

**TECNOLOGIAS DIGITAIS E
APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA EM
MATEMÁTICA NO ENSINO
MÉDIO: MEDIAÇÃO
DOCENTE E ENGAJAMENTO
DISCENTE**

**DIGITAL TECHNOLOGIES AND MEANINGFUL LEARNING IN HIGH SCHOOL
MATHEMATICS EDUCATION: TEACHER MEDIATION AND STUDENT
ENGAGEMENT**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Humanas • 25/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/790279362](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/790279362)

Adeniz Rodrigues Dos Santos¹

Keila Gonçalves de Oliveira²

Lucinéia Ferreira de Souza³

Maria Raimunda Corado de França⁴

Luana Inacio de Alvinco⁵

Márcia Moreira de Souza⁶

Marcos Antonio Negreiros Dias⁷

RESUMO

As tecnologias digitais ampliam as possibilidades de representação, experimentação e interação no ensino de Matemática, mas sua presença não assegura, isoladamente, aprendizagem significativa. Este estudo objetivou mapear e analisar as evidências sobre o uso dessas tecnologias no Ensino Médio, considerando suas relações com a aprendizagem significativa e o engajamento discente. Realizou-se uma revisão de escopo, pelo PRISMA-ScR. Foram identificados 576 registros, dos quais 18 compuseram o corpus final. Os resultados indicaram que softwares dinâmicos, aplicativos, simuladores e plataformas gamificadas podem favorecer a visualização conceitual, a participação, a autoeficácia e o feedback no ensino da Matemática. Entretanto, seus efeitos dependem da intencionalidade pedagógica, da mediação docente, da infraestrutura e da equidade de acesso. Conclui-se que o engajamento comportamental não equivale necessariamente à aprendizagem, sendo indispensável articular os recursos digitais aos conhecimentos prévios, aos objetivos curriculares e a tarefas cognitivamente desafiadoras.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; engajamento discente; mediação pedagógica; autoeficácia; inovação educacional.

ABSTRACT

Digital technologies expand the possibilities for representation, experimentation, and interaction in mathematics education; however, their presence alone does not ensure meaningful learning. This study aimed to map and analyze evidence on the use of these technologies in secondary education, considering their relationships with meaningful learning and student engagement. A scoping review was conducted in accordance with PRISMA-ScR. A total of 576 records were identified, of which 18 comprised the final corpus.

The results indicated that dynamic software, applications, simulators, and gamified platforms can foster conceptual visualization, participation, self-efficacy, and feedback in mathematics education. However, their effects depend on pedagogical intentionality, teacher mediation, infrastructure, and equitable access. It is concluded that behavioral engagement does not necessarily equate to learning; therefore, digital resources must be integrated with prior knowledge, curricular objectives, and cognitively challenging tasks.

Keywords: Meaningful learning; student engagement; pedagogical mediation; self-efficacy; educational innovation.

1. INTRODUÇÃO

A expansão das tecnologias digitais tem reconfigurado as formas de ensinar, aprender e avaliar Matemática, especialmente pela utilização de softwares de geometria dinâmica, aplicativos educacionais, plataformas interativas, simuladores e recursos de gamificação (Liburd; Jen, 2021). No Ensino Médio, essas ferramentas ampliam as possibilidades de representar conceitos algébricos, geométricos, gráficos e numéricos, permitindo que os estudantes manipulem variáveis, testem conjecturas e recebam feedback durante a resolução de problemas (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023). Quando integradas a propostas investigativas, tais tecnologias podem favorecer a visualização de conteúdos abstratos, a participação discente e a construção de percursos de aprendizagem mais interativos. Entretanto, seus resultados dependem da articulação entre os recursos empregados, os objetivos curriculares e as estratégias pedagógicas adotadas (Cirneanu; Moldoveanu, 2024; Weigand; Trgalova; Tabach, 2024).

A presença de tecnologias na escola, contudo, não assegura automaticamente a melhoria da aprendizagem matemática. O emprego predominantemente instrumental das ferramentas pode apenas reproduzir práticas expositivas em suportes digitais, sem promover compreensão conceitual ou participação reflexiva (Salami; Spangenberg, 2025; Fonseca, 2026). Além disso, limitações de infraestrutura, desigualdades de acesso, formação docente insuficiente e ausência de suporte institucional podem restringir sua utilização pedagógica e ampliar diferenças entre os estudantes (Valero Larico et al., 2026).

O problema torna-se mais complexo quando o interesse despertado pelos ambientes digitais é interpretado como evidência direta de aprendizagem (Novak, 2002). O engajamento envolve dimensões comportamentais, cognitivas, emocionais e sociais, não podendo ser reduzido ao número de acessos, ao tempo de permanência na plataforma ou à conclusão das atividades. Embora a interatividade e o feedback possam estimular participação e persistência, a aprendizagem significativa exige que o estudante relacione os novos conteúdos aos conhecimentos prévios e reorganize sua estrutura conceitual (Agra et al., 2019; Bedenlier et al., 2020). Nesse processo, a autoeficácia pode influenciar a disposição para enfrentar dificuldades, enquanto a mediação docente orienta a seleção das ferramentas, a problematização das respostas e a sistematização do conhecimento matemático (Bond et al., 2020; Al Mamun; Lawrie, 2023; Getenet et al., 2024; Gomez; Gardose, 2025).

Apesar do crescimento das pesquisas sobre tecnologia educacional, as evidências permanecem dispersas entre estudos sobre desempenho matemático, engajamento, autoeficácia, formação docente e aprendizagem significativa (Bedenlier et al., 2020). Parte

dessa produção concentra-se no Ensino Superior ou nos anos iniciais, circunstância que limita sua aplicação direta ao Ensino Médio (Bond et al., 2020). Observa-se, assim, uma lacuna de sínteses que articulem, especificamente nesse nível de ensino, as características dos recursos digitais, as condições de mediação pedagógica e os mecanismos pelos quais o engajamento pode contribuir para uma aprendizagem conceitualmente significativa (Cha et al., 2025; Valero Larico et al., 2026).

Diante disso, o estudo teve como objetivo mapear e analisar as evidências científicas sobre o uso de tecnologias digitais no ensino de Matemática no Ensino Médio, examinando suas relações com a aprendizagem significativa e o engajamento discente, buscando identificar as tecnologias e estratégias pedagógicas empregadas, compreender o papel da mediação docente, analisar as contribuições e limitações relatadas e reconhecer lacunas relevantes para pesquisas e práticas educacionais futuras.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Tecnologias Digitais e Transformações na Educação Matemática

A incorporação das tecnologias digitais tem produzido mudanças relevantes nas formas de ensinar, aprender e representar o conhecimento matemático. Observa-se que Softwares de geometria dinâmica, plataformas interativas, aplicativos educacionais, ambientes virtuais e recursos de gamificação ampliam as possibilidades de visualização, experimentação e manipulação de conceitos tradicionalmente apresentados de maneira abstrata (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023). Esses recursos também

favorecem diferentes percursos de aprendizagem, permitindo que os estudantes explorem situações-problema, formulem hipóteses e recebam feedback durante a realização das atividades. Nesse sentido, a tecnologia pode contribuir para deslocar o ensino de uma lógica predominantemente expositiva para práticas mais investigativas, interativas e centradas na participação discente (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023; Fonseca, 2026).

Essa transformação, entretanto, não decorre apenas da presença de equipamentos ou plataformas no ambiente escolar. A inovação pedagógica depende da maneira como os recursos digitais são articulados aos conteúdos, aos objetivos curriculares e às necessidades de aprendizagem dos estudantes (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023).

No campo da Educação Matemática, as tecnologias digitais oferecem condições para representar um mesmo objeto por meio de linguagens algébricas, gráficas, geométricas, numéricas e visuais. Essa multiplicidade de representações pode facilitar a compreensão das relações entre conceitos e permitir que o estudante observe, em tempo real, as consequências das alterações realizadas em variáveis, expressões ou construções geométricas. Aplicativos como GeoGebra e Desmos, por exemplo, possibilitam explorar funções, álgebra e geometria dinâmica, enquanto plataformas como Kahoot e Quizizz oferecem atividades com feedback imediato e elementos de gamificação. Assim, quando pedagogicamente orientadas, essas ferramentas podem favorecer a compreensão conceitual, a autonomia e a participação ativa nas aulas de Matemática (Fonseca, 2026).

Ademais, pode-se dizer que os recursos digitais também modificam a relação dos estudantes com o erro matemático. Em ambientes interativos, o erro pode ser identificado, analisado e reformulado durante a própria atividade, tornando-se parte do processo de investigação e construção do conhecimento (Salami; Spangenberg, 2025).

Outra transformação importante está relacionada à ampliação das possibilidades de personalização e acompanhamento da aprendizagem. Plataformas digitais podem registrar acessos, respostas, tempo de realização e dificuldades recorrentes, fornecendo informações para que o professor identifique necessidades específicas e reorganize suas intervenções pedagógicas. Evidências obtidas com a utilização de ferramentas on-line no ensino de álgebra indicam que o acesso sistemático aos recursos, a visualização de vídeos e o acompanhamento das atividades podem estar associados à melhoria do desempenho estudantil. Todavia, os resultados dependem de condições como regularidade de uso, formação profissional, suporte institucional e integração efetiva entre as atividades digitais e o trabalho desenvolvido em sala de aula (Salami; Spangenberg, 2025).

Entretanto, verifica-se que a tecnologia digital não deve, portanto, substituir a atuação docente nem constituir uma segunda fonte de instrução desconectada do currículo. Quando não há integração entre as orientações do professor e as informações fornecidas pela ferramenta, os estudantes podem enfrentar mensagens fragmentadas e dificuldades para organizar o próprio processo de aprendizagem (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023).

A mediação pedagógica constitui um elemento decisivo para transformar possibilidades técnicas em experiências educacionais significativas. Cabe ao professor selecionar os recursos de acordo com os conteúdos, planejar situações desafiadoras, acompanhar as estratégias utilizadas pelos estudantes e promover momentos de sistematização conceitual. Professores que conhecem apenas as funções operacionais das ferramentas tendem a empregá-las para apresentação de conteúdos ou reprodução de exercícios, limitando seu potencial investigativo e colaborativo. Em contrapartida, a utilização intencional das tecnologias pode estimular a resolução de problemas, a argumentação matemática, a colaboração e a construção de práticas compartilhadas de aprendizagem (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023; Salami; Spangenberg, 2025).

A formação docente precisa, por isso, integrar conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e matemáticos. O domínio técnico isolado não garante que o professor consiga relacionar a ferramenta aos objetivos curriculares ou utilizá-la para favorecer a compreensão dos estudantes (Gomez; Gardose, 2025; Salami; Spangenberg, 2025).

As transformações digitais também alcançam as dimensões afetivas e motivacionais da aprendizagem matemática. Recursos interativos, atividades gamificadas e tarefas com feedback imediato podem aumentar o interesse, a participação e a disposição dos estudantes para enfrentar conteúdos considerados difíceis. Estudos demonstram relações positivas entre as competências digitais dos professores, a autoeficácia e o engajamento dos estudantes, sugerindo que a confiança para aprender e utilizar os recursos tecnológicos pode influenciar a qualidade da participação nas atividades. Do mesmo modo, a autoeficácia pode exercer função mediadora entre o uso pedagógico da tecnologia e a motivação

acadêmica, pois estudantes que se percebem capazes tendem a apresentar maior persistência diante dos desafios matemáticos (Gomez; Gardose, 2025; Lopez; Baluyos, 2026).

O engajamento promovido por recursos digitais, contudo, não pode ser confundido automaticamente com aprendizagem. O caráter lúdico ou interativo da atividade somente adquire valor educacional quando mobiliza o raciocínio matemático e está alinhado aos objetivos de aprendizagem (Fonseca, 2026).

Além das possibilidades pedagógicas, a integração das tecnologias evidencia desafios estruturais, formativos e éticos. A desigualdade de acesso a dispositivos e à internet pode aprofundar diferenças entre estudantes, sobretudo quando as atividades dependem de conexão contínua ou de equipamentos pessoais. Somam-se a isso a insuficiência da infraestrutura escolar, as dificuldades de manutenção, a ausência de suporte técnico, a formação docente limitada e os riscos relacionados à proteção dos dados dos usuários. Essas condições demonstram que a transformação digital da Educação Matemática exige políticas institucionais que assegurem acesso equitativo, formação continuada e critérios responsáveis para a escolha e utilização das plataformas (Salami; Spangenberg, 2025; Fonseca, 2026).

Desse modo, as tecnologias digitais devem ser compreendidas como componentes de uma reorganização pedagógica mais ampla, e não como soluções autônomas para os problemas da aprendizagem matemática. Seu potencial depende da integração curricular, da mediação docente qualificada, do envolvimento dos estudantes e das condições concretas de implementação no

ambiente escolar (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023; Salami; Spangenberg, 2025).

2.2. Fundamentos da Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa fundamenta-se na interação substantiva e não arbitrária entre os conhecimentos novos e os saberes previamente existentes na estrutura cognitiva do estudante. Esses conhecimentos prévios funcionam como pontos de ancoragem para a compreensão, a organização e a retenção de novas informações. Diferentemente da memorização mecânica, esse processo exige que o estudante estabeleça relações conceituais e atribua sentido ao conteúdo estudado. Desse modo, aprender significativamente significa reorganizar e ampliar a estrutura cognitiva, produzindo conhecimentos mais estáveis e aplicáveis a diferentes situações (Novak, 2002; Agra et al., 2019).

A existência de conhecimentos prévios relevantes, entretanto, não assegura isoladamente a aprendizagem. Também são necessários materiais potencialmente significativos e a disposição do estudante para relacionar os novos conteúdos aos conhecimentos já construídos (Agra et al., 2019; Matienzo, 2020).

Nesse processo, a aprendizagem apresenta natureza contínua, pessoal, intencional, ativa e dinâmica. A incorporação de novas informações modifica os conhecimentos anteriores, que se tornam progressivamente mais diferenciados, abrangentes e complexos. Quando as concepções existentes são limitadas ou inadequadas, a aprendizagem significativa pode promover sua reconstrução por meio da integração consciente de novos conceitos. Assim, a mudança conceitual não corresponde à simples substituição de

ideias, mas à reorganização das relações estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz (Novak, 2002; Agra et al., 2019).

A predisposição para aprender envolve aspectos cognitivos, afetivos e motivacionais. Interesse, autonomia, confiança e percepção de relevância influenciam o envolvimento do estudante e a profundidade com que ele processa as informações (Matienzo, 2020; Tanaya; Padhy, 2026).

A mediação docente também ocupa posição central na construção de aprendizagens significativas. Compete ao professor identificar conhecimentos prévios, organizar os conteúdos, propor problemas contextualizados e utilizar estratégias que estimulem reflexão, diálogo e aplicação prática. Mapas conceituais, situações-problema e atividades investigativas podem explicitar relações entre conceitos e auxiliar na identificação e reconstrução de compreensões inadequadas. Dessa forma, o professor deixa de atuar apenas como transmissor de informações e passa a criar condições para que o estudante participe ativamente da produção de significados (Novak, 2002; Matienzo, 2020).

A compreensão contemporânea da aprendizagem significativa ultrapassa, portanto, uma dimensão exclusivamente cognitiva. Ela integra conhecimentos prévios, motivação, interação social, contexto cultural, reflexão e autonomia, configurando-se como um processo multidimensional de construção do conhecimento (Tanaya; Padhy, 2026).

No ensino de Matemática, esses fundamentos permitem superar práticas restritas à memorização de fórmulas e à reprodução de procedimentos. A aprendizagem torna-se mais significativa quando

conceitos algébricos, geométricos e numéricos são relacionados às experiências dos estudantes, representados de diferentes maneiras e aplicados na resolução de problemas. As tecnologias digitais podem apoiar esse processo por meio da visualização, da experimentação e do feedback, desde que estejam articuladas aos objetivos curriculares e à mediação pedagógica. Portanto, a efetividade dos recursos tecnológicos depende de sua capacidade de mobilizar conhecimentos prévios, favorecer relações conceituais e estimular a participação reflexiva do estudante (Matienzo, 2020; Tanaya; Padhy, 2026).

Por fim, pode-se dizer que a aprendizagem significativa resulta da articulação entre estrutura cognitiva, disposição para aprender, relevância dos materiais e mediação docente. Sua concretização exige práticas pedagógicas que promovam compreensão, reconstrução conceitual e aplicação do conhecimento, em oposição à retenção mecânica e temporária de informações (Novak, 2002; Agra et al., 2019).

2.3. Tecnologias Digitais no Ensino de Matemática no Ensino Médio

As tecnologias digitais ampliam as formas de representar e explorar os conteúdos matemáticos no Ensino Médio. Softwares de geometria dinâmica, simuladores e aplicativos interativos permitem articular expressões algébricas, gráficos, construções geométricas e situações contextualizadas, favorecendo a visualização de conceitos abstratos (Liburd; Jen, 2021). Esses recursos também possibilitam manipular variáveis, testar conjecturas e receber feedback durante a resolução das atividades. Sua contribuição pedagógica, contudo, depende do alinhamento entre a ferramenta utilizada, o conteúdo e

os objetivos curriculares (Cirneanu; Moldoveanu, 2024; Weigand; Trgalova; Tabach, 2024).

Nesse contexto, ferramentas como GeoGebra, Desmos, Kahoot e Quizizz podem apoiar a experimentação, a revisão e a participação discente. Os melhores resultados ocorrem quando esses recursos são associados à resolução de problemas, à aprendizagem colaborativa e a atividades investigativas (Fonseca, 2026; Valero Larico et al., 2026).

A mediação docente constitui o elemento responsável por transformar o recurso tecnológico em instrumento de aprendizagem. O professor precisa selecionar as ferramentas, formular tarefas cognitivamente desafiadoras, acompanhar as estratégias dos estudantes e sistematizar os conceitos trabalhados (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023). Quando não existe articulação entre as orientações docentes e as informações fornecidas pelo ambiente digital, o estudante pode enfrentar percursos fragmentados e dificuldades para atribuir sentido ao conteúdo. Assim, a tecnologia deve complementar a ação pedagógica, sem substituir a explicação, o diálogo e a intervenção do professor (Weigand; Trgalova; Tabach, 2024).

Essa integração exige competências que associem domínio tecnológico, conhecimento matemático e capacidade pedagógica. A formação docente deve, portanto, superar o treinamento operacional e preparar o professor para avaliar criticamente a adequação dos recursos às necessidades dos estudantes (Cirneanu; Moldoveanu, 2024; Gomez; Gardose, 2025).

As tecnologias digitais também podem favorecer o engajamento ao oferecer interatividade, feedback e diferentes percursos para a resolução de problemas. A autoeficácia exerce papel relevante nesse processo, pois estudantes que se percebem capazes tendem a demonstrar maior confiança, persistência e participação nas tarefas matemáticas (Gomez; Gardose, 2025). Entretanto, interesse e motivação não comprovam, isoladamente, a aprendizagem conceitual, uma vez que atividades atraentes podem permanecer superficiais quando não mobilizam argumentação e raciocínio. Desse modo, o engajamento somente se converte em aprendizagem quando está associado à intencionalidade pedagógica e à construção ativa de significados (Lopez; Baluyos, 2026; Valero Larico et al., 2026).

A integração tecnológica ainda enfrenta limitações relacionadas à conectividade, à infraestrutura, ao acesso desigual e à preparação dos professores. A superação desses obstáculos requer suporte institucional e condições equitativas para que a inovação digital não amplie desigualdades educacionais (Salami; Spangenberg, 2025; Fonseca, 2026).

Dessa forma, verifica-se que as tecnologias digitais podem favorecer a compreensão matemática ao ampliar as possibilidades de visualização, experimentação e resolução de problemas. Sua efetividade, porém, depende da articulação entre currículo, metodologia, mediação docente e participação discente (Novak, 2002). No Ensino Médio, a inovação não reside na simples adoção de ferramentas, mas na criação de situações em que o estudante relacione novos conteúdos aos conhecimentos prévios e utilize a Matemática de forma reflexiva. Portanto, a integração tecnológica deve ser orientada pela aprendizagem significativa, e não pela

novidade ou sofisticação do recurso empregado (Agra et al., 2019; Matienzo, 2020; Valero Larico et al., 2026).

2.4. Engajamento Discente em Ambientes Digitais

O engajamento discente constitui um processo multidimensional que envolve a participação comportamental, o investimento cognitivo, as respostas emocionais e as interações sociais estabelecidas durante a aprendizagem. Em ambientes digitais, esse processo pode ser observado na realização das atividades, na persistência diante das dificuldades, na colaboração, na autorregulação e no interesse demonstrado pelos estudantes. Essa compreensão evita reduzir o engajamento à frequência de acesso, ao tempo de conexão ou à simples conclusão das tarefas. Portanto, sua análise precisa considerar tanto os comportamentos observáveis quanto a qualidade do envolvimento cognitivo e afetivo (Bedenlier et al., 2020; Bond et al., 2020).

As tecnologias podem favorecer a participação ao oferecer interatividade, feedback imediato e oportunidades de colaboração. Contudo, a presença de recursos digitais não assegura envolvimento, pois atividades mal planejadas também podem provocar sobrecarga, dispersão e afastamento da aprendizagem (Bedenlier et al., 2020; Bond et al., 2020).

O engajamento comportamental manifesta-se na participação, no cumprimento das atividades e na persistência, enquanto o cognitivo envolve esforço mental, reflexão e utilização de estratégias para compreender os conteúdos. A dimensão emocional abrange interesse, confiança, satisfação ou ansiedade, e a dimensão social relaciona-se à comunicação e à construção colaborativa do

conhecimento. Nos ambientes digitais, essas dimensões interagem e podem variar conforme a natureza da tarefa, o nível de orientação e as experiências tecnológicas anteriores. Desse modo, indicadores quantitativos de acesso precisam ser interpretados em conjunto com evidências sobre motivação, compreensão e interação (Bond et al., 2020; Al Mamun; Lawrie, 2023).

A orientação pedagógica exerce papel decisivo nesse processo. Atividades investigativas sem apoio adequado podem aumentar a carga cognitiva, enquanto instruções, exemplos e intervenções oportunas favorecem a permanência e a participação dos estudantes (Al Mamun; Lawrie, 2023).

A autoeficácia tecnológica também influencia a forma como os estudantes se envolvem com plataformas e atividades digitais. Atitudes positivas e maior letramento digital fortalecem a confiança para utilizar as ferramentas, enfrentar dificuldades e participar das experiências de aprendizagem. Além disso, a capacidade de comunicar-se e colaborar em rede pode ser mais relevante que o domínio técnico em situações predominantemente on-line. Assim, o engajamento depende da combinação entre competências tecnológicas, confiança, relações sociais e condições pedagógicas adequadas (Getenet et al., 2024; Cha et al., 2025).

No ensino de Matemática, a autoeficácia assume importância particular diante de conteúdos percebidos como complexos ou abstratos. Estudantes mais confiantes tendem a persistir nas tarefas e a participar de atividades mediadas por tecnologias, mas essa disposição precisa ser acompanhada de problemas matemáticos relevantes e feedback formativo (Gomez; Gardose, 2025; Cha et al., 2025; Lopez; Baluyos, 2026).

O engajamento digital não deve ser tratado como sinônimo de aprendizagem, pois elevada participação pode coexistir com compreensão superficial. Recursos gamificados, vídeos, aplicativos e simuladores somente contribuem para o desenvolvimento conceitual quando mobilizam raciocínio, tomada de decisões e aplicação do conhecimento. No Ensino Médio, cabe ao professor acompanhar não apenas se o estudante acessa ou conclui a atividade, mas como formula estratégias, interpreta erros e relaciona as representações matemáticas. Dessa forma, a avaliação do engajamento deve integrar evidências comportamentais, cognitivas, emocionais e sociais (Bond et al., 2020; Al Mamun; Lawrie, 2023; Valero Larico et al., 2026).

Portanto, o engajamento em ambientes digitais resulta da interação entre características do estudante, desenho das atividades, mediação docente e condições de acesso. Sua promoção exige experiências acessíveis, colaborativas e cognitivamente desafiadoras, nas quais a tecnologia esteja subordinada aos objetivos da aprendizagem matemática (Getenet et al., 2024; Cha et al., 2025; Valero Larico et al., 2026).

3. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido como uma revisão de escopo, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-exploratório, destinada a mapear a extensão, as características e as lacunas da produção científica sobre tecnologias digitais e aprendizagem significativa em Matemática no Ensino Médio. Esse delineamento foi escolhido por permitir a inclusão de estudos com diferentes abordagens metodológicas e por favorecer a identificação dos recursos empregados, das estratégias pedagógicas, dos resultados

educacionais e das condições que interferem na integração tecnológica. A condução metodológica seguiu as recomendações do Joanna Briggs Institute para revisões de escopo, enquanto o relato das etapas foi orientado pelo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews – PRISMA (Tricco et al., 2018; Peters et al., 2020).

As buscas foram realizadas em setembro de 2026 nas bases Scopus, Web of Science, ERIC e SciELO, complementadas pelo Portal de Periódicos CAPES e pelo Google Acadêmico. A estratégia combinou descritores em português, inglês e espanhol relacionados a tecnologias digitais, ensino de Matemática, aprendizagem significativa, mediação docente, engajamento e Ensino Médio. Os termos foram articulados por meio dos operadores booleanos AND e OR, com adaptações aos mecanismos de cada base.

A expressão principal de busca em inglês foi estruturada da seguinte forma: (“digital technolog*” OR “educational technolog*” OR “digital tool*” OR “digital application*” OR gamification OR GeoGebra OR “online platform*”) AND (“mathematics education” OR “mathematics teaching” OR “mathematics learning”) AND (“high school” OR “secondary school” OR “secondary education”) AND (“meaningful learning” OR engagement OR motivation OR “teacher mediation” OR “self-efficacy”).

Foram incluídos artigos científicos completos e revisados por pares, publicados em português, inglês ou espanhol, que abordassem o uso de tecnologias digitais no ensino ou na aprendizagem de Matemática e apresentassem resultados relacionados à compreensão conceitual, ao engajamento, à motivação, à autoeficácia, à mediação docente ou às condições de

implementação. Não foi estabelecida restrição temporal inicial, a fim de permitir a identificação de estudos fundamentais e da evolução recente do campo.

Foram excluídos documentos duplicados, editoriais, resumos de eventos, apresentações, resenhas, trabalhos sem acesso ao texto integral e publicações nas quais a tecnologia ou o ensino de Matemática aparecessem apenas de forma periférica. Também foram excluídos estudos exclusivamente técnicos, sem análise educacional, e pesquisas que não permitissem identificar o nível de ensino ou a finalidade pedagógica dos recursos. Estudos desenvolvidos no Ensino Superior ou nos anos iniciais foram mantidos apenas quando apresentaram contribuições conceituais relevantes para a compreensão do engajamento, da autoeficácia ou da mediação tecnológica, sem que seus resultados fossem generalizados diretamente para o Ensino Médio.

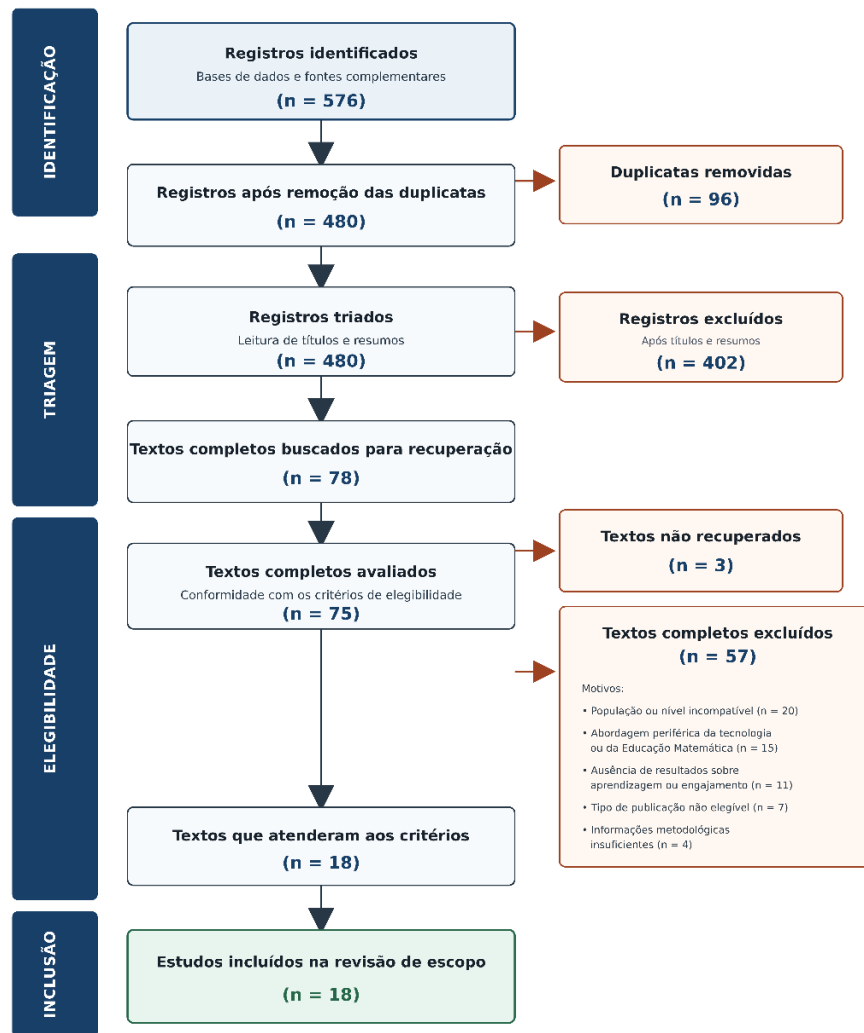
A seleção ocorreu em etapas sucessivas. Inicialmente, os registros recuperados foram reunidos em uma planilha e submetidos à identificação e remoção das duplicatas. Em seguida, realizou-se a leitura dos títulos e resumos, com aplicação dos critérios de elegibilidade. Os textos potencialmente pertinentes foram examinados integralmente, e as razões para exclusão foram registradas. O processo foi sintetizado em um fluxograma PRISMA-ScR, contemplando os números de registros identificados, removidos, triados, avaliados em texto completo e incluídos na síntese final (Tricco et al., 2018).

Para a extração das informações, foi elaborado um instrumento contendo: autoria e ano; país; objetivo; delineamento; participantes e nível de ensino; tecnologia utilizada; conteúdo matemático;

estratégia pedagógica; papel do professor; dimensões do engajamento; resultados relacionados à aprendizagem; desafios de implementação; limitações e recomendações. O instrumento foi ajustado durante a leitura dos primeiros estudos, conforme a natureza iterativa das revisões de escopo (Peters et al., 2020).

O processo de seleção ocorreu em quatro etapas sucessivas. Na identificação, foram recuperados 576 registros nas bases de dados e nas fontes complementares. Após a remoção de 96 duplicatas, 480 registros foram submetidos à leitura de títulos e resumos, dos quais 402 foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Na etapa seguinte, buscou-se recuperar 78 textos completos, porém 3 não foram localizados, resultando em 75 estudos avaliados integralmente. Após essa avaliação, 57 textos foram excluídos: 20 por incompatibilidade da população ou do nível de ensino, 15 por abordarem periféricamente a tecnologia ou a Educação Matemática, 11 por não apresentarem resultados relacionados à aprendizagem ou ao engajamento, 7 por corresponderem a tipos de publicação não elegíveis e 4 por fornecerem informações metodológicas insuficientes. Ao final, 18 estudos atenderam aos critérios estabelecidos e constituíram o corpus da revisão, conforme apresentado no fluxograma PRISMA da Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do processo PRISMA



Fluxograma elaborado conforme o PRISMA-ScR.

Fonte: Os autores (2026)

A extração dos dados foi realizada mediante instrumento padronizado, contemplando autoria, ano de publicação, país, objetivo, delineamento metodológico, nível de ensino, participantes, tecnologia empregada, estratégia pedagógica, resultados relacionados à aprendizagem e evidências de engajamento ou autoeficácia. A utilização de uma matriz de extração permitiu comparar os estudos e identificar convergências, divergências e lacunas na literatura.

Os dados foram submetidos à análise temática e organizados em quatro eixos: tecnologias digitais e formas de utilização pedagógica; aprendizagem significativa e compreensão conceitual; mediação docente e formação para o uso das tecnologias; e engajamento,

motivação e autoeficácia dos estudantes. A discussão foi desenvolvida por triangulação interpretativa, relacionando os resultados dos estudos empíricos, os fundamentos da aprendizagem significativa e as evidências sobre engajamento em ambientes digitais.

Por se tratar de uma revisão de escopo voltada ao mapeamento da literatura, não foi realizada metanálise nem avaliação formal do risco de viés dos estudos. Entretanto, foram observadas a pertinência temática, a clareza metodológica e a consistência entre objetivos, procedimentos e resultados. Essa delimitação permite caracterizar a extensão das evidências disponíveis, mas recomenda cautela na generalização dos achados e na atribuição de relações causais entre o emprego de tecnologias digitais, o engajamento e a aprendizagem matemática.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos estudos evidenciou que a contribuição das tecnologias digitais para o ensino de Matemática não está vinculada apenas à disponibilidade de ferramentas, mas à reorganização das práticas pedagógicas. Os recursos digitais ampliam as possibilidades de visualização, manipulação e experimentação de conceitos abstratos, permitindo articular representações algébricas, numéricas, gráficas e geométricas (Liburd; Jen, 2021; Viberg; Grönlund; Andersson, 2023). Essa convergência indica que softwares dinâmicos, aplicativos e simuladores podem favorecer a compreensão conceitual quando incorporados a situações-problema e atividades investigativas. Entretanto, os autores também demonstram que a simples substituição de materiais tradicionais por plataformas digitais não modifica, necessariamente, a lógica expositiva do ensino (Cirneanu;

Moldoveanu, 2024; Weigand; Trgalova; Tabach, 2024; Valero Larico et al., 2026).

Os estudos convergem, portanto, ao situar a intencionalidade pedagógica como condição para a efetividade das tecnologias (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023). O valor educacional do recurso depende de sua articulação com o currículo, com os conteúdos matemáticos e com as necessidades dos estudantes, e não de sua sofisticação técnica (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023; Weigand; Trgalova; Tabach, 2024).

Essa interpretação aproxima a integração tecnológica dos fundamentos da aprendizagem significativa. A visualização e a manipulação proporcionadas pelas ferramentas digitais podem auxiliar o estudante a relacionar novos conteúdos aos conhecimentos previamente construídos, favorecendo a diferenciação e a reorganização conceitual (Novak, 2002; Agra et al., 2019). Contudo, tais possibilidades não asseguram, isoladamente, a produção de significados, pois esse processo exige conhecimentos prévios relevantes, materiais potencialmente significativos e predisposição para aprender. A triangulação entre esses fundamentos e as evidências sobre tecnologias digitais mostra que o recurso atua como mediador da aprendizagem apenas quando promove relações conceituais, aplicação prática e reflexão, em oposição à execução mecânica de comandos (Matienzo, 2020; Tanaya; Padhy, 2026).

Os resultados também destacam o papel central do professor na integração entre tecnologia e conhecimento matemático. Quando as orientações do ambiente digital não se articulam à explicação docente, os estudantes podem receber informações fragmentadas e

ter dificuldades para conciliar diferentes percursos de resolução (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023). Em sentido oposto, a mediação qualificada permite selecionar recursos, antecipar obstáculos, problematizar respostas e sistematizar os conceitos emergentes das atividades. Assim, a atuação docente permanece indispensável para transformar as funcionalidades técnicas em oportunidades de investigação e aprendizagem (Cirneanu; Moldoveanu, 2024; Weigand; Trgalova; Tabach, 2024; Salami; Spangenberg, 2025).

Essa centralidade revela que a formação docente não pode limitar-se ao domínio operacional das ferramentas. A integração consistente requer conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e matemáticos, além da capacidade de avaliar criticamente quando, como e com que finalidade cada recurso deve ser utilizado (Cirneanu; Moldoveanu, 2024; Gomez; Gardose, 2025; Salami; Spangenberg, 2025).

No que se refere ao engajamento, os estudos analisados demonstram que a interatividade, o feedback imediato e a colaboração podem ampliar a participação dos estudantes. Todavia, os resultados também mostram que o engajamento é multidimensional e não deve ser reduzido à frequência de acesso, ao tempo de permanência ou à conclusão das tarefas (Bedenlier et al., 2020). A dimensão comportamental envolve participação e persistência; a cognitiva compreende esforço, reflexão e uso de estratégias; a emocional abrange interesse, confiança ou ansiedade; e a social envolve comunicação e colaboração. A predominância de indicadores comportamentais nas pesquisas revela uma limitação, pois estudantes ativos em uma plataforma não estão necessariamente mobilizando processos cognitivos compatíveis

com uma aprendizagem conceitual profunda (Bond et al., 2020; Al Mamun; Lawrie, 2023).

A triangulação das evidências indica, ainda, que atividades digitais podem simultaneamente favorecer ou dificultar o engajamento. Enquanto tarefas estruturadas, colaborativas e acompanhadas por feedback tendem a sustentar a participação, propostas pouco orientadas podem provocar sobrecarga cognitiva, dispersão e desengajamento (Bedenlier et al., 2020; Bond et al., 2020; Al Mamun; Lawrie, 2023).

A autoeficácia constitui outro elemento explicativo da relação entre tecnologia e engajamento. Estudantes que se percebem capazes de utilizar os recursos e resolver as tarefas apresentam maior tendência à participação, à persistência e ao enfrentamento das dificuldades (Getenet et al., 2024). Entretanto, o domínio técnico não atua de maneira isolada, pois atitudes em relação à tecnologia, letramento digital e capacidade de comunicação em rede também interferem na experiência de aprendizagem. Essa relação ajuda a explicar por que uma mesma ferramenta pode gerar respostas distintas entre os estudantes e reforça a necessidade de suporte diferenciado durante as atividades (Gomez; Gardose, 2025; Cha et al., 2025; Lopez; Baluyos, 2026).

Embora esses resultados contribuam para compreender os mecanismos do engajamento, parte das evidências foi produzida no Ensino Superior ou nos anos iniciais. Por isso, suas conclusões auxiliam na fundamentação conceitual, mas não devem ser transferidas automaticamente para o Ensino Médio, cuja organização curricular, faixa etária e condições escolares

apresentam particularidades (Bedenlier et al., 2020; Bond et al., 2020; Getenet et al., 2024; Cha et al., 2025).

A literatura específica sobre Educação Matemática aponta que GeoGebra, Desmos, Kahoot, Quizizz e outras aplicações podem favorecer a visualização, o feedback e a participação. No entanto, há diferenças entre os tipos de contribuição oferecidos por essas ferramentas: softwares dinâmicos tendem a apoiar exploração e representação conceitual, enquanto plataformas gamificadas atuam mais diretamente sobre participação, revisão e motivação (Liburd; Jen, 2021; Cirneanu; Moldoveanu, 2024). Confundir essas finalidades pode levar à adoção de recursos atrativos, mas pouco adequados aos objetivos matemáticos pretendidos. A seleção deve considerar o conteúdo, a ação cognitiva requerida e a forma como o professor integrará as respostas dos estudantes à continuidade da aula (Fonseca, 2026; Valero Larico et al., 2026).

Outro resultado relevante corresponde às possibilidades de avaliação formativa. Plataformas digitais podem registrar respostas, tentativas, dificuldades e percursos de resolução, oferecendo ao professor informações para reorganizar intervenções. Contudo, esses registros não devem ser interpretados apenas como indicadores de desempenho, pois dados de acesso ou conclusão pouco revelam sobre os raciocínios empregados. A avaliação precisa combinar evidências digitais com observação, diálogo, justificativas e análise das estratégias utilizadas pelos estudantes (Salami; Spangenberg, 2025; Weigand; Trgalova; Tabach, 2024).

A análise também revelou que os efeitos das tecnologias são condicionados pela infraestrutura e pelas desigualdades de acesso. Conectividade insuficiente, equipamentos inadequados, ausência de

manutenção e suporte técnico podem restringir a continuidade das atividades e produzir oportunidades desiguais de participação (Salami; Spangenberg, 2025). Essas barreiras se articulam às dificuldades formativas, pois mesmo professores pedagogicamente preparados encontram limitações quando a escola não oferece condições mínimas de implementação. Assim, responsabilizar exclusivamente o docente ou o estudante pelo uso insuficiente das tecnologias desconsidera a dimensão institucional do problema (Fonseca, 2026; Valero Larico et al., 2026).

Assim, verifica-se que as tecnologias digitais apresentam potencial para ampliar a representação, a experimentação, o acompanhamento e o engajamento no ensino de Matemática, mas seus efeitos são condicionais. Os ganhos mais consistentes surgem quando as ferramentas estão vinculadas aos conhecimentos prévios, a tarefas cognitivamente desafiadoras, à mediação docente, ao feedback e à colaboração (Novak, 2002; Agra et al., 2019; Bedenlier et al., 2020; Bond et al., 2020). Em contrapartida, o uso instrumental, a ausência de orientação, a infraestrutura precária e a interpretação do engajamento como sinônimo de aprendizagem limitam os resultados. Desse modo, a integração tecnológica no Ensino Médio deve ser compreendida como uma construção pedagógica e institucional, na qual inovação, aprendizagem significativa e equidade precisam ser desenvolvidas conjuntamente (Viberg; Grönlund; Andersson, 2023; Weigand; Trgalova; Tabach, 2024; Salami; Spangenberg, 2025; Valero Larico et al., 2026).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que softwares de geometria dinâmica, aplicativos educacionais, plataformas interativas, simuladores e recursos de

gamificação podem ampliar a visualização, a experimentação e a compreensão de conceitos matemáticos. Contudo, essas contribuições não decorrem automaticamente da presença das tecnologias, mas de sua integração aos objetivos curriculares, aos conhecimentos prévios dos estudantes e a atividades que estimulem investigação, resolução de problemas e reflexão.

Ademais, verificou-se que os achados também evidenciam que a mediação docente constitui condição central para transformar recursos digitais em oportunidades efetivas de aprendizagem. A seleção adequada das ferramentas, a formulação de tarefas cognitivamente desafiadoras, o acompanhamento das estratégias e a sistematização dos conceitos favorecem a participação e a construção de significados. Embora a interatividade e o feedback possam aumentar o interesse, a persistência e a autoeficácia, o engajamento comportamental não deve ser interpretado isoladamente como aprendizagem. Desse modo, a efetividade pedagógica das tecnologias depende da articulação entre engajamento cognitivo, intencionalidade pedagógica, formação docente, infraestrutura e condições equitativas de acesso.

Entre as limitações, destacam-se o número restrito de estudos diretamente desenvolvidos no Ensino Médio, a diversidade dos delineamentos, tecnologias e indicadores utilizados, bem como a presença de pesquisas realizadas em outros níveis educacionais. Essas características dificultam comparações diretas e impedem a generalização dos resultados ou o estabelecimento de relações causais entre tecnologia, engajamento e desempenho matemático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, G.; FORMIGA, N. S.; OLIVEIRA, P. S. de; COSTA, M. M. L.; FERNANDES, M. das G. M.; NÓBREGA, M. M. L. da. Analysis of the concept of meaningful learning in light of the Ausubel's theory. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 72, n. 1, p. 248–255, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0691>

AL MAMUN, M. A.; LAWRIE, G. Student-content interactions: exploring behavioural engagement with self-regulated inquiry-based online learning modules. **Smart Learning Environments**, v. 10, art. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00221-x>

BEDENLIER, S.; BOND, M.; BUNTINS, K.; ZAWACKI-RICHTER, O.; KERRES, M. Facilitating student engagement through educational technology in higher education: a systematic review in the field of arts and humanities. **Australasian Journal of Educational Technology**, v. 36, n. 4, p. 126–150, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14742/ajet.5477>

BOND, M.; BUNTINS, K.; BEDENLIER, S.; ZAWACKI-RICHTER, O.; KERRES, M. Mapping research in student engagement and educational technology in higher education: a systematic evidence map. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 17, art. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0176-8>

CHA, W.; HONG, M.; GLASSMAN, M.; ANDERMAN, E. M.; LIN, T.-J. The roles of technology efficacy and networking agency in elementary students' engagement in online and face-to-face technology-mediated learning. **British Journal of Educational Technology**, v. 56, n. 6, p. 2623–2646, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.13597>

CIRNEANU, A.-L.; MOLDOVEANU, C.-E. Use of digital technology in integrated mathematics education. **Applied System Innovation**, v. 7, n. 4, art. 66, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/asi7040066>.

FONSECA, D. T. Tecnologias digitais no ensino da matemática: contribuições da gamificação e de aplicativos educacionais para aprendizagem e engajamento. **International Integralize Scientific**, Florianópolis, v. 6, n. 59, p. 8–23, 2026.

GETENET, S.; CANTLE, R.; REDMOND, P.; ALBION, P. Students' digital technology attitude, literacy and self-efficacy and their effect on online learning engagement. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 21, art. 3, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00437-y>

GOMEZ, C. R.; GARDOSE, A. D. The mediating role of self-efficacy on the ICT skills of teachers and student engagement in mathematics. **Asian Journal of Education and Social Studies**, v. 51, n. 3, p. 258–276, 2025. DOI: <https://doi.org/10.9734/ajess/2025/v51i31824>.

LIBURD, K. K. D.; JEN, H.-Y. Investigating the effectiveness of using a technological approach on students' achievement in mathematics: case study of a high school in a Caribbean country. **Sustainability**, v. 13, n. 10, art. 5586, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13105586>

LOPEZ, K. R. G.; BALUYOS, G. R. Teachers' technology use and students' academic motivation in mathematics learning: the mediating role of self-efficacy. **International Journal of Research and Innovation in Social Science**, v. 10, n. 5, p. 3884–3920, 2026. DOI: <https://doi.org/10.47772/IJRISS.2026.100500273>.

MATIENZO, R. Evolución de la teoría del aprendizaje significativo y su aplicación en la educación superior. **Dialektika: Revista de Investigación Filosófica y Teoría Social**, v. 2, n. 3, p. 17–26, 2020.

NOVAK, J. D. Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, n. 4, p. 548–571, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.10032>

PETERS, M. D. J.; MARNIE, C.; TRICCO, A. C.; POLLOCK, D.; MUNN, Z.; ALEXANDER, L.; MCINERNEY, P.; GODFREY, C. M.; KHALIL, H. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. **JB I Evidence Synthesis**, v. 18, n. 10, p. 2119–2126, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167>

SALAMI, O. O.; SPANGENBERG, E. D. Evaluating mathematics teachers' usage of online tools to enhance learning performance of high school students. **International Journal of Evaluation and Research in Education**, v. 14, n. 6, p. 4443–4455, 2025. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijere.v14i6.33960>.

TANAYA, D. K.; PADHY, S. Reconceptualizing meaningful learning: a multidimensional theoretical synthesis. **International Journal for Multidisciplinary Research**, v. 8, n. 2, p. 1–20, 2026. DOI: <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2026.v08i02.70738>.

TRICCO, A. C.; LILLIE, E.; ZARIN, W.; O'BRIEN, K. K.; COLQUHOUN, H.; LEVAC, D.; MOHER, D.; PETERS, M. D. J.; HORSLEY, T.; WEEKS, L.; HEMPEL, S.; AKL, E. A.; CHANG, C.; MCGOWAN, J.; STEWART, L.; HARTLING, L.; ALDCROFT, A.; WILSON, M. G.; GARRITTY, C.; LEWIN, S.; GODFREY, C. M.; MACDONALD, M. T.; LANGLOIS, E. V.; SOARES-WEISER, K.; MORIARTY, J.; CLIFFORD, T.; TUNÇALP, Ö.; STRAUS, S. E.

PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. **Annals of Internal Medicine**, v. 169, n. 7, p. 467–473, 2018. DOI: <https://doi.org/10.7326/M18-0850>.

VALERO LARICO, D.; BENAVENTE GUTIERREZ, M. A.; TALAVERA-MENDOZA, F.; RUCANO PAUCAR, F. H. Digital applications in mathematics learning for secondary school students: a systematic literature review. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 22, n. 1, art. em2768, 2026. DOI: <https://doi.org/10.29333/ejmste/17760>

VIBERG, O.; GRÖNLUND, Å.; ANDERSSON, A. Integrating digital technology in mathematics education: a Swedish case study. **Interactive Learning Environments**, v. 31, n. 1, p. 232–243, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1770801>

WEIGAND, H.-G.; TRGALOVA, J.; TABACH, M. Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. **ZDM – Mathematics Education**, v. 56, p. 525–541, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9>.

¹ Licenciatura em Pedagogia, Universidade Estadual de Goiás (UFG).

E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-0858-1261>

² Especialista em Metodologia em Ensino de Matemática Caretiano.

E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/00009-0000-6476-5684>

³ Especialista em Licenciatura em História, Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: <https://orcid.org/00009-0000-6476-5684>.

⁴ Especialista em Gestão Supervisão Educacional, Faculdade de Ciências Sociais de Marabá (FACIMAB). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-4918-5527>

⁵ Licenciatura em Ciências Habilitação em Química, Universidade do Estado de Goiás (UEG). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-3298-9849>

⁶ Especialista em coordenação pedagógica, instituição: Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-0693-3714>

⁷ Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1964-620X>