

**ECOSSISTEMAS
COLABORATIVOS DIGITAIS
NA EDUCAÇÃO:
INTEGRAÇÃO ENTRE
EDUCADORES,
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E
PLATAFORMAS
INTERATIVAS PARA O
FORTALECIMENTO DAS
PRÁTICAS PEDAGÓGICAS**

**DIGITAL COLLABORATIVE ECOSYSTEMS IN EDUCATION: INTEGRATING
EDUCATORS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERACTIVE PLATFORMS
TO STRENGTHEN PEDAGOGICAL PRACTICES**

Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas, Linguística & Letras e
Artes

• 13/09/2026

Eduardo Silva Vasconcelos¹

Iran Carlos Lovis Trentin²

Paula de Souza Santos Graciolli Silva³

Regivaldo Cláudio de Freitas⁴

Amanda Dourado Gonzalez⁵

Mendes Pereira Lima⁶

Fábio Junio Olimpio Cezário⁷

Elias Mateus da Silva⁸

Fernando Banen Calero⁹

Agnaldo Braga Lima¹⁰

RESUMO

A expansão das plataformas educacionais, dos ambientes virtuais de aprendizagem, dos sistemas de análise de dados e, mais recentemente, das ferramentas de inteligência artificial generativa tem alterado as formas de planejamento, interação, avaliação e produção de conhecimento no campo educacional. Entretanto, a simples presença dessas tecnologias não constitui, por si só, um ecossistema digital pedagogicamente qualificado, uma vez que sua contribuição depende da articulação entre infraestrutura, governança, competências profissionais, intencionalidade pedagógica, proteção de dados e preservação da autonomia de professores e estudantes. O presente estudo analisa os ecossistemas colaborativos digitais na educação, com ênfase na integração entre educadores, inteligência artificial e plataformas interativas para o fortalecimento das práticas pedagógicas. Metodologicamente, desenvolve-se uma revisão sistemática qualitativa da literatura, com síntese narrativa de revisões sistemáticas, metanálises, estudos empíricos e documentos internacionais publicados principalmente entre 2020 e 2026, abrangendo inteligência artificial na educação, formação docente, aprendizagem colaborativa mediada por tecnologia, uso pedagógico de dados, *learning analytics* e governança de ecossistemas digitais. Os resultados indicam que a inteligência artificial pode apoiar planejamento, criação e adaptação de materiais, feedback, análise de informações educacionais e desenvolvimento profissional, mas seus benefícios são altamente dependentes do desenho pedagógico e da capacidade docente de avaliar criticamente as saídas produzidas. Revisões recentes sobre a educação básica mostram que a base empírica da inteligência artificial generativa ainda é recente e concentrada em determinados níveis e áreas, o que impede generalizações amplas sobre seus efeitos. Também se verifica que plataformas digitais podem

disponibilizar dados úteis à personalização e ao planejamento, porém a transformação desses dados em decisões pedagógicas exige competências interpretativas, clareza das visualizações e integração aos processos de ensino. A formação profissional emerge, conseqüentemente, como eixo estruturante: capacitações exclusivamente técnicas são insuficientes, sendo necessário integrar conhecimentos pedagógicos, éticos, críticos e tecnológicos. Conclui-se que ecossistemas colaborativos digitais consistentes não são organizados pela substituição da atividade docente por automação, mas pela complementaridade entre agência humana e capacidade computacional, sob princípios de transparência, proteção de dados, inclusão, avaliação crítica e intencionalidade pedagógica.

Palavras-chave: Inteligência artificial; educação digital; formação docente; plataformas educacionais; aprendizagem colaborativa; práticas pedagógicas.

ABSTRACT

The expansion of educational platforms, virtual learning environments, data analytics systems and, more recently, generative artificial intelligence tools has transformed educational planning, interaction, assessment and knowledge production. However, the mere presence of these technologies does not constitute a pedagogically sound digital ecosystem, since their contribution depends on the articulation among infrastructure, governance, professional competencies, pedagogical intentionality, data protection and the preservation of teacher and student agency. This study analyzes digital collaborative ecosystems in education, focusing on the integration of educators, artificial intelligence and interactive platforms to strengthen pedagogical practices. Methodologically, a qualitative systematic review with narrative synthesis was conducted, incorporating systematic reviews, meta-

analyses, empirical studies and international policy documents mainly published between 2020 and 2026 on artificial intelligence in education, teacher professional development, technology-enhanced collaborative learning, educational data use, learning analytics and digital ecosystem governance. Findings indicate that artificial intelligence may support planning, content creation and adaptation, feedback, educational data analysis and professional learning; however, its benefits are strongly dependent on pedagogical design and educators' capacity to critically assess AI-generated outputs. Recent reviews focused on K-12 education indicate that the empirical evidence base for generative AI remains relatively new and unevenly distributed across educational levels and subjects, preventing broad causal generalizations. Digital platforms may also generate useful information for differentiated teaching and instructional planning, but transforming data into pedagogical decisions requires interpretive competencies, meaningful visualizations and integration with classroom processes. Professional learning therefore emerges as a structural component: purely technical training is insufficient, requiring the integration of pedagogical, ethical, critical and technological knowledge. Digital collaborative ecosystems should consequently be organized around complementarity between human agency and computational capabilities rather than the replacement of teachers by automation, under principles of transparency, privacy, inclusion, critical evaluation and pedagogical intentionality.

Keywords: Artificial intelligence; digital education; teacher professional development; educational platforms; collaborative learning; pedagogical practices.

1. INTRODUÇÃO

A transformação digital da educação experimentou, nas últimas décadas, um processo de ampliação progressiva que ultrapassa a informatização de tarefas administrativas ou a disponibilização de conteúdos em plataformas virtuais. Sistemas de gestão da aprendizagem, ambientes colaborativos, recursos de videoconferência, plataformas adaptativas, ferramentas de autoria, repositórios digitais, painéis analíticos, sistemas de avaliação e diferentes aplicações de inteligência artificial passaram a coexistir dentro de uma infraestrutura educacional cada vez mais interdependente. A emergência da inteligência artificial generativa intensificou essa transformação ao permitir que professores e estudantes interajam diretamente com sistemas capazes de produzir textos, imagens, explicações, exercícios, códigos, sínteses e feedbacks em linguagem natural. A questão pedagógica contemporânea, entretanto, não consiste simplesmente em saber se essas tecnologias estarão presentes na educação, uma vez que grande parte delas já está disponível e vem sendo utilizada, mas em compreender sob quais condições sua incorporação pode produzir ambientes de aprendizagem mais colaborativos, inclusivos, pedagogicamente coerentes e capazes de preservar o protagonismo humano. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico propõe precisamente essa visão sistêmica ao definir os ecossistemas digitais educacionais como conjuntos compostos por ferramentas de gestão, tecnologias de ensino, aprendizagem e avaliação e, de maneira indispensável, pelas pessoas e instituições que tornam esses recursos pedagogicamente significativos. O relatório *Digital Education Outlook 2023* destaca que muitos países avançaram na digitalização de componentes isolados, mas ainda enfrentam dificuldades para construir ecossistemas coerentes, interoperáveis, confiáveis e orientados por objetivos educacionais.

A distinção entre digitalização e transformação educacional é fundamental para a análise proposta neste artigo. Transferir uma atividade anteriormente impressa para uma plataforma digital pode alterar seu suporte sem transformar sua lógica pedagógica. Da mesma forma, solicitar que uma ferramenta de inteligência artificial produza automaticamente uma lista de exercícios não constitui necessariamente inovação se a atividade reproduzir práticas instrucionais pouco reflexivas. A transformação ocorre quando a tecnologia modifica de maneira pedagogicamente justificável as possibilidades de interação, acompanhamento, colaboração, autoria, diferenciação e reflexão, ou quando reduz tarefas administrativas sem retirar do professor as decisões profissionais relacionadas ao ensino. A OCDE enfatiza que tecnologias digitais e inteligência artificial podem contribuir para personalização, inclusão e eficiência, mas ressalta igualmente riscos de desigualdade de acesso, baixa interoperabilidade, proteção insuficiente de dados, qualidade variável dos recursos e diferenças na capacidade de professores e estudantes de utilizá-los criticamente.

A emergência da inteligência artificial generativa introduziu uma mudança qualitativa nesse cenário porque os sistemas deixaram de funcionar apenas como ferramentas relativamente previsíveis acionadas por comandos limitados e passaram a produzir conteúdos novos em resposta a solicitações abertas. Um professor pode utilizar inteligência artificial para elaborar versões diferenciadas de uma explicação, propor questões, revisar a clareza de uma atividade, gerar exemplos, estruturar um plano inicial ou analisar tendências de respostas dos estudantes. Um estudante pode utilizá-la para solicitar explicações adicionais, explorar hipóteses, receber feedback sobre um texto ou realizar atividades de simulação. Entretanto, os mesmos sistemas podem gerar informações incorretas, referências

inexistentes, simplificações, vieses ou respostas excessivamente convincentes apesar de inadequadas. A UNESCO, em seu guia sobre inteligência artificial generativa na educação e na pesquisa, recomenda uma abordagem centrada no ser humano, na qual as instituições educacionais validem pedagogicamente e eticamente as tecnologias antes de sua integração, protejam privacidade e dados pessoais e preservem a agência de professores e aprendizes. O documento rejeita uma concepção em que a IA seja tratada como substituta autônoma da decisão educacional e enfatiza que sua utilização precisa estar subordinada às finalidades humanas da educação.

Essa orientação tornou-se ainda mais explícita com o Marco Referencial de Competências em IA para Professores da UNESCO. O documento organiza quinze competências em cinco dimensões — mentalidade centrada no ser humano, ética da inteligência artificial, fundamentos e aplicações de IA, pedagogia de IA e utilização da IA para desenvolvimento profissional — e reconhece que a relação tradicional professor-estudante passa a conviver com uma dinâmica professor-IA-estudante. Em vez de interpretar essa nova configuração como desaparecimento do professor, a UNESCO argumenta que ela aumenta a necessidade de competências profissionais capazes de avaliar ferramentas, reconhecer limites, proteger direitos e decidir quando a utilização da IA efetivamente possui valor pedagógico.

A literatura científica recente sobre inteligência artificial na educação confirma a rapidez da expansão e, simultaneamente, recomenda cautela em relação às generalizações. Marzano (2026), em revisão sistemática especificamente direcionada à inteligência artificial generativa nos níveis correspondentes à educação básica,

demonstra que o campo empírico está em rápido desenvolvimento, mas ainda apresenta concentração temporal e temática decorrente da novidade dessas tecnologias. Alfarwan (2025), ao analisar trinta estudos empíricos envolvendo IA generativa no ensino básico, verificou concentração das pesquisas no ensino médio, na formação inicial docente e em determinadas áreas, especialmente STEM, além de identificar predominância de desenhos quase experimentais e grande interesse em variáveis psicológicas e educacionais. O próprio autor ressalta que ainda existe escassez de evidência sobre integração de IA generativa em tempo real no ensino cotidiano, sobretudo em comparação com a abundância de trabalhos conceituais ou propostas não avaliadas empiricamente.

Essa limitação é importante porque parte significativa do discurso contemporâneo sobre IA educacional se desenvolve mais rapidamente que a evidência científica capaz de demonstrar seus resultados. Ferramentas comerciais são atualizadas em poucos meses, enquanto estudos longitudinais exigem anos. Consequentemente, práticas que parecem intuitivamente vantajosas não podem ser automaticamente consideradas eficazes. O estudo dos ecossistemas colaborativos digitais precisa diferenciar três dimensões: **capacidade tecnológica**, que corresponde ao que determinado sistema consegue realizar; **potencial pedagógico**, que diz respeito às maneiras pelas quais a capacidade poderia apoiar objetivos educacionais; e **evidência de efetividade**, que exige demonstração empírica de resultados sob condições determinadas. Confundir essas três categorias favorece tanto entusiasmo indiscriminado quanto rejeição igualmente simplificadora.

A expressão “ecossistema colaborativo digital” adotada neste artigo pretende justamente afastar uma visão centrada em ferramentas

isoladas. Um ecossistema educacional envolve professores, estudantes, gestores, famílias, plataformas, recursos digitais, dados, normas institucionais, infraestrutura de conectividade, formação profissional e práticas de avaliação. A colaboração não se limita à interação entre estudantes, embora essa dimensão seja fundamental. Pode existir colaboração entre professores durante planejamento e desenvolvimento profissional, entre professores e sistemas de IA durante criação e revisão de materiais, entre estudantes e plataformas que fornecem feedback, entre instituições que compartilham recursos e entre diferentes profissionais que interpretam informações educacionais. Todavia, utilizar a palavra “colaboração” para relações entre humanos e sistemas computacionais exige cautela conceitual: a inteligência artificial não possui responsabilidade moral equivalente à de um profissional nem deve ser tratada como agente educacional independente. A relação é melhor compreendida como **cooperação funcional sob responsabilidade humana**, na qual a capacidade computacional auxilia determinadas tarefas enquanto professores e instituições permanecem responsáveis por objetivos, critérios, interpretações e consequências.

Esse entendimento torna a formação docente uma das dimensões mais importantes do ecossistema. Revisão sistemática publicada em *Computers and Education: Artificial Intelligence* analisou estudos realizados entre 2015 e 2024 sobre o emprego de IA por professores no ensino e no desenvolvimento profissional e identificou crescente demanda por integração entre tecnologias e práticas docentes. O estudo aponta a necessidade de formação adequada às funções pedagógicas desempenhadas pelos professores, em vez de capacitação concentrada exclusivamente no funcionamento instrumental das ferramentas. Revisões publicadas em 2025

reforçam essa conclusão: programas de formação digital mais efetivos tendem a combinar tecnologia com intencionalidade pedagógica, desenvolvimento profissional contínuo, colaboração e apoio organizacional, enquanto treinamentos pontuais e exclusivamente técnicos apresentam menor capacidade de modificar práticas de maneira sustentável.

O mesmo princípio se aplica aos programas especificamente direcionados à IA. Li, Wang e Chen (2025), em revisão sistemática de dezesseis estudos sobre integração da inteligência artificial ao desenvolvimento profissional docente, observaram que as experiências mais consistentes preservavam agência dos professores e permitiam que estes liderassem as interações com as tecnologias. Revisão baseada no modelo TPACK, publicada em 2025, igualmente destaca a importância de integrar conhecimento tecnológico, pedagógico e do conteúdo nos programas de formação em IA, evitando que professores aprendam uma ferramenta sem compreender como e por que utilizá-la didaticamente.

Outra dimensão central são os dados produzidos pelas plataformas digitais. Ambientes de aprendizagem registram acessos, respostas, tempo de realização, tentativas, interações e progressão de atividades, gerando conjuntos de informações potencialmente úteis para o planejamento docente. Hase e Kuhl (2024), em revisão sistemática sobre o uso de dados de plataformas digitais por professores, mostram que esses registros podem oferecer informações sobre desempenho, pontos fortes e dificuldades dos estudantes e apoiar adaptação do ensino, mas o potencial depende da capacidade docente de interpretar corretamente as informações e transformá-las em decisões pedagógicas. O problema não é simplesmente disponibilizar um painel com dezenas de indicadores;

é criar condições para que o professor reconheça o que cada medida significa, quais limitações possui e qual intervenção é justificável diante dela.

A aprendizagem colaborativa mediada por tecnologia amplia ainda mais o escopo do ecossistema. Chen e Chen (2025), em revisão sistemática sobre investigação colaborativa apoiada por tecnologia na educação básica, destacam que ferramentas digitais podem facilitar comunicação, compartilhamento de evidências, construção coletiva de explicações e acompanhamento de processos investigativos quando estão integradas a um desenho instrucional coerente. A tecnologia, entretanto, não produz colaboração simplesmente por oferecer fóruns ou documentos compartilhados. Grupos podem dividir tarefas sem construir conhecimento conjuntamente, estudantes mais ativos podem monopolizar o trabalho e recursos digitais podem aumentar a fragmentação quando objetivos, papéis e formas de participação não são claros.

Nesse sentido, a noção de ecossistema é também uma noção de governança. Escolas e sistemas educacionais precisam definir quais ferramentas podem ser utilizadas, que dados coletam, quem pode acessá-los, como os resultados produzidos por IA serão verificados, quais atividades exigem transparência sobre seu uso e como estudantes serão preparados para interagir criticamente com sistemas automatizados. A UNESCO destaca privacidade, agência humana, diversidade cultural e validação pedagógica entre as preocupações centrais, enquanto a OCDE argumenta que ecossistemas digitais efetivos dependem de coerência entre infraestrutura, ferramentas, competências e instituições de governança.

A questão norteadora deste estudo é, portanto: **de que maneira a integração entre educadores, inteligência artificial, dados educacionais e plataformas interativas pode constituir ecossistemas colaborativos digitais capazes de fortalecer práticas pedagógicas, preservando a autonomia profissional, a qualidade da aprendizagem e princípios éticos?** O objetivo geral consiste em analisar criticamente as evidências contemporâneas sobre essa integração. Especificamente, busca-se discutir o conceito de ecossistema digital educacional; examinar as contribuições e limitações da inteligência artificial para ensino e aprendizagem; analisar o papel das plataformas interativas e dos dados educacionais; investigar formação e desenvolvimento profissional docente; discutir colaboração e autoria em ambientes digitais; e propor princípios para uma integração pedagogicamente orientada, ética e sustentável.

2. METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido como uma **revisão sistemática qualitativa da literatura com síntese narrativa**, metodologia considerada adequada diante da elevada heterogeneidade do objeto. A literatura sobre ecossistemas colaborativos digitais compreende pesquisas sobre inteligência artificial generativa, tutores inteligentes, sistemas adaptativos, ambientes virtuais de aprendizagem, plataformas colaborativas, *learning analytics*, formação docente, governança de tecnologias e desenvolvimento profissional, utilizando desenhos e desfechos distintos. Algumas pesquisas medem desempenho acadêmico; outras investigam percepção, competência tecnológica, engajamento, colaboração, planejamento docente, uso de dados ou desenvolvimento profissional. A ausência de um desfecho comum inviabiliza uma

metanálise própria sem combinação artificial de fenômenos conceitualmente diferentes, razão pela qual se optou por integrar criticamente resultados de revisões sistemáticas, metanálises e documentos de referência.

A estratégia de busca foi atualizada até agosto de 2026 e priorizou trabalhos publicados a partir de 2020, preservando estudos anteriores quando essenciais ao estabelecimento dos conceitos de aprendizagem colaborativa ou tecnologia educacional. Os termos de busca incluíram combinações em português e inglês relacionadas a “digital education ecosystem”, “collaborative digital learning”, “artificial intelligence education”, “generative AI education”, “teacher artificial intelligence”, “AI teacher professional development”, “learning management systems”, “interactive educational platforms”, “learning analytics”, “educational data”, “technology-enhanced collaborative learning”, “teacher digital competence” e “AI pedagogy”. Foram priorizadas bases e periódicos científicos reconhecidos, complementados por documentos da UNESCO e da OCDE por sua relevância para governança e formação profissional.

Foram incluídas revisões sistemáticas, metanálises e estudos empíricos que examinassem pelo menos um dos seguintes eixos: utilização de inteligência artificial em processos educacionais; formação docente para IA; aprendizagem colaborativa apoiada por tecnologias; utilização pedagógica de dados provenientes de plataformas; ecossistemas digitais e governança; efeitos da IA sobre resultados educacionais; ou competências necessárias à integração responsável das tecnologias. Trabalhos puramente técnicos sobre desenvolvimento algorítmico sem aplicação pedagógica foram excluídos da síntese central, assim como pesquisas sobre inteligência artificial em setores não educacionais.

A análise foi organizada em seis categorias: **ecossistema e infraestrutura**, compreendendo a integração dos sistemas e a governança; **agência docente**, incluindo planejamento, tomada de decisões e formação; **inteligência artificial pedagógica**, abrangendo geração, adaptação e feedback; **plataformas interativas e aprendizagem colaborativa**; **dados e aprendizagem analítica**; e **ética, equidade e sustentabilidade**. O objetivo foi identificar não apenas benefícios relatados, mas também condições moderadoras e limitações.

Um cuidado metodológico especial foi adotado diante da rapidez de expansão da literatura sobre IA generativa. Resultados obtidos em contextos universitários não foram automaticamente generalizados para a educação básica. Por exemplo, a metanálise de Chen e Cheung (2025), que sintetizou 57 estudos e 97 estimativas no ensino superior, encontrou efeito global elevado da IA generativa sobre resultados de aprendizagem, mas sua população foi constituída por universitários e apresentou grande heterogeneidade entre desfechos e contextos. Por esse motivo, tais resultados foram considerados evidência do potencial em determinadas condições, e não prova de que efeitos equivalentes ocorram em crianças e adolescentes.

Essa cautela é reforçada por metanálise de 2025 sobre inteligência artificial e desempenho acadêmico, que selecionou 29 estudos empíricos e examinou diferentes moderadores, incluindo nível educacional, duração, estratégia e função desempenhada pela IA. O próprio foco nos moderadores demonstra que “IA” não constitui uma intervenção única: tutoria adaptativa, chatbots, sistemas de recomendação e modelos generativos produzem experiências

pedagógicas diferentes e devem ser avaliados segundo função, contexto e desenho.

A revisão também seguiu o princípio de diferenciar **uso de IA por professores, uso por estudantes e uso institucional**. No primeiro caso, as ferramentas podem apoiar planejamento, produção de materiais e análise. No segundo, interferem diretamente na atividade cognitiva, autoria e aprendizagem. No terceiro, podem atuar em sistemas de gestão, análise e tomada de decisões. Os benefícios, riscos e requisitos de supervisão são diferentes em cada situação.

Não foram inventadas contagens de registros para construir um fluxograma PRISMA específico deste manuscrito. Uma revisão sistemática PRISMA integralmente auditável exigiria exportação de todas as buscas em bases previamente registradas, deduplicação e registro individual da triagem. Os números apresentados ao longo deste artigo correspondem exclusivamente aos estudos e revisões consultados e são preservados conforme publicados por seus autores. Essa opção evita produzir uma aparência de rigor metodológico sustentada por contagens que não foram efetivamente executadas.

3. ECOSSISTEMAS DIGITAIS EDUCACIONAIS: DA PRESENÇA DE FERRAMENTAS À INTEGRAÇÃO PEDAGÓGICA

O conceito de ecossistema digital educacional parte da compreensão de que os recursos tecnológicos não funcionam de maneira isolada. Uma escola pode possuir plataforma de gestão, sistema de notas, ambiente virtual de aprendizagem, ferramentas de videoconferência e inteligência artificial sem que exista

integração entre eles. Professores podem inserir a mesma informação em diferentes sistemas, estudantes podem manter múltiplas credenciais e dados importantes podem permanecer fragmentados. Nesse caso existe grande quantidade de tecnologia, mas baixa coerência do ecossistema.

A OCDE propõe que um ecossistema digital efetivo combine ferramentas de administração, ensino, aprendizagem e avaliação com competências humanas, governança e mecanismos de interoperabilidade. O *Digital Education Outlook 2023* mostra que a transformação digital depende precisamente da capacidade de relacionar esses componentes e construir sistemas confiáveis, úteis e equitativos. Essa formulação é especialmente importante para evitar que políticas públicas avaliem maturidade digital pelo número de licenças adquiridas ou de plataformas disponibilizadas.

Do ponto de vista pedagógico, um ecossistema coerente precisa começar pelos objetivos de aprendizagem. A pergunta inicial não deve ser “como podemos utilizar inteligência artificial nesta aula?”, mas “qual problema pedagógico estamos tentando resolver e existe uma tecnologia adequada para ajudar?”. Esse deslocamento reduz o chamado solucionismo tecnológico, no qual uma ferramenta é adquirida primeiro e sua finalidade educacional é procurada posteriormente.

Uma plataforma colaborativa pode ser apropriada quando se deseja produção coletiva, revisão entre pares ou compartilhamento de evidências. Um sistema adaptativo pode ser útil quando estudantes necessitam de exercícios diferenciados e o modelo possui qualidade comprovada. Uma ferramenta generativa pode ajudar o professor a produzir versões iniciais de exemplos ou materiais que

posteriormente serão revisados. Nenhuma dessas situações justifica que todos os recursos sejam utilizados permanentemente.

A interoperabilidade constitui outro componente. Sistemas que não se comunicam aumentam carga administrativa e podem impedir que informações úteis acompanhem o estudante. Todavia, integração tecnológica também amplia riscos quando produz circulação indiscriminada de dados. A arquitetura do ecossistema precisa observar minimização, finalidade, segurança e acesso proporcional, evitando que a busca por personalização resulte em perfis excessivamente invasivos.

O ecossistema também possui uma dimensão social. Professores desenvolvem práticas coletivamente, estudantes aprendem por interação e gestores criam condições de trabalho. Uma plataforma não transforma uma cultura institucional fragmentada em colaboração. Ferramentas podem facilitar compartilhamento, mas confiança, tempo de planejamento e objetivos comuns permanecem necessários.

Por isso, a transformação digital precisa incluir desenvolvimento organizacional. Professores precisam de tempo para experimentar, discutir resultados e revisar atividades. Implementar uma nova ferramenta sem ajustar carga de trabalho pode aumentar estresse e produzir adoção superficial.

A inteligência artificial torna esse problema mais urgente porque reduz o tempo necessário para produzir determinados materiais, mas cria nova tarefa de verificação. Gerar dez questões pode levar segundos; avaliar se estão corretas, alinhadas aos objetivos, livres de

ambiguidade e adequadas ao nível dos estudantes continua exigindo julgamento profissional.

O ganho de produtividade não deve, portanto, ser confundido com eliminação do trabalho docente. Em determinadas tarefas, a IA desloca o esforço: menos tempo na produção inicial, maior atenção à curadoria, verificação e adaptação.

4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO TECNOLOGIA DE APOIO AO TRABALHO PEDAGÓGICO

A IA generativa ampliou dramaticamente a capacidade de professores produzirem materiais. Um modelo de linguagem pode sugerir exemplos, apresentar diferentes níveis de explicação, criar perguntas, estruturar rubricas, propor situações-problema ou oferecer uma primeira versão de feedback. Essa flexibilidade ajuda a explicar o intenso interesse das instituições e dos próprios professores.

Entretanto, a principal diferença entre utilização profissional e utilização automática está na capacidade de verificar as saídas. Modelos generativos produzem texto com base em padrões probabilísticos e não possuem garantia intrínseca de verdade. Podem fornecer explicações incorretas ou inventar referências com linguagem aparentemente segura. A competência docente para IA precisa, portanto, incluir avaliação epistemológica.

A UNESCO coloca essa questão no centro de seu marco de competências. Professores precisam conhecer princípios básicos da tecnologia, reconhecer limitações, avaliar implicações éticas e integrar a IA apenas quando houver justificativa pedagógica. Essa abordagem é superior à mera capacitação em *prompts*, porque uma

pessoa pode dominar técnicas de comando e continuar sem compreender quando não deve utilizar a ferramenta.

O planejamento é uma das aplicações mais plausíveis. O professor pode solicitar diferentes abordagens para introduzir um tema, comparar sugestões e selecionar aquilo que considera apropriado. A IA funciona como geradora de alternativas e não como autora definitiva do plano.

Na diferenciação, pode criar versões de uma atividade com diferentes graus de apoio. Todavia, isso requer atenção para que diferenciação não se transforme em redução permanente da complexidade para determinados estudantes. Sistemas automatizados podem reproduzir expectativas baixas se forem alimentados por dados históricos ou instruídos de forma inadequada.

O feedback constitui aplicação promissora e sensível. Modelos podem apontar padrões ou sugerir comentários, mas feedback pedagógico envolve compreender intenção, trajetória e contexto do estudante. A automação completa corre o risco de transformar respostas formativas em observações genéricas.

Quando utilizada diretamente pelos estudantes, a IA gera desafios adicionais. Ela pode funcionar como tutora disponível para explicações, mas também pode produzir respostas completas que eliminam parte da atividade cognitiva originalmente pretendida. O valor depende do desenho da tarefa.

Uma atividade que pede apenas um resumo facilmente produzível por IA torna-se vulnerável à terceirização. Em contraste, atividades que exigem comparar a resposta do modelo com fontes, identificar

falhas, justificar escolhas ou aplicar conceitos a experiências específicas podem incorporar a própria IA como objeto de análise.

Assim, o problema não é simplesmente detectar utilização. A avaliação educacional precisa reconsiderar quais evidências de aprendizagem deseja obter.

A revisão de Alfarwan mostra justamente que os usos empíricos na educação básica ainda se concentram em áreas e níveis específicos e que a investigação é recente. Marzano chega a conclusão semelhante ao mapear a produção sobre IA generativa no ensino básico. Não existe base científica suficiente para defender substituição ampla de práticas consolidadas por sistemas generativos.

Esse cuidado é ainda mais importante com crianças pequenas. Sistemas conversacionais podem produzir linguagem inadequada, armazenar dados ou criar relações antropomórficas que exigem supervisão. A UNESCO recomenda abordagens apropriadas à idade e atenção especial ao uso independente por menores.

A autonomia do estudante também precisa ser preservada. Um sistema excessivamente diretivo pode antecipar respostas e reduzir a tolerância produtiva à dificuldade. Aprender envolve períodos de incerteza e esforço; uma ferramenta projetada para eliminar toda fricção pode paradoxalmente retirar oportunidades cognitivas relevantes.

A integração mais consistente ocorre quando a IA amplia a capacidade humana sem assumir decisões que exigem responsabilidade pedagógica. Isso inclui auxiliar na exploração de

alternativas, automatizar tarefas repetitivas e oferecer informações que o professor posteriormente interpreta.

5. PLATAFORMAS INTERATIVAS, APRENDIZAGEM COLABORATIVA E AUTORIA

Plataformas interativas transformaram as possibilidades de colaboração ao permitir que estudantes escrevam conjuntamente, comentem produções, compartilhem fontes e construam objetos digitais em diferentes tempos e espaços. Contudo, uma distinção entre cooperação operacional e aprendizagem colaborativa precisa ser mantida.

Um grupo pode dividir um trabalho em partes independentes e posteriormente juntar os arquivos. Essa organização constitui cooperação, mas oferece pouca construção conjunta de significados. A aprendizagem colaborativa pressupõe maior interdependência intelectual, na qual participantes precisam discutir argumentos, explicar ideias e revisar compreensões.

A tecnologia pode facilitar esse processo quando oferece ferramentas adequadas. A revisão de Chen e Chen sobre investigação colaborativa apoiada por tecnologia mostra como sistemas digitais podem apoiar etapas de questionamento, coleta e discussão de evidências em contextos escolares. O benefício depende, entretanto, da estrutura pedagógica.

Papéis podem ajudar grupos a distribuir participação sem cristalizar hierarquias. Um estudante pode ser responsável por evidências, outro por síntese e outro por questionar explicações, com alternância ao longo do projeto. Plataformas permitem acompanhar revisões e tornar os processos visíveis.

Essa visibilidade pode ser útil para avaliação formativa. Em vez de julgar apenas produto final, o professor observa como ideias foram modificadas. Entretanto, rastrear cada ação levanta questões de privacidade e vigilância. Nem todo dado tecnicamente disponível deve ser utilizado para avaliação.

A autoria merece atenção especial na era generativa. Plataformas tradicionais facilitavam autoria colaborativa entre humanos; agora é possível que sistemas produzam parte substancial do material. Torna-se necessário distinguir assistência de substituição.

Utilizar IA para revisar clareza após produzir um texto envolve relação diferente de solicitar geração integral. A escola precisa construir regras compreensíveis e alinhadas aos objetivos de aprendizagem.

Proibições absolutas podem ser difíceis de sustentar em ambientes onde as tecnologias estão amplamente acessíveis, enquanto permissividade total dificulta avaliação. Uma alternativa é definir explicitamente em cada atividade os tipos de uso aceitáveis e exigir transparência quando a IA participar de etapas relevantes.

A autoria não deve ser entendida apenas juridicamente, mas pedagogicamente. O principal interesse do professor é saber quais operações intelectuais o estudante realizou.

Se a IA produziu determinado resultado, a avaliação pode solicitar que o estudante explique, critique, corrija ou transforme o material. Dessa forma, o artefato deixa de ser a única evidência da aprendizagem.

6. DADOS EDUCACIONAIS E LEARNING ANALYTICS: DA VISUALIZAÇÃO À DECISÃO PEDAGÓGICA

A expansão das plataformas criou uma quantidade sem precedentes de dados sobre processos educacionais. Sistemas registram respostas, acessos, tentativas, atividades e interações. Esses registros podem oferecer informações relevantes sobre padrões que seriam difíceis de perceber somente pela observação direta, mas não são equivalentes a conhecimento pedagógico.

A revisão de Hase e Kuhl demonstra que professores podem utilizar dados de plataformas para compreender desempenho, dificuldades e necessidades e ajustar planejamento, mas a utilização pedagógica é condicionada por características do sistema e pelas competências do professor. Um painel pode informar que um estudante realizou três tentativas; somente o professor, relacionado a outras evidências, consegue interpretar se isso representa persistência, dificuldade conceitual ou problema de interface.

Os dados digitais possuem outro problema: registram aquilo que a plataforma consegue observar. Um estudante pode aprender conversando com colega, lendo um livro físico ou pensando sobre um problema sem deixar qualquer rastro digital.

Consequentemente, o dado de plataforma é uma representação parcial da aprendizagem. Políticas de personalização algorítmica tornam-se problemáticas quando tratam esse fragmento como descrição integral do estudante.

Painéis de *learning analytics* procuram tornar dados compreensíveis, mas as visualizações podem induzir interpretações inadequadas. A revisão de Paulsen e Lindsay mostra uma evolução em direção a

painéis mais preocupados com processos de aprendizagem, e não apenas com análise quantitativa, mas também evidencia que o desenho pedagógico continua sendo um desafio.

Um bom painel deve permitir ação e não somente exibir informação. Saber que 40% da turma errou uma questão é útil quando o professor consegue identificar o conceito associado e planejar nova abordagem.

Modelos de IA podem sintetizar esses dados, mas introduzem camada adicional de opacidade. Se o sistema recomenda que um estudante seja classificado em determinado nível, o professor precisa compreender quais informações sustentaram a recomendação.

Decisões de alto impacto não deveriam depender de algoritmos inescrutáveis. Classificação, encaminhamento ou avaliação final exigem supervisão humana robusta e possibilidade de contestação.

A utilização de dados deve, portanto, obedecer a um princípio de proporcionalidade. Quanto maior a consequência educacional de uma decisão, maior deve ser a exigência de transparência, validação e supervisão.

7. FORMAÇÃO DOCENTE E DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL NA ERA DA IA

Nenhum ecossistema digital educacional é sustentável quando a formação dos professores permanece limitada a treinamentos esporádicos sobre funcionamento de ferramentas. A velocidade das mudanças torna inviável basear a competência profissional em domínio de uma marca específica. Professores precisam desenvolver

competências transferíveis: avaliar ferramentas, analisar seus pressupostos, compreender dados, verificar conteúdos, escolher quando automatizar e preservar decisões pedagógicas.

A UNESCO estrutura essa formação em mentalidade centrada no ser humano, ética, fundamentos da IA, pedagogia e aprendizagem profissional. Essa organização reconhece que competência tecnológica sem valores e julgamento profissional pode ampliar riscos.

A revisão sistemática sobre IA e desenvolvimento profissional publicada em 2025 mostra que formação específica continua sendo campo emergente. Li, Wang e Chen identificaram apenas dezesseis estudos sobre programas de desenvolvimento profissional integrando IA até 2024, reforçando o caráter recente da base empírica.

A revisão de 2026 sobre necessidades de formação de professores da educação básica sintetizou 43 estudos e concluiu que treinamento técnico isolado não é suficiente; integração eficaz depende também de conhecimento pedagógico, atitudes, apoio organizacional, alfabetização em IA e uso ético.

Esses resultados possuem consequência prática: cursos que ensinam apenas a gerar planos ou perguntas com IA tendem a envelhecer rapidamente. Uma formação consistente precisa incluir análise crítica de respostas, comparação de ferramentas e discussão de casos reais.

O desenvolvimento profissional pode ser colaborativo. Professores podem compartilhar *prompts*, mas principalmente discutir por que

determinado uso melhorou ou prejudicou uma atividade. O foco passa da ferramenta para o raciocínio pedagógico.

Comunidades profissionais digitais também podem facilitar intercâmbio entre escolas e regiões, reduzindo isolamento. Contudo, a qualidade da colaboração depende da existência de tempo institucional e reconhecimento profissional.

A formação inicial precisa igualmente incorporar IA. Futuros professores já encontrarão ambientes automatizados ao ingressarem na profissão, e evitar a discussão durante a graduação não os protege dos riscos.

Ao mesmo tempo, currículos não devem ser capturados pela tecnologia do momento. Fundamentos de currículo, avaliação, didática, psicologia da aprendizagem e conhecimento disciplinar permanecem indispensáveis para avaliar qualquer inovação futura.

O professor precisa compreender IA o suficiente para não ser subordinado a ela. Quanto menos conhece o funcionamento e as limitações, maior a tendência de aceitar suas respostas como autoridade.

Alfabetização em IA envolve reconhecer que modelos podem errar, refletir vieses dos dados e produzir conteúdos plausíveis sem garantia de validade.

Inclui também entender que sistemas são produtos sociotécnicos desenvolvidos por organizações com interesses, políticas de dados e modelos econômicos determinados.

Essa dimensão crítica protege a profissão de uma adoção meramente instrumental.

8. ÉTICA, PRIVACIDADE, DESIGUALDADES E AUTONOMIA HUMANA

A transformação digital pode ampliar oportunidades e desigualdades simultaneamente. Estudantes com maior conectividade, equipamentos e apoio podem obter benefícios adicionais de plataformas e IA, enquanto aqueles em contextos de infraestrutura precária enfrentam acesso irregular.

Essa diferença não se limita à disponibilidade física. Existe uma segunda camada relacionada à qualidade do uso. Duas escolas podem possuir a mesma ferramenta e utilizá-la de maneiras radicalmente diferentes conforme formação e condições de trabalho.

A equidade digital exige, portanto, infraestrutura e capacidade. A OCDE destaca esse problema entre os riscos centrais da transformação digital.

Privacidade constitui outra dimensão. Plataformas educacionais podem coletar dados detalhados de menores, incluindo comportamento, desempenho e padrões de interação.

A UNESCO recomenda proteção explícita dos dados e validação institucional das ferramentas. Uma aplicação gratuita pode parecer atraente e, ao mesmo tempo, possuir políticas de dados incompatíveis com o contexto educacional.

Escolas não deveriam transferir aos professores individualmente toda a responsabilidade de avaliar contratos e políticas complexas. A governança precisa ocorrer no nível institucional e sistêmico.

Vieses são igualmente relevantes. Sistemas treinados em grandes bases podem reproduzir estereótipos culturais e linguísticos, gerar representações desequilibradas e apresentar menor qualidade em contextos pouco representados.

Professores precisam ser preparados para identificar esses problemas e utilizá-los pedagogicamente quando apropriado, mostrando aos estudantes que respostas de IA não constituem verdades neutras.

A sustentabilidade ambiental começa a adquirir relevância adicional. Modelos computacionais de grande escala demandam infraestrutura energética e material, e a expansão indiscriminada de sistemas generativos possui custos ambientais.

O marco da UNESCO inclui sustentabilidade entre os princípios orientadores das competências docentes, sugerindo que as escolhas tecnológicas devem considerar não apenas eficiência imediata, mas impactos mais amplos.

A autonomia humana é talvez o princípio mais importante. Um ecossistema educacional não é melhor porque contém maior quantidade de automação, mas porque amplia a capacidade das pessoas de aprender, ensinar e tomar decisões qualificadas.

A automação precisa ser submetida a esse critério.

9. RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA E DISCUSSÃO INTEGRADA

A primeira conclusão decorrente da literatura analisada é que **ecossistemas digitais efetivos são sistemas sociotécnicos e não coleções de ferramentas**. O modelo da OCDE explicita que infraestrutura, gestão, tecnologias de aprendizagem e componentes humanos precisam funcionar de maneira articulada. Essa perspectiva muda radicalmente a lógica das políticas educacionais: adquirir software é apenas uma etapa e não pode ser utilizado isoladamente como indicador de inovação.

A segunda conclusão é que **a inteligência artificial apresenta potencial pedagógico real, mas a base de evidências varia significativamente por nível de ensino e tipo de aplicação**. Metanálises no ensino superior encontram efeitos favoráveis em determinados resultados, enquanto revisões da educação básica demonstram campo mais recente e heterogêneo. Assim, afirmar genericamente que “a IA melhora a aprendizagem” constitui extrapolação indevida.

A terceira conclusão é que **o desenho pedagógico funciona como mediador fundamental**. Uma mesma ferramenta pode fornecer apoio ou produzir dependência conforme a maneira como a atividade é organizada.

A quarta conclusão é que **professores permanecem agentes centrais da integração tecnológica**. As principais organizações internacionais e revisões de desenvolvimento profissional convergem ao defender manutenção da agência docente.

A quinta conclusão é que **a formação precisa combinar tecnologia e pedagogia**. Treinar comandos não substitui conhecimento profissional. A revisão TPACK sobre formação em IA reforça justamente a necessidade dessa integração.

A sexta conclusão é que **plataformas colaborativas oferecem maior valor quando atividades exigem interdependência intelectual**. Simples compartilhamento de arquivos não assegura colaboração. A investigação colaborativa apoiada por tecnologia mostra resultados promissores quando ferramentas estão inseridas em processos organizados de produção conjunta de conhecimento.

A sétima conclusão é que **dados educacionais não possuem significado pedagógico independente da interpretação**. A revisão de Hase e Kuhl demonstra o potencial das plataformas para planejamento, mas também a importância de competências docentes.

A oitava conclusão é que **learning analytics precisa ser orientada à aprendizagem e não somente à visualização**. Painéis precisam apoiar decisões e reflexão, evitando transformar estudantes em conjuntos de métricas.

A nona conclusão é que **IA generativa modifica o problema da autoria**. Educação precisa desenvolver regras transparentes sobre quando assistência automatizada é aceitável e quais evidências de aprendizagem serão avaliadas.

A décima conclusão é que **tarefas escolares precisam ser redesenhadas**. Atividades que solicitam apenas produtos facilmente geráveis por modelos terão capacidade reduzida de demonstrar aprendizagem.

A décima primeira conclusão é que **avaliação deve valorizar processos, justificativas e capacidade crítica**. Pedir que estudantes expliquem ou corrijam uma resposta produzida por IA pode fornecer evidência mais rica que avaliar exclusivamente o texto final.

A décima segunda conclusão é que **competência em IA é também competência ética**. Privacidade, vieses, autoria, inclusão e sustentabilidade fazem parte do uso educacional e não podem ser acrescentados ao final de um curso técnico.

A décima terceira conclusão é que **a governança não deve ser delegada ao professor individualmente**. Sistemas educacionais precisam criar critérios institucionais para seleção de ferramentas, proteção de dados e uso responsável.

A décima quarta conclusão é que **o uso de IA por crianças e adolescentes requer adequação etária e supervisão diferenciada**, conforme alertado pela UNESCO.

A décima quinta conclusão é que **a inteligência artificial pode ampliar a capacidade docente sem substituir a responsabilidade profissional**. Produção inicial de materiais, comparação de alternativas e síntese de informações são tarefas plausíveis; decisões sobre objetivos e avaliação permanecem humanas.

A décima sexta conclusão é que **formação contínua é mais apropriada que treinamentos isolados**, porque tecnologias mudam rapidamente e competência depende de adaptação. Revisões de desenvolvimento profissional digital sustentam essa direção.

A décima sétima conclusão é que **comunidades profissionais de aprendizagem podem funcionar como componente essencial do ecossistema**, permitindo experimentação e avaliação coletiva dos recursos.

A décima oitava conclusão refere-se à **equidade**. A transformação digital pode reduzir ou ampliar desigualdades dependendo do acesso, formação e desenho institucional.

A décima nona conclusão é que **automação deve ser avaliada pelo valor pedagógico que gera e não pela quantidade de tarefas que substitui**. Reduzir carga burocrática pode liberar tempo para interação docente, um potencial reconhecido pela OCDE.

A vigésima conclusão é que **os ecossistemas digitais precisam ser avaliados continuamente**. Ferramentas que hoje apresentam bom desempenho podem mudar seus modelos, políticas ou funcionamento; avaliação institucional não deve ser realizada uma única vez.

10. PROPOSTA DE UM MODELO DE ECOSSISTEMA COLABORATIVO DIGITAL

A partir da literatura analisada, propõe-se compreender um ecossistema colaborativo digital educacional por meio de seis dimensões interdependentes: intencionalidade pedagógica, agência humana, infraestrutura e interoperabilidade, colaboração, inteligência de dados e governança ética. A tecnologia somente produz transformação quando essas dimensões encontram-se suficientemente articuladas.

A **intencionalidade pedagógica** constitui o primeiro filtro. Antes de utilizar qualquer recurso, o professor ou instituição deve identificar o objetivo, o problema e a vantagem específica da tecnologia. Se a atividade pode ser realizada melhor sem o sistema, sua inclusão não possui justificativa apenas porque está disponível.

A **agência humana** estabelece que professores e estudantes não devem ser colocados em posição de submissão às recomendações automatizadas. O professor decide, valida e assume responsabilidade; o estudante precisa compreender que sistemas são ferramentas, não autoridades incontestáveis.

A terceira dimensão é **infraestrutura e interoperabilidade**. Tecnologias precisam ser acessíveis, estáveis e integradas o suficiente para não transformar a experiência educacional em sucessão de plataformas desconectadas.

A quarta dimensão é a **colaboração**. Sistemas devem ampliar possibilidades de interação entre professores, entre estudantes e entre diferentes atores educacionais. A colaboração com IA deve permanecer funcionalmente subordinada às decisões humanas.

A quinta dimensão corresponde à **inteligência de dados**. Informações geradas pelas plataformas precisam ser compreensíveis, pedagogicamente relevantes e utilizadas proporcionalmente.

A sexta é a **governança ética**, envolvendo privacidade, transparência, equidade, segurança, autoria e sustentabilidade.

O modelo pode ser utilizado pelas instituições para avaliar novas tecnologias. Em vez de perguntar apenas se a ferramenta possui

determinada funcionalidade, devem ser feitas questões sobre objetivo, evidência, acesso, dados, responsabilidade e impacto sobre a prática.

Essa avaliação pode reduzir aquisições motivadas exclusivamente por tendências comerciais.

11. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A principal limitação desta revisão decorre da rapidez com que o objeto se transforma. Ferramentas de IA generativa amplamente utilizadas em 2026 possuem capacidades significativamente diferentes daquelas existentes em 2023, enquanto a pesquisa científica exige tempo de publicação. Portanto, conclusões sobre plataformas específicas envelhecem mais rapidamente que princípios pedagógicos e éticos.

A segunda limitação é a heterogeneidade das tecnologias agrupadas sob a expressão “inteligência artificial”. Sistemas generativos, adaptativos, classificadores e tutores inteligentes não realizam a mesma função. Resultados de um tipo não podem ser transferidos automaticamente aos demais.

A terceira limitação corresponde à concentração da evidência em determinados contextos. A revisão de Alfarwan demonstra concentração dos estudos K-12 em ensino médio e áreas específicas. Essa distribuição limita conclusões sobre Educação Infantil e primeiros anos.

A quarta limitação consiste na predominância de estudos de curto prazo. Mudanças iniciais de engajamento podem decorrer da novidade tecnológica e não persistir longitudinalmente.

A quinta limitação envolve medidas de resultados. Desempenho acadêmico é relevante, mas não captura integralmente autonomia, autoria, pensamento crítico ou dependência tecnológica.

A sexta limitação é metodológica. Embora o manuscrito utilize uma estratégia sistemática e esteja fundamentado prioritariamente em revisões sistemáticas e metanálises, não foi produzido um fluxo PRISMA próprio mediante exportação e deduplicação de todos os registros. Em respeito à integridade científica, nenhum número artificial de registros foi inserido.

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida neste estudo permite concluir que a consolidação de ecossistemas colaborativos digitais na educação não pode ser compreendida como simples processo de incorporação de novas ferramentas tecnológicas ao cotidiano escolar, pois a presença de plataformas interativas, sistemas de análise de dados e recursos de inteligência artificial somente adquire significado educacional quando articulada a objetivos pedagógicos claramente definidos, à atuação crítica dos professores, à participação ativa dos estudantes e a estruturas institucionais capazes de assegurar condições adequadas de infraestrutura, formação, governança e proteção de direitos. A transformação digital da educação exige, portanto, uma mudança de perspectiva: em vez de avaliar a inovação pelo número de dispositivos, licenças, aplicativos ou funcionalidades disponíveis, torna-se necessário examinar se esses recursos efetivamente ampliam as possibilidades de ensinar, aprender, colaborar, acompanhar dificuldades, produzir conhecimento e construir experiências educacionais mais inclusivas. Essa compreensão desloca o debate de uma lógica centrada na

tecnologia para uma abordagem sociotécnica, na qual pessoas, instituições, práticas pedagógicas, dados e sistemas computacionais formam uma arquitetura interdependente. A literatura analisada demonstra que a simples digitalização de atividades anteriormente realizadas em outros suportes não garante transformação pedagógica, assim como a utilização de inteligência artificial para automatizar tarefas não constitui necessariamente inovação quando os objetivos, os métodos e as formas de interação permanecem inalterados. A contribuição dos recursos digitais depende fundamentalmente da maneira pela qual são integrados às práticas de ensino e da capacidade institucional de avaliar continuamente seus resultados, suas limitações e seus possíveis efeitos não previstos.

Nesse contexto, a inteligência artificial precisa ser interpretada como tecnologia de apoio à atividade educacional e não como substituta da agência docente. A rápida expansão dos modelos generativos ampliou consideravelmente as possibilidades de produção de materiais, criação de exemplos, elaboração de questões, adaptação de explicações, organização de informações e geração inicial de feedback, mas também introduziu riscos relacionados à produção de informações incorretas, referências inexistentes, vieses, respostas excessivamente simplificadas e conteúdos aparentemente confiáveis que não resistem à verificação. Por essa razão, a capacidade de gerar respostas rapidamente não pode ser confundida com autoridade pedagógica ou epistemológica. O professor continua sendo responsável por definir objetivos de aprendizagem, selecionar conteúdos, avaliar a adequação de materiais, interpretar o contexto da turma, decidir quando determinada tecnologia deve ou não ser utilizada e verificar a validade das informações produzidas. Em vez de diminuir a

importância da profissão docente, a presença crescente da inteligência artificial torna ainda mais necessário um profissional capaz de exercer julgamento crítico sobre aquilo que os sistemas oferecem. A tecnologia pode reduzir o tempo empregado em determinadas etapas do planejamento, mas essa economia somente se converte em ganho educacional quando o tempo liberado é utilizado para atividades de maior valor pedagógico, como acompanhamento dos estudantes, análise de dificuldades, elaboração de intervenções, interação em sala de aula e reflexão sobre a própria prática. A ideia de complementaridade entre inteligência humana e capacidade computacional mostra-se, portanto, mais consistente do que qualquer perspectiva baseada em substituição generalizada dos professores por sistemas automatizados.

A formação docente emerge, nesse cenário, como uma das condições mais importantes para a sustentabilidade dos ecossistemas digitais. A literatura examinada demonstra que treinamentos concentrados exclusivamente no funcionamento de ferramentas ou em técnicas específicas de elaboração de comandos possuem alcance limitado, especialmente diante da rapidez com que as plataformas e modelos de inteligência artificial são atualizados. Uma formação consistente precisa desenvolver competências transferíveis, capazes de permanecer relevantes mesmo quando as tecnologias mudarem, incluindo compreensão dos fundamentos e limitações da inteligência artificial, análise crítica das respostas produzidas, avaliação da qualidade das fontes, conhecimento sobre privacidade e proteção de dados, reconhecimento de vieses, reflexão sobre autoria e integridade acadêmica, domínio de estratégias pedagógicas e capacidade de decidir se determinada aplicação efetivamente acrescenta valor ao

processo educativo. A formação precisa também ser contínua e articulada ao cotidiano das instituições, permitindo que professores experimentem ferramentas, analisem casos concretos, comparem resultados, compartilhem dificuldades e discutam coletivamente as implicações das mudanças tecnológicas. Nessa perspectiva, comunidades profissionais de aprendizagem podem desempenhar papel relevante, pois a experiência acumulada por diferentes docentes constitui uma fonte de conhecimento capaz de complementar orientações técnicas e pesquisas acadêmicas. A formação inicial igualmente precisa incorporar esses debates, não para vincular futuros professores a uma plataforma específica, mas para prepará-los a avaliar criticamente tecnologias que provavelmente continuarão se transformando durante toda a carreira.

As plataformas interativas apresentam potencial significativo para ampliar colaboração, autoria e comunicação, mas a literatura também demonstra que a simples existência de espaços digitais compartilhados não produz automaticamente aprendizagem colaborativa. Um grupo pode utilizar uma plataforma conjunta e ainda realizar tarefas de maneira fragmentada, sem discutir ideias, justificar escolhas ou construir conhecimento coletivamente. A colaboração educacional exige desenho pedagógico que estabeleça problemas comuns, interdependência entre os participantes, oportunidades de argumentação, revisão e negociação de significados, além de critérios claros de participação. Nesse sentido, as tecnologias digitais podem ampliar a visibilidade dos processos de aprendizagem, permitindo que professores acompanhem revisões, contribuições e trajetórias de construção de um produto, mas essa possibilidade precisa ser utilizada com prudência para que acompanhamento não se transforme em vigilância excessiva. A

emergência da inteligência artificial generativa também exige revisão do conceito de autoria, uma vez que estudantes podem produzir trabalhos com diferentes graus de assistência automatizada. Em vez de depender exclusivamente de proibições genéricas ou de sistemas de detecção cuja precisão pode ser limitada, as instituições precisam construir regras transparentes sobre quais tipos de utilização são permitidos em cada atividade, quais formas de assistência precisam ser declaradas e quais evidências serão consideradas para verificar que o estudante efetivamente realizou as operações intelectuais esperadas. Avaliações baseadas em justificativas, etapas intermediárias, explicações orais, comparação de fontes, análise crítica de respostas geradas e reflexão sobre o processo podem tornar-se particularmente relevantes em ambientes nos quais o produto final, isoladamente, já não constitui evidência suficiente de autoria ou aprendizagem.

Outro resultado fundamental refere-se à crescente importância dos dados educacionais produzidos pelas plataformas digitais. Ambientes virtuais de aprendizagem, sistemas adaptativos e plataformas de avaliação podem registrar informações sobre respostas, tentativas, frequência de acesso, tempo de realização e progressão em determinadas atividades, oferecendo ao professor elementos adicionais para compreender padrões de desempenho e identificar dificuldades. Entretanto, a análise realizada demonstra que dados não possuem significado pedagógico automático. Um indicador de baixo desempenho pode resultar de dificuldade conceitual, ausência, problema de interface, pouca familiaridade com o sistema ou inúmeras outras condições que não podem ser inferidas exclusivamente por um algoritmo. Por isso, informações digitais precisam ser trianguladas com observação docente,

produções dos estudantes, diálogo em sala de aula e outros instrumentos de acompanhamento. A aprendizagem não se reduz àquilo que uma plataforma consegue registrar, pois grande parte dos processos cognitivos e sociais ocorre fora dos rastros digitais. A utilização responsável de *learning analytics* exige, assim, dashboards compreensíveis, indicadores pedagogicamente relevantes e sistemas que auxiliem decisões sem impor classificações automáticas. Quanto maior a consequência de uma decisão para a trajetória do estudante, maior deve ser a exigência de transparência, possibilidade de revisão e supervisão humana. A personalização baseada em dados pode contribuir para oferecer apoio diferenciado, mas não deve cristalizar estudantes em categorias fixas nem transformar desempenho passado em previsão determinista de capacidade futura.

A dimensão ética precisa ocupar posição estrutural, e não complementar, na construção desses ecossistemas. A utilização educacional de inteligência artificial e plataformas digitais envolve coleta e processamento de informações potencialmente sensíveis, especialmente quando os usuários são crianças e adolescentes, razão pela qual escolas e sistemas educacionais devem assumir responsabilidade institucional pela seleção, contratação e avaliação das tecnologias adotadas. Não é razoável transferir individualmente aos professores a obrigação de interpretar termos de uso complexos, políticas de privacidade ou práticas de armazenamento de dados de empresas de tecnologia. A governança precisa estabelecer critérios de finalidade, proporcionalidade, segurança, transparência e acesso, assegurando que a busca por personalização não produza monitoramento excessivo dos estudantes. Também devem ser considerados os vieses presentes nos sistemas de inteligência artificial, uma vez que modelos treinados em grandes conjuntos de

dados podem reproduzir estereótipos, representar determinados grupos de forma inadequada ou apresentar desempenho desigual em línguas e contextos menos representados. Essas limitações precisam integrar a própria educação digital, permitindo que estudantes compreendam que sistemas automatizados não são fontes neutras e que suas respostas devem ser examinadas criticamente. Dessa forma, alfabetização digital e alfabetização em inteligência artificial deixam de significar apenas saber utilizar ferramentas e passam a envolver compreensão sobre como essas tecnologias funcionam, quais interesses institucionais e econômicos as envolvem, quais dados utilizam e quais consequências sociais podem produzir.

A equidade constitui outra dimensão que não pode ser dissociada da transformação digital. O acesso a tecnologias continua distribuído de forma desigual entre escolas, regiões e grupos sociais, e a simples disponibilidade de uma plataforma não elimina diferenças relacionadas à conectividade, aos equipamentos, à qualidade da infraestrutura ou à capacidade de utilizá-la. Além disso, existe uma desigualdade menos visível, mas igualmente importante, relacionada à qualidade das práticas pedagógicas. Duas instituições podem utilizar o mesmo sistema e produzir experiências completamente diferentes conforme a formação dos professores, o apoio técnico disponível, o tempo destinado ao planejamento e a capacidade de integrar os recursos ao currículo. Políticas públicas que distribuam tecnologias sem oferecer condições de uso podem ampliar desigualdades em vez de reduzi-las. A inclusão digital precisa, portanto, combinar infraestrutura, acessibilidade, formação, suporte e critérios de utilização compatíveis com as necessidades dos estudantes. Recursos de inteligência artificial podem contribuir para tradução, adaptação textual, legendagem, apoio à leitura e

outras formas de acessibilidade, mas esses benefícios devem ser testados e validados para os públicos que pretendem atender, evitando pressupor que qualquer recurso automatizado produza inclusão apenas porque oferece uma funcionalidade adicional.

Os resultados também mostram que a incorporação da inteligência artificial exige repensar a própria relação entre tecnologia e esforço cognitivo. A educação não possui como objetivo eliminar toda dificuldade enfrentada pelo estudante, pois determinadas dificuldades constituem parte necessária da aprendizagem. Um sistema que oferece imediatamente a solução de um problema pode reduzir frustração, mas também pode retirar a oportunidade de formular hipóteses, cometer erros, revisar estratégias e construir autonomamente determinada compreensão. A questão pedagógica não é apenas verificar se a tecnologia consegue responder, mas identificar em qual momento a assistência melhora a aprendizagem e em qual momento substitui operações que deveriam ser realizadas pelo estudante. Essa distinção reforça a necessidade de manter o professor como mediador capaz de regular o grau de apoio oferecido. Ao mesmo tempo, a própria falibilidade da inteligência artificial pode ser transformada em oportunidade didática quando os estudantes são convidados a comparar respostas com fontes confiáveis, identificar erros, discutir vieses, reconstruir argumentos e justificar por que determinada informação é mais adequada do que outra. A integração crítica da IA, portanto, pode contribuir não apenas para eficiência, mas para o desenvolvimento de competências relacionadas à avaliação de informações, argumentação e pensamento crítico, desde que as atividades sejam concebidas intencionalmente para esse propósito.

A sustentabilidade dos ecossistemas digitais também depende de decisões institucionais que ultrapassam a sala de aula. Tecnologias educacionais estão vinculadas a fornecedores, contratos, modelos econômicos e atualizações que podem modificar preços, funcionalidades ou políticas de dados. Instituições que estruturam processos essenciais em torno de uma única plataforma podem tornar-se dependentes de decisões externas e enfrentar dificuldades para migrar dados ou modificar práticas posteriormente. A interoperabilidade, a portabilidade e a possibilidade de substituir tecnologias sem perda de informação precisam, portanto, fazer parte da governança. A sustentabilidade ambiental também merece atenção, especialmente diante do crescimento de modelos de inteligência artificial com elevada demanda computacional. Utilizar sistemas generativos para qualquer tarefa apenas porque estão disponíveis não constitui necessariamente uso racional dos recursos, e escolhas tecnológicas podem considerar proporcionalidade entre custo computacional, impacto ambiental e benefício educacional. Essa dimensão demonstra novamente que inovação responsável não significa maximizar o uso da tecnologia, mas selecionar criticamente situações em que ela oferece uma contribuição suficientemente relevante para justificar sua incorporação.

A análise conjunta das evidências permite propor que um ecossistema colaborativo digital pedagogicamente consistente deve combinar, de forma equilibrada, seis elementos: intencionalidade pedagógica, agência humana, infraestrutura adequada, colaboração efetiva, uso responsável de dados e governança ética. A intencionalidade pedagógica garante que as ferramentas sejam escolhidas a partir de problemas educacionais concretos; a agência humana preserva a responsabilidade dos professores e a participação intelectual dos estudantes; a infraestrutura assegura

condições materiais e interoperabilidade; a colaboração organiza tecnologias como meios para construção compartilhada de conhecimento; o uso responsável de dados transforma informações em apoio à decisão sem reduzir pessoas a métricas; e a governança ética estabelece limites e responsabilidades relacionados à privacidade, segurança, equidade, transparência e sustentabilidade. A ausência de qualquer uma dessas dimensões pode comprometer o conjunto. Uma plataforma tecnologicamente sofisticada, mas sem formação docente, pode permanecer subutilizada; um sistema altamente personalizado, mas opaco, pode produzir decisões injustificáveis; uma ferramenta colaborativa pode ser pouco útil quando a organização da atividade não exige colaboração; e um modelo generativo poderoso pode diminuir a qualidade da aprendizagem quando utilizado para substituir aquilo que o estudante deveria pensar e produzir.

Em razão da velocidade com que a inteligência artificial e as plataformas educacionais se transformam, este estudo também permite concluir que a avaliação precisa ser permanente. Não é suficiente testar uma ferramenta uma única vez e considerá-la definitivamente aprovada, pois seus modelos, interfaces, políticas de dados e funcionalidades podem ser modificados. Instituições precisam estabelecer ciclos de acompanhamento capazes de verificar efeitos sobre aprendizagem, carga de trabalho docente, participação dos estudantes, equidade, privacidade e dependência tecnológica. Projetos-piloto, avaliações formativas e parcerias entre universidades e redes de ensino podem contribuir para produzir evidências em contextos reais antes da expansão de determinadas soluções. A adoção gradual possui especial importância em um campo no qual o discurso comercial frequentemente antecipa a produção científica. A literatura disponível sobre inteligência artificial

generativa na educação básica ainda é relativamente recente e heterogênea, razão pela qual políticas amplas precisam evitar promessas definitivas sobre impactos que ainda não foram suficientemente demonstrados.

Conclui-se, portanto, que a integração entre educadores, inteligência artificial e plataformas interativas possui potencial relevante para fortalecer práticas pedagógicas, ampliar possibilidades de colaboração, apoiar planejamento, diversificar materiais, oferecer novas formas de acompanhamento e enriquecer processos de produção de conhecimento, mas esses benefícios não são propriedades automáticas das tecnologias. Eles dependem da qualidade do desenho pedagógico, das competências profissionais, da infraestrutura, da governança e da capacidade das instituições de manter a tecnologia subordinada às finalidades educacionais. A inteligência artificial não deve ocupar o lugar de autoridade pedagógica, assim como os dados digitais não devem substituir a compreensão do estudante como sujeito complexo e situado. O cenário mais consistente não é aquele em que professores e tecnologias competem pelo controle do processo educativo, mas aquele em que sistemas computacionais realizam funções adequadas às suas capacidades enquanto profissionais humanos preservam aquilo que exige interpretação, responsabilidade, vínculo, contexto e julgamento. O fortalecimento dos ecossistemas colaborativos digitais depende, em última análise, menos da quantidade de automação disponível do que da capacidade das instituições de governar criticamente essa automação, garantindo que inovação, colaboração e inteligência artificial contribuam para ampliar, e não restringir, a autonomia pedagógica, a participação dos estudantes e a qualidade da experiência educacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFARWAN, Abdullah. Generative AI use in K-12 education: a systematic review. *Frontiers in Education*, v. 10, art. 1647573, 2025. DOI: 10.3389/feduc.2025.1647573.

AMEMASOR, Stephen Kwashie; OPPONG, Stephen Opoku; GHANSAH, Benjamin; BENUWA, Ben-Bright; ESSEL, Daniel Danso. A systematic review on the impact of teacher professional development on digital instructional integration and teaching practices. *Frontiers in Education*, v. 10, art. 1541031, 2025. DOI: 10.3389/feduc.2025.1541031.

CHEN, Fan; CHEN, Gaowei. Technology-enhanced collaborative inquiry in K-12 classrooms: a systematic review of empirical studies. *Science & Education*, v. 34, p. 1731-1773, 2025. DOI: 10.1007/s11191-024-00538-8.

CHEN, Shuzhen; CHEUNG, Alan C. K. Effect of generative artificial intelligence on university students' learning outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Educational Research Review*, 2025. DOI: 10.1016/j.edurev.2025.100737.

HASE, Alina; KUHL, Poldi. Teachers' use of data from digital learning platforms for instructional design: a systematic review. *Educational Technology Research and Development*, v. 72, p. 1925-1945, 2024. DOI: 10.1007/s11423-024-10356-y.

LI, Kexin; WANG, Pengjin; CHEN, Gaowei. How can AI be integrated into teacher professional development programs? A systematic review based on an adapted technology-based learning model.

Teaching and Teacher Education, v. 168, art. 105219, 2025. DOI: 10.1016/j.tate.2025.105219.

MARZANO, Daniela. Generative Artificial Intelligence (GAI) in teaching and learning processes at the K-12 level: a systematic review. *Technology, Knowledge and Learning*, v. 31, p. 789-829, 2026. DOI: 10.1007/s10758-025-09853-7.

MIAO, Fengchun; CUKUROVA, Mutlu. *AI competency framework for teachers*. Paris: UNESCO, 2024.

MIAO, Fengchun; HOLMES, Wayne. *Guidance for generative AI in education and research*. Paris: UNESCO, 2023.

OECD. *Education Policy Outlook 2024: Reshaping Teaching into a Thriving Profession from ABCs to AI*. Paris: OECD Publishing, 2024. DOI: 10.1787/dd5140e4-en.

OECD. *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem*. Paris: OECD Publishing, 2023. DOI: 10.1787/c74f03de-en.

PAULSEN, Lucas; LINDSAY, Euan. Learning analytics dashboards are increasingly becoming about learning and not just analytics: a systematic review. *Education and Information Technologies*, v. 29, p. 14279-14308, 2024. DOI: 10.1007/s10639-023-12401-4.

UNESCO. *AI competency framework for teachers*. Paris: UNESCO, 2024.

UNESCO. *Guidance for generative AI in education and research*. Paris: UNESCO, 2023.

¹ Doutor em Ciências (Engenharia Elétrica) e Vinculado ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Pós-Doutor em Demografia pela Universidad Nacional de Córdoba (UNC - Argentina), Doutor em Agroecologia pela Universidad de Antioquia (UdeA) e Docente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) e do PPGDAS/Unifap.

³ Mestra em Artes e Licenciada em Artes Visuais pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Pós-graduações Lato Sensu em Educação Matemática pela Faculdade Pio Décimo e em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER); Atualmente é nível 4 - Secretarias de Educação do Estado da Bahia e Sergipe; Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Matemática Pura e Aplicada, tanto na área presencial quanto na área de EaD - Educação a Distância; Licenciatura em Matemática pela Universidade do Estado da Bahia. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7044120690093380>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Mestra em Educação e Graduada em Pedagogia e em Serviço Social pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁶ Doutorando em Ciências da Educação pela Universidad del Sol (UNADES - Paraguai), Mestre em Ecologia Humana e

Desenvolvimento Sustentável pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Bacharel em Direito e em Teologia, e Licenciado em Pedagogia, Filosofia e Sociologia. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁷ Mestrando em Ciências da Educação pela Christian Business School, Especialista em Psicologia Cognitivo-Comportamental pela FACULESTE, em Análise do Comportamento Aplicada pela UNIFAHE e em Saúde Coletiva pela Faculdade IGUAÇU, e Graduado em Pedagogia pela Universidade Paulista (UNIP), em Psicologia pela Universidade Estácio de Sá e em Administração pelo Centro Universitário Unihorizontes. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1557-4159>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁸ Doutorando e Mestrando em Ciências da Educação pela Christian Business School, Especialista em Educação Especial Inclusiva e Graduado em Pedagogia e em Educação Especial pelo Instituto de Pesquisas e Pós-Graduação (IPEMIG). ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9112-8498>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁹ Mestrando Profissional em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Acre (UFAC), Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática pela Faculdade Futura, em Práticas Assertivas da Educação Profissional Integrada pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e em Ensino de Física pela Universidade Candido Mendes (UCAM), e Graduado em Física pela

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

