R.; SACRAMENTO, A. P. D. S. Elaboração e uso de animações como estratégia para o ensino de mecanismos das reações orgânicas. *Quim. Nova*, v. 43, n. 8, p. 1154–1162, 2020.
- FERREIRA, L. L. M.; BRANDÃO, J. I. A.; GUSMÃO, C. N. R. M.; MAIA, S. R. R. Jogos online no ensino de Química: adaptação ao ensino remoto. *Conexão ComCiência*, v.3, n. 1, p. 1–10, 2023.
- GIORDAN, M. *Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados*. Ijuí: Unijuí, 2008.
- JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. *The School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377–379, 1982.
- KENSKI, V. *Tecnologia e educação à distância*. São Paulo: Papirus, 2003.
- KOMESU, F. C. Blogs e as práticas de escrita sobre si na internet. In: MARCUSCHI, L. A.; XAVIER, A. C. *Hipertextos e gêneros digitais: novas formas de construção de sentido*. Rio de Janeiro: Lucerna, 2004, p. 110–119.
- LEITE, B. S. Da aula presencial para a aula virtual: relatos de uma experiência no ensino virtual de Química. *Educación Química*, número especial, p. 66–72, 2020.
- LIMA, E. R. P. O.; MOITA, F. M. G. S. C. A tecnologia e o ensino de Química: jogos digitais como interface metodológica. In: SOUZA, R. P.; MOITA, F. M. G. S. C.; CARVALHO, A. B. G. *Tecnologias digitais na educação*. Campina Grande: EDUEPB, 2011, p. 131–154.
- LOURENÇO, A. B.; WEINBERGER, A.; QUEIROZ, S. L. The Use of Blogs in Pre-Service Chemistry Teacher Education. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, v. 1, p. 574–580, 2015.
- LOURENÇO, E. C.; PAULA, S.; SETTI, G. O.; TOCI, A. T.; PADILHA, J. C.; SILVA, E. M.; BOROSKI, M. Determinação do teor de ferro utilizando o aplicativo PhotoMetrix PRO®: a Tecnologia a favor do Ensino de Química. *Rev. Virtual Quim.*, v. 13, n. 1, p. 192–206, 2021.
- MANHÃES, A. C. T. S. O uso do blog como facilitador da aprendizagem. *Revista Valore*, v. 1, n. 1, p. 111–130, 2016.
- MORENO, J.; MURILLO, W. D. J. Jogo de carbonos: uma estratégia didática para o ensino de Química Orgânica para propiciar a inclusão de estudantes do Ensino Médio com deficiências diversas. *Rev. Bras. Ed. Esp.*, v. 24, n. 4, p. 567–582, 2018.
- MOTA, A. R.; ROSA, C. T. W. Ensaio sobre metodologias ativas: concepções e propostas. *Espaço Pedagógico*, v. 25, n. 2, p. 261–276, 2018.
- PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a Proposed Methodology to Select and Rank Relevant Scientific Papers Encompassing the Impact Factor, Number of Citation, and Year of Publication. *Scientometrics*, v. 105, p. 2109–2135, 2015.
- PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. *Ciência da Informação*, v. 46, n. 2, p. 161–187, 2017.
- PEREIRA, M. G.; GALVÃO, T. Etapas de busca e seleção de artigos em revisões sistemáticas da literatura. *Epidemiol. Serv. Saúde*, v. 23, n. 2, p. 369–371, 2014.
- PERRENOUD, P. *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Arte Médicas Sul, 2000.
- RAUPP, D.; EICHLER, M. L. A rede social Facebook e suas aplicações no ensino de Química. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 10, n. 1, p. 1–10, 2012.
- SANTOS, G. P.; MORAIS, D. R.; SOUZA, C. I. F. R.; FONSECA, N. A. R.; MIRANDA, M. L. D. Mixtures and Their Separation Methods: the Use of Didactic Games, the Jigsaw Method and Everyday Life as Facilitators to Construct Chemical Knowledge in HighSchool. *Orbital: Electron. J. Chem.*, v. 13, n. 5, p. 428–433, 2021.
- SILVA, B. R. F.; NETO, S. L. S.; LEITE, B. S. Sala de aula invertida no ensino da Química Orgânica: um estudo de caso. *Quim. Nova*, v. 44, n. 4, p. 493–501, 2021.
- SILVA, F. S.; SERAFIM, M. L. Redes sociais no processo de ensino e aprendizagem: com a palavra o adolescente. In: SOUSA et al. *Teorias e práticas em tecnologias educacionais*. Campina Grande: EDUEPB, 2016, p. 67–98.
- SILVA, R. C.; RAMOS, E. D. S. Aplicação de laboratórios virtuais no ensino de Química voltado ao curso técnico integrado em informática. *Espacios*, v. 37, n. 2, p. E-1, 2016.
- SOUZA, R. P.; MOITA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. *Tecnologias digitais na educação*. Campina Grande:

EDUEPB, 2011.

SOUSA, Y. K.; OLIVEIRA, K. J. V.; SILVA, T. O. Rede social Instagram e a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia: análise de imagens com conteúdos químicos de perfil educacional. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 28, n. 2, p. 292–307, 2023.

SOUZA, L. D.; SILVA, B. V.; ARAUJO, W. N.; REZENDE, M. J. C. Tecnologias digitais no ensino de química: uma breve revisão das categorias e ferramentas

disponíveis. *Rev. Virtual Quim.*, v. 13, n. 3, p. 192–206, 2023.

STRACK, R.; MARQUES, M.; DEL PINO, J. C. Por um outro percurso da construção do saber em educação Química. *Química Nova na Escola*, v. 31, p. 18–22, 2009.

XAVIER, A. R.; FIALHO, L. M. F.; LIMA, V. F. Tecnologias digitais e o ensino de Química: o uso de softwares livres como ferramentas metodológicas. *Foro de Educación*, v. 17, n. 27, p. 289–308, 2019.

Recebido em: 24/10/2024

Aprovado em: 22/05/2025



Este é um artigo publicado em acesso aberto sob uma licença Creative Commons.