Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

doi.org/10.51891/rease.v12i10.31341

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: EVIDÊNCIAS, RISCOS E CONDIÇÕES PARA UMA INTEGRAÇÃO PEDAGOGICAMENTE RESPONSÁVEL

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHER EDUCATION: EVIDENCE, RISKS AND CONDITIONS FOR PEDAGOGICALLY RESPONSIBLE INTEGRATION

Alex Martins da Silva[1]
Joelson Lopes da Paixão[2]
Filipe da Cunha Gomes[3]
Jorge Rollemberg dos Santos[4]
Márcia da Silva Lima[5]
Rayane Emanuelle de Oliveira Valentim[6]
Samuel Gonçalves Pinto[7]

RESUMO: A difusão de sistemas de inteligência artificial (IA), sobretudo das ferramentas generativas, deslocou o debate educacional da possibilidade técnica para a questão das condições em que esses sistemas qualificam ou empobrecem o ensino, a aprendizagem e o trabalho docente. O artigo examina de que maneira a incorporação da IA na educação modifica demandas, competências, práticas e responsabilidades da formação de professores. Trata-se de um ensaio teórico-analítico apoiado em revisão narrativa crítica de corpus intencional de 33 fontes (revisões sistemáticas, estudos empíricos, artigos de posição, obras de referência e documentos normativos), constituído por procedimento de busca e verificação declarado. A análise percorre fundamentos e aplicações da IA na educação, benefícios documentados e suas condições de ocorrência, impactos sobre ensino, avaliação e trabalho docente, desafios éticos e institucionais e implicações formativas. Sustenta-se, por inferência a partir de evidências indiretas, uma vez que nenhum estudo do corpus testa diretamente o efeito da formação docente, que os benefícios descritos na literatura são condicionados ao desenho pedagógico e à mediação docente, e que a formação de professores não pode reduzir-se ao treinamento operacional em ferramentas. Como contribuição, propõe-se um modelo conceitual exploratório de quatro dimensões formativas, ancorado em condições institucionais e ainda não validado empiricamente, acompanhado de proposições passíveis de teste.

Palavras-chave: Inteligência artificial na educação. Formação de professores. Letramento em IA. Trabalho docente. Ética da IA.

[1] Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente/UFPE.
[2] Mestre em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
[3] Doutor em Sociologia. Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
[4] Doutorando em Educação, Universidade Federal de Sergipe (UNIT) - São Cristóvão – SE.
[5] Mestra em Letras/Linguística. Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL).
[6] Doutora em Educação, Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).
[7] Doutor em Ciências do Exercício e do Esporte – Universidade Estadual do Rio de Janeiro/UERJ. Atua na SEDUC/MT.

ABSTRACT: The spread of artificial intelligence (AI) systems, especially generative tools, has shifted the educational debate from technical possibility to the conditions under which these systems improve or impoverish teaching, learning and teachers' work. This article examines how the incorporation of AI into education changes the demands, competences, practices and responsibilities of teacher education. It is a theoretical-analytical essay supported by a critical narrative review of a purposively selected corpus of 33 sources (systematic reviews, empirical studies, position papers, reference works and regulatory documents), assembled through a declared search and verification procedure. The analysis covers foundations and applications of AI in education, documented benefits and the conditions under which they occur, impacts on teaching, assessment and teachers' work, ethical and institutional challenges, and implications for teacher education. It argues, by inference from indirect evidence, since no study in the corpus directly tests the effect of teacher education, that the benefits reported in the literature depend on pedagogical design and teacher mediation, and that teacher education cannot be reduced to operational training in tools. As a contribution, it proposes an exploratory conceptual model with four formative dimensions anchored in institutional conditions, not yet empirically validated, together with testable propositions.

Keywords: Artificial intelligence in education. Teacher education. AI literacy. Teachers' work. AI ethics.

1 INTRODUÇÃO

A presença da inteligência artificial (IA) na educação não é recente. Sistemas tutores inteligentes, plataformas adaptativas e ferramentas de análise de dados educacionais acumulam décadas de pesquisa, e a literatura especializada já os descrevia como um campo com agenda própria antes da popularização dos modelos generativos de linguagem (Luckin *et al.*, 2016; Zawacki-Richter *et al.*, 2019). O que se alterou a partir de 2022 foi a escala e a forma de acesso: ferramentas capazes de produzir textos, resolver exercícios, sugerir planos de aula e comentar trabalhos passaram a estar disponíveis, em grande parte gratuitamente, a estudantes e professores, fora de qualquer mediação institucional prévia (Kasneci *et al.*, 2023; Miao; Holmes, 2023).

Essa mudança de escala reposicionou a pergunta central. Já não se trata apenas de saber se a IA pode apoiar a aprendizagem, questão para a qual há evidências parciais e heterogêneas, mas de compreender em que condições esse apoio se converte em aprendizagem efetiva e em que condições produz dependência, empobrecimento da tarefa cognitiva ou deslocamento indevido de responsabilidades. O experimento de campo conduzido por Bastani *et al.* (2025) com quase mil estudantes de uma escola de ensino médio na Turquia ilustra a tensão: o acesso a um assistente generativo melhorou o desempenho durante a prática, mas, retirado o acesso, os

estudantes que haviam usado a interface sem salvaguardas pedagógicas tiveram desempenho inferior ao do grupo que nunca a utilizara.

É nesse ponto que a formação de professores deixa de ser tema acessório. Se o efeito educacional da IA depende do desenho da atividade, da orientação do uso e da avaliação crítica das saídas produzidas pelos sistemas, então depende, em larga medida, de decisões que cabem ao professor e das condições institucionais em que essas decisões são tomadas. A revisão sistemática de Celik *et al.* (2022) já indicava que as oportunidades da IA para o trabalho docente se distribuem entre planejamento, implementação e avaliação do ensino, mas que sua concretização esbarra em limites técnicos e de confiabilidade. Documentos recentes da UNESCO tratam as competências docentes para a IA como objeto de política formativa específica (Miao; Cukurova, 2024).

O problema que orienta este artigo pode ser assim formulado: de que maneira a incorporação da IA na educação modifica demandas, competências, práticas e responsabilidades da formação inicial e continuada de professores, considerando simultaneamente potencialidades pedagógicas, riscos, limites e condições institucionais? Não se parte da premissa de que a IA produz benefícios ou prejuízos por si mesma. A hipótese de trabalho, que a análise procura sustentar ou enfraquecer, é a de que os efeitos educacionais relatados na literatura são condicionados ao desenho pedagógico e à mediação docente, de modo que a formação de professores constitui variável central, e não periférica, da integração responsável dessas tecnologias. Cabe antecipar o limite dessa hipótese: os estudos controlados disponíveis examinam o uso da IA por estudantes e por professores em exercício, mas não testam diretamente programas de formação docente, de modo que a centralidade da formação será sustentada por inferência, e as evidências que a tensionam serão examinadas na seção 9.

O objetivo geral é analisar criticamente as implicações da IA na educação para a formação de professores, articulando benefícios, impactos, desafios e condições de implementação. Os objetivos específicos são: sistematizar conceitos e aplicações relevantes; analisar benefícios e impactos documentados, com atenção às suas condições de ocorrência; examinar desafios éticos, pedagógicos, profissionais e institucionais; discutir implicações para a formação inicial e continuada; identificar competências e condições necessárias ao uso crítico e responsável; e sintetizar perspectivas e lacunas de pesquisa sem extrapolar as evidências.

O artigo organiza-se da seguinte forma. A seção 2, logo adiante, descreve o percurso metodológico e o estatuto das fontes. A seção 3 apresenta fundamentos e famílias de aplicação

da IA na educação. A seção 4 examina benefícios e potencialidades, e a seção 5, os impactos sobre ensino, aprendizagem, avaliação e trabalho docente. A seção 6 trata dos desafios éticos, pedagógicos, sociais e institucionais. A seção 7 desenvolve a formação de professores como eixo estruturante e apresenta o modelo conceitual exploratório proposto (Quadro 3, Figura 1, Quadro 4 e Quadro 5). A seção 8 discute perspectivas e condições de adoção responsável, organizadas por nível de decisão (Quadro 6), a seção 9 integra os achados e explicita limites, e as considerações finais retomam a questão de pesquisa.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo caracteriza-se como ensaio teórico-analítico apoiado em revisão narrativa crítica. A designação é deliberada: o artigo não pretende estimar a prevalência de achados nem mapear exaustivamente o campo, mas examinar criticamente um conjunto fundamentado de evidências e, a partir dele, formular um modelo conceitual e proposições testáveis. A heterogeneidade das fontes, que combinam evidências empíricas de desenhos distintos, documentos normativos e contribuições conceituais, e o propósito teórico-analítico do estudo não justificaram uma síntese estatística nem um protocolo de revisão sistemática, ainda que com síntese narrativa. Não se realizou revisão sistemática, integrativa ou de escopo, e por isso não se apresentam contagens de estudos identificados, triados ou excluídos, nem fluxograma de seleção. Declarar essa escolha é condição de honestidade metodológica: o corpus foi constituído de forma intencional e fundamentada, não exaustiva.

O corpus foi identificado em duas frentes complementares: o conhecimento prévio do campo, que apontou obras de referência e documentos normativos, e buscas direcionadas realizadas em setembro de 2026 por ferramenta de busca na web, sem acesso a bases indexadas por assinatura, como Scopus e Web of Science, com conferência posterior, conforme o tipo de fonte, no DOAJ, em registros DOI, em páginas oficiais de periódicos, em repositórios institucionais e em portais oficiais (Planalto, EUR-Lex e gov.br). Os descritores, combinados com operadores booleanos, foram, em inglês, *artificial intelligence in education*, *generative AI* AND *learning*, *teacher education* OR *pre-service teachers* AND *AI literacy*, *AI competency framework for teachers*, *algorithmic bias* AND *education* e *GPT detectors*; em português, "inteligência artificial" AND "formação de professores" e "inteligência artificial" AND "formação docente". As buscas serviram para localizar e verificar fontes pertinentes, e não para triagem exaustiva de resultados, razão pela qual não há contagens de registros identificados e excluídos a relatar. O intervalo

coberto vai de 2006, ano do modelo TPACK (Mishra; Koehler, 2006), a 2026, com ênfase nas publicações posteriores a 2019 para afirmações sobre IA generativa.

Adotaram-se como critérios de inclusão: relevância para ao menos um dos objetivos específicos; publicação em periódico com revisão por pares, editora acadêmica, anais científicos ou documento oficial; e verificabilidade dos metadados. Excluíram-se notícias, blogs, páginas comerciais, textos sem identificação editorial e fontes cujos metadados não puderam ser confirmados. Na seleção, deu-se prioridade a revisões sistemáticas e meta-análises, seguidas de estudos empíricos com desenho explícito, artigos de posição coletivos e documentos oficiais. O corpus final reúne 33 fontes: seis revisões sistemáticas, exploratórias ou meta-análises; sete estudos empíricos primários; oito artigos conceituais, de posição ou ensaios; cinco livros, referenciais e diretrizes de organismos internacionais; cinco normas legais e documentos oficiais brasileiros e europeus; e duas produções brasileiras de revisão e mapeamento. Dezoito fontes foram publicadas entre 2023 e 2026, período posterior à difusão das ferramentas generativas, e quinze são anteriores. As fontes anteriores foram mobilizadas para fundamentos conceituais e para aplicações não generativas, e o texto indica, quando necessário, que suas conclusões não se transferem automaticamente à IA generativa.

Para cada fonte, registraram-se tipo, contexto, desenho, achado principal e limites declarados, e todas as fontes do corpus são citadas ao longo do texto, sem recurso a listagem em apêndice. A apreciação da qualidade foi argumentativa, e não realizada por instrumento padronizado: considerou o desenho de cada estudo, o contexto e o tamanho da amostra, os limites declarados pelos autores e a verificabilidade dos metadados. Em caso de dúvida sobre a classificação de uma fonte, adotou-se a categoria mais conservadora, por exemplo tratando como correlacional um resultado cujo desenho não autorizava inferência causal. As quatro dimensões do modelo proposto na seção 7 resultaram do agrupamento temático das exigências formativas assim registradas, e divergências entre estudos foram mantidas no texto, e não resolvidas por escolha de um lado.

A análise distinguiu, ao longo do texto, quatro registros: evidência da literatura, quando a afirmação reproduz resultado ou posição de fonte identificada; interpretação, quando se lê o alcance de uma evidência; inferência analítica, quando se relacionam evidências de fontes diferentes; e proposição, quando o artigo formula modelo ou recomendação próprios. Na apreciação da força das evidências, conferiu-se maior peso a ensaios controlados e revisões

sistemáticas do que a estudos de percepção e relatos de experiência, e registrou-se explicitamente quando um resultado tem natureza correlacional ou provém de contexto específico.

3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES

A expressão "inteligência artificial na educação" recobre sistemas de natureza muito distinta, e parte da confusão do debate público decorre de tratá-los como um bloco homogêneo. Holmes e Tuomi (2022) propõem distinguir aplicações voltadas aos estudantes, aos professores e às instituições, taxonomia que tem a vantagem de deslocar a atenção da tecnologia para o destinatário e para a função pedagógica. A revisão de Zawacki-Richter *et al.* (2019) sobre o ensino superior identificou quatro áreas predominantes de aplicação: perfilamento e predição, avaliação, sistemas adaptativos e de personalização, e tutores inteligentes. Os autores registraram também a fraca articulação dessas pesquisas com teorias pedagógicas e a escassa reflexão crítica sobre riscos, observação que permanece pertinente.

Os modelos generativos de linguagem introduzem uma diferença de natureza, e não apenas de grau. Os tutores inteligentes clássicos operam sobre domínios de conhecimento modelados, com trajetórias de resposta relativamente previsíveis; os modelos generativos produzem texto plausível a partir de padrões estatísticos aprendidos em grandes volumes de dados, sem garantia de correção factual e com possibilidade de erro formulado com aparência de segurança (Kasneci *et al.*, 2023). Essa característica tem consequência pedagógica direta: a verificação da saída passa a ser responsabilidade de quem a utiliza, e a competência para realizá-la não é distribuída igualmente entre estudantes nem entre professores. O Quadro 1 sintetiza as famílias de aplicação e suas implicações para o trabalho docente.

A taxonomia por destinatário proposta por Holmes e Tuomi (2022) também ajuda a situar responsabilidades. Nas aplicações voltadas aos estudantes, o risco principal é que a ferramenta substitua a atividade que deveria produzir aprendizagem; nas voltadas aos professores, que a automação de tarefas desloque o julgamento profissional para o sistema; nas voltadas às instituições, que decisões administrativas e pedagógicas sejam tomadas com base em classificações cujo funcionamento nem gestores nem professores conseguem examinar. Essas três camadas não se separam na prática escolar, e uma mesma ferramenta pode operar em mais de uma delas, o que exige do professor capacidade de reconhecer em qual camada uma decisão está sendo tomada.

Há ainda uma questão de temporalidade da evidência que precisa ser explicitada antes da análise dos benefícios. Parte substancial da pesquisa consolidada sobre IA na educação, como a meta-análise de Kulik e Fletcher (2016) e as revisões de Zawacki-Richter *et al.* (2019) e de Celik *et al.* (2022), refere-se a sistemas anteriores à difusão dos modelos generativos. Essas fontes permanecem válidas para os sistemas que examinaram e úteis como fundamento conceitual, mas suas conclusões não podem ser estendidas às ferramentas generativas sem demonstração específica. Ao longo das seções seguintes, essa distinção é mantida de modo explícito.

Quadro 1 – Famílias de aplicação da IA na educação e implicações para o trabalho docente

Família de aplicação	Função predominante	Base de evidência no corpus	Implicação para o trabalho docente
Tutores inteligentes e sistemas adaptativos	Sequenciamento de conteúdos e retorno em domínios estruturados	Meta-análise de avaliações controladas (Kulik; Fletcher, 2016)	Interpretar e, quando necessário, contestar recomendações do sistema
Ferramentas generativas de uso geral	Produção de texto, código, exercícios e explicações	Ensaio de campo (Bastani et al., 2025); análises conceituais (Kasneci et al., 2023)	Redesenhar tarefas e avaliação; verificar saídas; orientar usos
Ferramentas de apoio ao professor	Planejamento, correção, retorno sobre a própria prática	Revisão sistemática (Celik et al., 2022); ensaio controlado (Demszky et al., 2025)	Avaliar precisão e pertinência; preservar o julgamento profissional
Sistemas analíticos e preditivos institucionais	Perfilamento, predição de desempenho e de evasão	Revisão sistemática (Zawacki-Richter et al., 2019); revisão sobre vieses (Baker; Hawn, 2022)	Compreender governança de dados e limites de classificações automatizadas

A leitura do Quadro 1 permite uma primeira inferência analítica, retomada na seção 7: a demanda formativa não é a mesma para todas as famílias. Sistemas adaptativos e tutores exigem sobretudo capacidade de interpretar e contestar recomendações; ferramentas generativas exigem, além disso, redesenho de tarefas e de avaliação, porque alteram o que o estudante pode produzir sem aprender; sistemas analíticos institucionais exigem compreensão de governança de dados, porque suas decisões atingem pessoas que não escolheram usá-los. Williamson e Eynon (2020) lembram que a IA na educação se desenvolveu em estreita relação com plataformas de dados e interesses comerciais, o que torna insuficiente uma formação que trate essas ferramentas como neutras.

4 BENEFÍCIOS E POTENCIALIDADES PEDAGÓGICAS

Os benefícios mais consistentemente documentados referem-se a sistemas de tutoria em domínios estruturados. A meta-análise de Kulik e Fletcher (2016) reuniu avaliações controladas de tutores inteligentes e encontrou, em sua maioria, efeitos favoráveis sobre o desempenho dos estudantes em comparação com o ensino convencional, com magnitude variável conforme o tipo de instrumento de avaliação utilizado. Essa evidência, porém, refere-se a sistemas

desenhados com finalidade pedagógica explícita e não pode ser transferida automaticamente para assistentes generativos de uso geral, cujo funcionamento e cujas condições de uso são outros.

No plano conceitual, Kasneci *et al.* (2023) descrevem oportunidades dos modelos de linguagem para estudantes e professores, entre as quais o apoio à escrita, a elaboração de explicações adaptadas e a preparação de materiais, e associam essas oportunidades à exigência de competências e de supervisão humana, dado que os modelos podem produzir conteúdo incorreto ou enviesado. Trata-se de análise de possibilidades, e não de avaliação de efeitos, e é nessa condição que o artigo a utiliza: como mapa de usos plausíveis que ainda precisam ser testados em contextos educacionais concretos.

Para a IA generativa, as evidências são mais recentes e mais ambivalentes. O estudo de Bastani *et al.* (2025) mostra que o mesmo modelo produziu efeitos distintos conforme a interface: a versão configurada com salvaguardas pedagógicas, que orientava o raciocínio em vez de entregar respostas, elevou o desempenho nas sessões de prática assistida, em relação à média do grupo de controle, em proporção maior (127%) do que a versão sem salvaguardas (48%). Esses ganhos referem-se à prática com a ferramenta, e não à aprendizagem retida: na avaliação posterior sem acesso à IA, o grupo sem salvaguardas teve desempenho 17% inferior ao controle, enquanto o grupo com salvaguardas não apresentou ganho significativo, apenas evitou essa perda. A interpretação aqui adotada é a de que o benefício não residiu na ferramenta em si, mas na mediação pedagógica embutida em seu desenho, que é precisamente o tipo de decisão que a formação docente deveria qualificar.

No plano do trabalho docente, a literatura aponta potencial de apoio ao planejamento, à diferenciação de materiais e ao retorno formativo (Celik *et al.*, 2022). Há também evidência experimental de que a IA pode servir ao desenvolvimento profissional. Demszky *et al.* (2025) conduziram, no estado de Utah, ensaio controlado pré-registrado com 224 professores de matemática e ciências nos Estados Unidos, que receberam retorno automatizado, gerado por processamento de linguagem natural sobre transcrições de suas aulas, sem que se tenha confirmado, para este artigo, se a ferramenta empregava modelos generativos; o retorno aumentou em 20% o uso de perguntas de focalização, que sondam o raciocínio dos estudantes e solicitam explicações e reflexão, sem efeito sobre outras práticas. As entrevistas do mesmo estudo registraram ceticismo quanto à precisão do retorno, preocupações com privacidade e falta

de tempo, o que delimita o alcance do resultado. O Quadro 2 relaciona benefícios, condições de ocorrência e riscos associados.

Quadro 2 – Benefícios documentados, condições de ocorrência e riscos associados

Benefício documentado	Condição de ocorrência identificada	Risco associado
Ganho de desempenho em tutoria estruturada (Kulik; Fletcher, 2016)	Sistema desenhado para o domínio; efeito variável conforme o instrumento de avaliação	Transferência indevida da evidência para ferramentas de uso geral
Melhor desempenho na prática com assistente generativo (Bastani et al., 2025)	Salvaguardas pedagógicas que orientam o raciocínio em vez de entregar respostas	Perda de desempenho quando o uso substitui o esforço cognitivo
Apoio ao planejamento, à implementação e à avaliação (Celik et al., 2022)	Confiabilidade técnica e adequação ao contexto	Dependência de sistemas com limites de precisão
Mudança de prática docente específica (Demszky et al., 2025)	Retorno focalizado; engajamento do professor com o retorno	Desconfiança, preocupações com privacidade e falta de tempo

Fonte: elaboração própria, com base em Holmes e Tuomi (2022) e nas fontes indicadas em cada linha.

Entre as fontes examinadas, nenhum benefício da IA na educação foi descrito independentemente de condições pedagógicas e institucionais. A constatação vale para este corpus, não para a literatura em geral, e não diminui o potencial das ferramentas, mas desloca a atenção para as condições. É também coerente com a posição, defendida por Luckin *et al.* (2016), de que a IA pode ampliar a capacidade do professor quando integrada a práticas pedagógicas bem fundamentadas, e não quando concebida como substituta.

5 IMPACTOS SOBRE ENSINO, APRENDIZAGEM E TRABALHO DOCENTE

O impacto mais imediato da IA generativa incide sobre a relação entre tarefa e aprendizagem. Atividades que tradicionalmente exigiam do estudante esforço de elaboração, como redigir, resumir, resolver problemas ou produzir código, passaram a poder ser executadas por terceiros artificiais em segundos. O resultado de Bastani *et al.* (2025) sugere que o problema não é o uso em si, mas o uso que substitui o esforço cognitivo que a tarefa pretendia mobilizar. A consequência para a docência é que o desenho da tarefa, e não apenas a vigilância sobre seu cumprimento, torna-se o lugar decisivo da intervenção pedagógica.

A avaliação é a dimensão em que esse deslocamento se manifesta com mais nitidez. Cotton, Cotton e Shipway (2024) discutem os desafios que ferramentas conversacionais colocam à integridade acadêmica e sugerem que as instituições combinem políticas e procedimentos claros, formação e apoio a docentes e estudantes e métodos variados de prevenção e detecção, em lugar de respostas exclusivamente punitivas ou de uma única solução técnica. A confiança em detectores automáticos de texto gerado por IA mostra-se particularmente problemática: Liang *et al.* (2023) testaram sete detectores e verificaram que mais

da metade das redações escritas por falantes não nativos de inglês foi classificada incorretamente como produzida por IA, enquanto textos de estudantes nativos foram classificados corretamente. A inferência para a formação docente é direta: professores que não compreendem os limites desses instrumentos podem produzir acusações injustas, com efeitos desiguais sobre grupos já vulneráveis.

Do ponto de vista propositivo, a literatura examinada sugere deslocar a avaliação da verificação do produto final para a observação do processo. Entre as alternativas compatíveis com as recomendações de Cotton, Cotton e Shipway (2024) estão a exigência de registros de elaboração, a defesa oral de trabalhos escritos, a produção situada em sala e tarefas que peçam ao estudante que avalie criticamente uma resposta gerada por IA. Essas alternativas não eliminam o uso indevido, mas mudam o que é avaliado, e cada uma tem custos de tempo que recaem sobre o professor, o que reconduz o problema às condições de trabalho discutidas a seguir.

No trabalho docente, a IA pode reduzir o tempo de tarefas de preparação e de retorno, mas também pode intensificar exigências de verificação, adaptação e justificação. A literatura sobre o tema ainda é predominantemente de percepção e de caráter exploratório, o que impede afirmar com segurança se o saldo líquido é de alívio ou de intensificação do trabalho. A afirmação de que a ferramenta não resolve, por si, os problemas estruturais da carreira docente e de que pode, em contextos de precarização, ser mobilizada como justificativa para ampliar turmas ou padronizar materiais é, neste ponto, inferência do autor, e não resultado de estudo do corpus; apresenta-se como risco a ser investigado, e não como tendência demonstrada.

Os estudos disponíveis sobre adoção docente de IA generativa ajudam a precisar essa discussão. Collie e Martin (2024), com dados de 339 professores australianos coletados em 2023, cerca de seis meses após o lançamento do ChatGPT, examinaram fatores contextuais, ocupacionais e de trajetória associados à valorização e à integração da IA generativa no trabalho docente, e encontraram papel relevante da liderança escolar que apoia a autonomia dos professores. Em estudo posterior, Collie, Martin e Gasevic (2024) acompanharam professores ao longo de um período letivo e examinaram, como preditores da autoeficácia e da valorização da IA generativa, o apoio disponível na escola, a pressão de tempo e o comportamento disruptivo dos estudantes. Ambos os estudos têm desenho correlacional e amostras de um único país, o que impede inferências causais e generalização direta ao Brasil. Sua contribuição para o argumento é mostrar que a integração da IA pelos professores aparece associada a condições de

trabalho e de gestão, e não apenas a disposições individuais, o que reforça a posição atribuída às condições institucionais no modelo proposto na seção 7.

Selwyn (2019) argumenta que a pergunta sobre a substituição do professor por máquinas é menos produtiva do que a pergunta sobre o tipo de educação que se deseja e sobre o papel que as tecnologias devem ocupar nela. Essa reformulação é útil porque desloca o debate da competição entre humano e máquina para a distribuição de funções e responsabilidades. Tarefas de reconhecimento, cuidado, julgamento e construção de vínculo com os estudantes permanecem, pela natureza relacional da prática educativa, sob responsabilidade humana, e é sobre elas que a identidade profissional docente se sustenta (Nóvoa, 2017).

6 DESAFIOS ÉTICOS, PEDAGÓGICOS, SOCIAIS E INSTITUCIONAIS

A ética da IA na educação não se esgota na proteção de dados nem na correção de algoritmos. Holmes *et al.* (2022), em artigo de posição construído a partir de consulta a pesquisadores da área, sustentam que essa ética precisa incorporar a dimensão propriamente educacional, isto é, as escolhas pedagógicas que os sistemas incorporam e os efeitos que produzem sobre a autonomia de estudantes e professores. A proposição tem implicação prática: uma ferramenta pode respeitar a legislação de dados e, ainda assim, promover uma concepção empobrecida de aprendizagem.

O viés algorítmico é um segundo desafio documentado. Baker e Hawn (2022) revisaram estudos que identificam desempenho desigual de modelos preditivos e de classificação educacionais entre grupos demográficos, e mostram que parte desses vieses decorre de dados de treinamento pouco representativos e de escolhas de modelagem. O caso dos detectores de texto gerado por IA, examinado na seção 5, é exemplo concreto do mesmo fenômeno. Para o professor, a questão não é dominar as técnicas de auditoria algorítmica, mas saber que classificações e recomendações automatizadas podem ser sistematicamente desfavoráveis a determinados estudantes e que, por isso, não devem fundamentar sozinhas decisões com consequências.

A proteção de dados constitui desafio de natureza jurídica e institucional. No Brasil, a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais estabelece, em seu art. 14, que o tratamento de dados pessoais de crianças e adolescentes deve ser realizado em seu melhor interesse (Brasil, 2018). No plano internacional, o Regulamento (UE) 2024/1689 classifica como de risco elevado determinados sistemas usados na educação, entre os quais os destinados a avaliar resultados de aprendizagem e a determinar o acesso a instituições de ensino, e proíbe, ressalvadas finalidades

médicas ou de segurança, sistemas de reconhecimento de emoções em instituições de ensino (União Europeia, 2024). Esse quadro foi alterado pelo Regulamento (UE) 2026/1744, de 8 de julho de 2026, em vigor desde 27 de julho de 2026, que simplifica a aplicação das regras: o dever do art. 4º passou a ser o de adotar medidas destinadas a apoiar a melhoria da literacia em IA das pessoas que operam sistemas em nome do fornecedor ou do responsável pela implantação, e a aplicação das obrigações relativas aos sistemas de risco elevado do Anexo III foi adiada para 2 de dezembro de 2027 (União Europeia, 2026). Embora não vigore no Brasil, o regulamento europeu oferece referência analítica útil para classificar riscos segundo a finalidade do sistema.

A transparência e a responsabilização, isto é, a possibilidade de explicar como um sistema chegou a uma recomendação e de identificar quem responde por seus efeitos, constituem problema distinto da proteção de dados. Na LGPD, o controlador é a pessoa natural ou jurídica a quem competem as decisões referentes ao tratamento de dados pessoais (Brasil, 2018, art. 5º, VI). Quando uma escola adota uma plataforma que coleta dados de estudantes, a definição de quem ocupa essa posição, se a rede de ensino, a instituição ou o fornecedor, não é detalhe técnico: determina a quem professores e famílias podem dirigir-se para questionar decisões e usos. A formação docente não substitui a governança institucional, mas professores que conhecem essa estrutura estão em melhor posição para identificar usos inadequados e acionar os canais cabíveis.

No Brasil, o Ministério da Educação publicou em 2026 o Referencial para Desenvolvimento e Uso Responsáveis de Inteligência Artificial na Educação, apresentado como instrumento de orientação para instituições, educadores, gestores e formuladores de políticas, com diretrizes, princípios e recomendações para a integração responsável e ética da IA nos processos educacionais (Brasil, 2026). Segundo a apresentação oficial, o documento orienta a elaboração de planos estratégicos, a definição de princípios éticos institucionais e o investimento em infraestrutura e em formação pedagógica, e afirma que a IA deve apoiar a inclusão e a equidade, e não a exclusão. Por ser documento orientador recente, seus efeitos sobre redes e instituições ainda não podem ser avaliados, mas sua existência desloca a discussão brasileira do vazio normativo para a questão da implementação.

Há, por fim, desafios de desigualdade. O acesso à IA pressupõe infraestrutura, conectividade, dispositivos e tempo, distribuídos de modo desigual entre redes, escolas e famílias. Gregório, Silva e Prata-Linhares (2025) registram, entre os desafios da IA generativa na formação docente, as desigualdades de acesso a esses artefatos. A Política Nacional de

Educação Digital, instituída pela Lei nº 14.533/2023, oferece marco normativo para a inclusão digital e a formação para competências digitais, mas sua efetividade depende de financiamento e de implementação, que não podem ser presumidos a partir da existência da norma (Brasil, 2023).

7 FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA UMA EDUCAÇÃO MEDIADA POR IA

A análise das seções anteriores converge para um ponto: as condições que determinam se a IA qualifica ou empobrece a educação passam, em grande medida, por decisões docentes. Daí decorre que a formação de professores não pode ser concebida como capacitação operacional em ferramentas, cuja obsolescência é rápida, mas como formação de julgamento profissional em contextos mediados por sistemas automatizados.

A evidência diretamente voltada à formação inicial é ainda restrita. Ayanwale *et al.* (2024), em estudo quantitativo com 529 licenciandos de uma universidade nigeriana, encontraram associação entre o conhecimento sobre IA e dimensões como uso, detecção, ética, criação e resolução de problemas, resultado de natureza correlacional. A revisão de Ponomarenko *et al.* (2026), que examinou 33 estudos publicados entre 2021 e 2024 sobre IA na formação inicial, relata conhecimento inicial limitado dos futuros professores, com melhora associada a formação direcionada e experiências práticas; seus desfechos são, em geral, proximais, isto é, escalas de letramento e de percepção, e não decisões pedagógicas observadas ou aprendizagem de estudantes. Como o estudo de Ayanwale *et al.* (2024) integra o conjunto revisado por Ponomarenko *et al.* (2026), as duas fontes não constituem evidências independentes, e assim são tratadas neste artigo. No Brasil, Gregório, Silva e Prata-Linhares (2025) apontam lacuna de estudos sobre IA generativa na formação de professores, sobretudo em língua portuguesa, e o mapeamento de Santos, Sant'Ana e Sant'Ana (2025) reuniu quinze teses e dissertações brasileiras sobre IA na educação defendidas entre 2004 e 2023. No corpus examinado não há estudo empírico brasileiro que avalie programas de formação docente para a IA. Como as buscas não incluíram varredura sistemática de bases brasileiras de acesso aberto, como SciELO, BDTD e Portal de Periódicos da CAPES, essa ausência descreve o corpus deste artigo e não autoriza afirmar que tais estudos inexistam. Por isso, as dimensões formativas propostas a seguir, quando aplicadas à formação inicial, carecem de teste de viabilidade em cursos de licenciatura.

A literatura sobre letramento em IA oferece o primeiro fundamento. Long e Magerko (2020) definem o letramento em IA como um conjunto de competências que permite avaliar criticamente tecnologias de IA, comunicar-se e colaborar com elas e utilizá-las como ferramenta. Ng *et al.* (2021), em revisão exploratória de trinta artigos revisados por pares, propuseram quatro aspectos para o desenvolvimento desse letramento: conhecer e compreender, usar e aplicar, avaliar e criar, e questões éticas. Ambos os trabalhos tratam o letramento como capacidade crítica, e não apenas instrumental, o que é coerente com a exigência de avaliar saídas geradas por modelos probabilísticos.

O segundo fundamento vem dos referenciais de competência docente. O DigCompEdu organiza as competências digitais dos educadores em áreas que abrangem desde o engajamento profissional até a promoção das competências digitais dos estudantes (Redecker, 2017). O modelo TPACK sustenta que o uso pedagógico de tecnologias exige a integração entre conhecimento de conteúdo, conhecimento pedagógico e conhecimento tecnológico, e não sua justaposição (Mishra; Koehler, 2006). Mais recentemente, o referencial de competências em IA para professores da UNESCO estrutura-se em cinco dimensões, a saber, mentalidade centrada no ser humano, ética da IA, fundamentos e aplicações da IA, pedagogia da IA e IA para o desenvolvimento profissional, dispostas em três níveis de progressão (Miao; Cukurova, 2024).

Esses referenciais diferem em granularidade e em finalidade. O DigCompEdu reúne 22 competências distribuídas em seis áreas e não foi concebido especificamente para a IA; o referencial da UNESCO é específico, mas de alcance normativo amplo; e o TPACK é um modelo de conhecimento, não um currículo. Celik (2023) procurou aproximar essas perspectivas ao propor o Intelligent-TPACK, que acrescenta ao modelo de Mishra e Koehler (2006) o conhecimento necessário para integrar eticamente ferramentas baseadas em IA, e ao examiná-lo empiricamente com professores. A consequência para a formação é que nenhum desses referenciais, isoladamente, oferece desenho curricular pronto: todos exigem tradução para a realidade de cada licenciatura e de cada rede, e essa tradução é, ela própria, trabalho pedagógico especializado.

Com base nesses referenciais e nos riscos discutidos nas seções 5 e 6, propõe-se aqui um modelo conceitual exploratório com quatro dimensões formativas, apresentado no Quadro 3 e na Figura 1. O modelo é construção própria: organiza a literatura, mas não foi validado empiricamente.

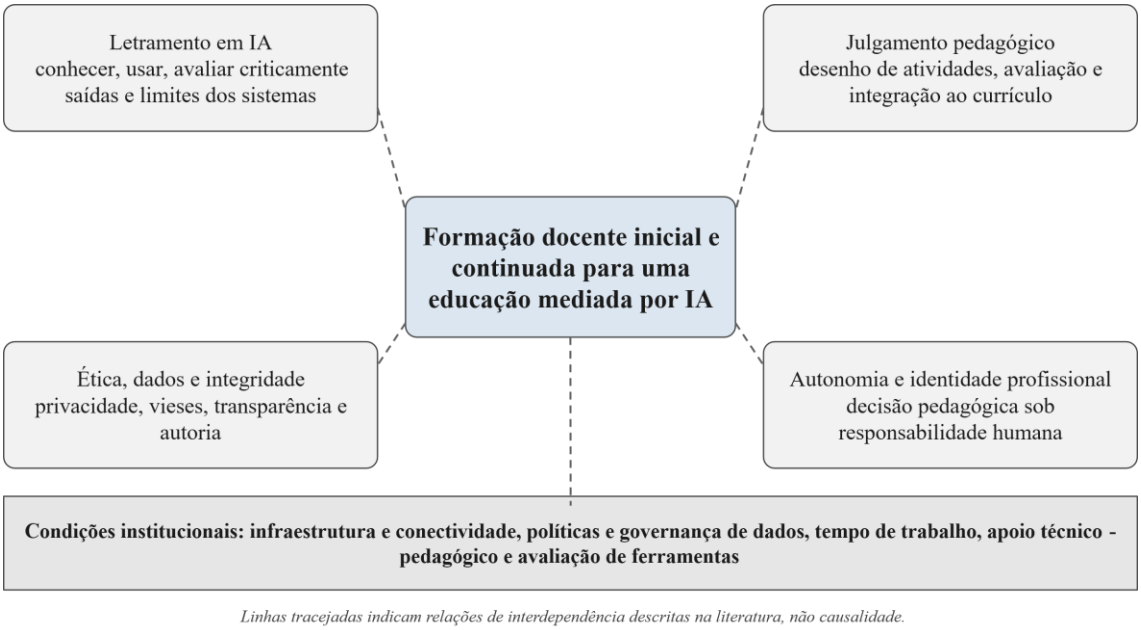
Quadro 3 – Dimensões formativas do modelo conceitual exploratório proposto

Dimensão	Capacidades formativas	Fundamentação no corpus
Letramento em IA	Compreender o funcionamento geral dos sistemas, seus limites e o caráter probabilístico das saídas; avaliá-las criticamente	Long e Magerko (2020); Ng et al. (2021); Miao e Cukurova (2024); Ayanwale et al. (2024), incluído na revisão de Ponomarenko et al. (2026)
Julgamento pedagógico	Redesenhar tarefas e avaliações; decidir quando o uso apoia ou substitui a aprendizagem; integrar a IA ao currículo	Mishra e Koehler (2006); Bastani et al. (2025); Cotton, Cotton e Shipway (2024)
Ética, dados e integridade	Reconhecer vieses; proteger dados de estudantes; discutir autoria; evitar decisões baseadas apenas em classificações automatizadas	Holmes et al. (2022); Baker e Hawn (2022); Liang et al. (2023); Brasil (2018)
Autonomia e identidade profissional	Preservar a responsabilidade humana pela decisão pedagógica; identificar usos que padronizam ou desvalorizam o trabalho docente	Nóvoa (2017); Selwyn (2019); sem estudo empírico direto no corpus

Fonte: elaboração própria, com base nas fontes indicadas.

A Figura 1, a seguir, representa as relações entre as quatro dimensões e as condições institucionais. As linhas indicam interdependência, e não causalidade, porque a literatura examinada descreve associações e exigências conjuntas, mas não estabelece relações causais entre essas dimensões.

Figura 1 – Modelo conceitual exploratório das dimensões formativas para uma educação mediada por IA



Fonte: elaboração própria, com base em Long e Magerko (2020), Ng et al. (2021), Mishra e Koehler (2006), Holmes et al. (2022), Nóvoa (2017) e Miao e Cukurova (2024).

A proximidade entre as dimensões propostas e referenciais existentes precisa ser explicitada, para que a contribuição não seja superestimada. O Quadro 4, a seguir, apresenta essa correspondência e indica o que o modelo acrescenta em relação a cada referencial. A leitura

do quadro mostra que três das quatro dimensões têm correspondência razoavelmente direta no referencial da UNESCO, e que o acréscimo do modelo está menos na criação de categorias novas do que em três decisões: tratar as condições institucionais como base, e não como recomendação externa; assumir a autonomia profissional como postulado normativo explícito; e derivar proposições testáveis, apresentadas adiante no Quadro 5.

Quadro 4 – Correspondência entre o modelo proposto e referenciais existentes

Dimensão proposta	Referencial da UNESCO (Miao; Cukurova, 2024)	Intelligent-TPACK (Celik, 2023) e DigCompEdu (Redecker, 2017)	Diferença assumida
Letramento em IA	Fundamentos e aplicações da IA	Conhecimento tecnológico; áreas de competência digital	Ênfase na avaliação crítica de saídas probabilísticas
Julgamento pedagógico	Pedagogia da IA	Integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia	Centralidade do desenho da tarefa e da avaliação
Ética, dados e integridade	Ética da IA	Conhecimento ético para integrar ferramentas de IA	Inclusão da integridade acadêmica e dos limites dos detectores
Autonomia e identidade profissional	Mentalidade centrada no ser humano	Sem correspondência direta	Estatuto de postulado normativo, ancorado na literatura sobre a profissão docente
Condições institucionais (base do modelo)	Presente sobretudo como recomendação de política	Ausente como componente do modelo	Tratadas como condição de possibilidade das demais dimensões

Fonte: elaboração própria, com base nas fontes indicadas. A dimensão autonomia e identidade profissional apoia-se sobretudo em literatura teórica.

Duas características do modelo merecem destaque. A primeira é a posição das condições institucionais como base, e não como dimensão adicional: a formação individual do professor tem alcance limitado quando a escola não dispõe de infraestrutura, de política de dados, de tempo de trabalho para planejamento e de apoio técnico-pedagógico. A segunda é a inclusão da autonomia e da identidade profissional como dimensão formativa própria. Diferentemente das demais, essa dimensão não deriva de evidência empírica do corpus, mas assume o estatuto de postulado normativo: afirma o que a formação deve preservar, com fundamento em literatura teórica sobre a profissão docente. A inclusão responde ao risco, discutido na seção 5, de que a IA seja mobilizada para padronizar o trabalho docente; formar professores para a IA implica também formá-los para reconhecer quando uma ferramenta restringe, em vez de ampliar, o espaço de decisão pedagógica (Nóvoa, 2017; Selwyn, 2019).

Na formação inicial, o modelo sugere que o tema não seja confinado a uma disciplina isolada de tecnologia, mas atravesse as didáticas específicas, a avaliação e os estágios, de modo coerente com a lógica integrativa do TPACK. Os três níveis de progressão do referencial da UNESCO, adquirir, aprofundar e criar (Miao; Cukurova, 2024), oferecem uma forma de escalonar essa presença ao longo do curso: nos primeiros semestres, compreensão do

funcionamento geral e dos limites dos sistemas; nas didáticas, análise de usos em cada área de conhecimento; nos estágios, desenho e avaliação de atividades em situação real, sob supervisão. Essa organização é proposição do artigo, e sua viabilidade depende de condições das licenciaturas que o corpus não permite avaliar. Na formação continuada, a evidência de Demszky *et al.* (2025) indica que retornos automatizados podem apoiar práticas específicas, mas também que barreiras de tempo e de confiança limitam seu uso, o que reforça a necessidade de inserir essas ferramentas em processos formativos coletivos, com tempo institucional reservado, em vez de ofertá-las como recurso individual adicional à jornada. Os resultados de Collie e Martin (2024) e de Collie, Martin e Gasevic (2024), discutidos na seção 5, apontam na mesma direção ao associar a integração da IA pelos professores ao apoio disponível na escola, e não a disposições individuais. Esses estudos não tratam de formação nem de tempo protegido na jornada, de modo que a ligação entre uma coisa e outra é inferência deste artigo.

Na formação continuada, o modelo também implica escolhas de formato. Cursos breves centrados em ferramentas tendem a envelhecer com elas e a reforçar a leitura da IA como assunto técnico; formatos coletivos e situados na escola, nos quais professores analisam usos reais em suas turmas, discutem casos de avaliação e examinam políticas da própria instituição, são mais coerentes com as quatro dimensões propostas. Essa preferência é inferência do autor a partir do conjunto das evidências, e não resultado de comparação entre formatos, que o corpus não contém; converte-se, por isso, em mais uma questão para a agenda de pesquisa discutida na seção 8.

Para que o modelo possa orientar pesquisa e avaliação de programas, e não apenas organizar a literatura, formulam-se no Quadro 5, a seguir, proposições exploratórias, com os indicadores que permitiriam examiná-las e as evidências que as enfraqueceriam. As proposições decorrem das relações descritas nesta seção e nas seções 4 a 6.

Quadro 5 – Proposições exploratórias derivadas do modelo e possibilidades de teste

Proposição exploratória	Indicadores possíveis	Evidência que a enfraqueceria
P1. Programas que articulam letramento em IA e julgamento pedagógico produzem desenhos de tarefa que preservam o esforço cognitivo dos estudantes com mais frequência do que programas centrados em ferramentas	Análise de planos de aula e tarefas produzidos por licenciandos e professores antes e depois da formação; desempenho dos estudantes em tarefas realizadas sem acesso à ferramenta	Ausência de diferença entre os dois tipos de programa em estudos comparativos
P2. A dimensão ética, dados e integridade reduz o uso de detectores automáticos como fundamento exclusivo de decisões avaliativas	Registros de procedimentos de avaliação; questionários sobre decisões em casos de suspeita de uso indevido	Uso equivalente de detectores entre professores com e sem essa formação
P3. Os efeitos das três primeiras dimensões são menores em escolas sem tempo institucional e apoio técnico-pedagógico	Comparação entre redes ou escolas com condições institucionais distintas, controlando o tipo de formação	Efeitos equivalentes independentemente das condições institucionais

Proposição exploratória	Indicadores possíveis	Evidência que a enfraqueceria
P4. Professores com formação que inclui autonomia profissional contestam com mais frequência recomendações automatizadas inadequadas	Estudos de caso e observação de uso de plataformas adaptativas	Taxas semelhantes de contestação entre grupos

Fonte: elaboração própria, com base nos referenciais indicados. A correspondência é interpretativa e não decorre de mapeamento formal realizado pelos autores dos referenciais.

8 PERSPECTIVAS E CONDIÇÕES PARA ADOÇÃO RESPONSÁVEL

As orientações da UNESCO para a IA generativa na educação e na pesquisa recomendam abordagem centrada no ser humano, regulação da proteção de dados, validação das ferramentas antes de sua adoção e atenção à idade dos usuários, com a sugestão de que se considere a idade de 13 anos como limite mínimo para o uso autônomo dessas ferramentas em sala de aula (Miao; Holmes, 2023). Essas orientações têm natureza de recomendação e precisam ser traduzidas em políticas de redes e de instituições.

A partir do corpus analisado, infere-se um conjunto de condições para a adoção responsável, que aqui se apresentam como proposição. A primeira é a avaliação pedagógica prévia das ferramentas, que considere não só sua eficácia declarada, mas a concepção de aprendizagem que incorporam. A segunda é a existência de política institucional explícita sobre uso de IA por estudantes e professores, construída com participação docente. A terceira é a governança de dados, com definição de responsabilidades de controle e de finalidades de tratamento, em conformidade com a LGPD. A quarta é o redesenho da avaliação, que privilegie processos, argumentação e produção situada, em lugar da proibição genérica ou da confiança em detectores. A quinta é a formação inicial integrada ao currículo das licenciaturas, nos termos discutidos na seção 7. A sexta é a formação docente continuada e coletiva, com tempo reconhecido na jornada de trabalho.

Quanto às perspectivas, é prudente evitar prognósticos. A velocidade de mudança das ferramentas torna rapidamente obsoletas as conclusões sobre produtos específicos, e as evidências de longo prazo sobre aprendizagem ainda são escassas no corpus examinado. O que parece mais durável é a necessidade de formar julgamento profissional capaz de operar sobre ferramentas que ainda não existem, o que reforça a opção, sustentada na seção 7, por uma formação orientada a princípios e a capacidades críticas, e não a produtos.

Dessa leitura decorre uma agenda de pesquisa com três frentes, formulada aqui como proposição. A primeira é a avaliação de programas de formação, inicial e continuada, com desenhos comparativos que permitam distinguir efeitos da formação, da ferramenta e das

condições institucionais, como sugerem as hipóteses concorrentes discutidas na seção 9. A segunda é o acompanhamento longitudinal da aprendizagem, já que os resultados disponíveis, inclusive os de Bastani *et al.* (2025), referem-se a intervalos curtos. A terceira é a produção de evidências no contexto brasileiro, tema em que Gregório, Silva e Prata-Linhares (2025) registram lacuna de estudos em língua portuguesa e Santos, Sant'Ana e Sant'Ana (2025) mapeiam quinze teses e dissertações defendidas entre 2004 e 2023, período anterior à difusão das ferramentas generativas. A publicação do referencial ministerial (Brasil, 2026) cria oportunidade para investigar como redes e instituições traduzem orientações gerais em práticas, o que permitiria examinar a hipótese institucional em condições reais.

O Quadro 6 organiza essas condições segundo o nível em que cada uma se decide e as fontes que a fundamentam, com o objetivo de evitar que a responsabilidade pela integração da IA recaia apenas sobre o professor individual.

Quadro 6 – Condições para adoção responsável, nível de decisão e fundamentação

Condição	Nível predominante de decisão	Fundamentação no corpus
Avaliação pedagógica prévia das ferramentas	Rede de ensino e instituição	Miao e Holmes (2023); Holmes et al. (2022)
Política institucional explícita sobre uso de IA, com participação docente	Instituição	Miao e Holmes (2023); Brasil (2026)
Governança de dados, com definição do controlador e das finalidades	Rede de ensino e instituição	Brasil (2018); União Europeia (2024)
Redesenho da avaliação, sem dependência de detectores	Professor e coletivo escolar	Cotton, Cotton e Shipway (2024); Liang et al. (2023)
Formação inicial integrada ao currículo das licenciaturas	Instituições formadoras	Miao e Cukurova (2024); Ponomarenko et al. (2026)
Formação continuada coletiva, com tempo reconhecido na jornada	Rede de ensino e poder público	Demszky et al. (2025), quanto às barreiras de tempo relatadas; Collie e Martin (2024), quanto ao apoio da gestão

Fonte: elaboração própria, derivada do modelo apresentado no Quadro 3 e na Figura 1.

A leitura do Quadro 6 torna visível uma assimetria: das seis condições, apenas uma se decide predominantemente na sala de aula. As demais dependem de redes, instituições formadoras e poder público. Essa constatação não reduz a responsabilidade docente, mas impede que a formação de professores seja tratada como solução suficiente para problemas que são também de financiamento, regulação e gestão.

9 DISCUSSÃO INTEGRADA

A integração dos achados permite retomar a hipótese de trabalho enunciada na introdução. As evidências de maior força no corpus, isto é, os ensaios controlados de Bastani *et al.* (2025) e de Demszky *et al.* (2025) e a meta-análise de Kulik e Fletcher (2016), são compatíveis com a tese de que os efeitos educacionais da IA dependem do desenho pedagógico e da forma de uso. Nenhuma delas, contudo, testa diretamente o efeito da formação docente sobre os resultados da integração da IA. A centralidade atribuída aqui à formação de professores é, portanto, inferência analítica fundada na convergência de evidências indiretas, e não resultado demonstrado.

Essa distinção importa porque a literatura também contém elementos que tensionam a tese. O resultado de Demszky *et al.* (2025) mostra que uma ferramenta automatizada pode alterar uma prática docente específica sem mediação formativa intensiva, o que sugere que, para certos usos delimitados, o desenho da ferramenta pode ter peso comparável ao da formação. Do mesmo modo, a versão com salvaguardas examinada por Bastani *et al.* (2025) incorporava decisões pedagógicas no próprio sistema, o que abre a possibilidade de que parte da mediação seja transferida para o *design* das ferramentas. A tese sairia enfraquecida se estudos futuros mostrassem que ferramentas bem desenhadas produzem efeitos equivalentes independentemente da preparação dos professores que as utilizam.

Essas tensões permitem formular três hipóteses concorrentes sobre o que condiciona os efeitos educacionais da IA. A primeira, que se pode chamar hipótese do desenho, atribui o efeito principalmente às características da ferramenta, como as salvaguardas examinadas por Bastani *et al.* (2025). A segunda, hipótese da formação, atribui-o à preparação dos professores que decidem sobre o uso. A terceira, hipótese institucional, atribui-o às condições de trabalho, de gestão e de governança, na linha dos resultados correlacionais de Collie e Martin (2024). O corpus não permite escolher entre elas, e é provável que atuem de modo combinado. O modelo proposto neste artigo toma a formação docente como foco analítico, em razão do problema de pesquisa, sem pressupor sua superioridade causal sobre o desenho das ferramentas ou sobre as condições institucionais, e as proposições do Quadro 5 foram formuladas para que estudos futuros possam separar seus efeitos, por exemplo comparando professores com formações distintas que utilizem a mesma ferramenta em condições institucionais semelhantes.

Há ainda divergências conceituais que não se resolvem pela evidência empírica. Parte da literatura trata a IA como recurso de personalização e eficiência, na linha de Luckin *et al.* (2016);

outra parte enfatiza as relações entre IA, plataformas e interesses comerciais e a necessidade de estudos críticos (Williamson; Eynon, 2020; Selwyn, 2019). Essas posições não são necessariamente excludentes, mas implicam prioridades formativas distintas: a primeira acentua o domínio pedagógico das ferramentas; a segunda, a capacidade de interrogá-las. O modelo conceitual proposto na seção 7 procura acomodar ambas, sem pretender dissolver a divergência.

Quanto às limitações, o estudo não é exaustivo, e o corpus, constituído intencionalmente, pode refletir vieses de seleção, inclusive a predominância de estudos produzidos em contextos anglófonos e de alta renda. Os ensaios controlados referem-se a disciplinas e níveis específicos, sobretudo matemática e ciências, o que limita a generalização. A rápida evolução das ferramentas faz com que resultados obtidos com versões anteriores possam não se aplicar às atuais. A pergunta abrange formação inicial e continuada, mas o corpus contém poucos estudos que examinem diretamente programas de formação inicial, e nenhum estudo empírico brasileiro dessa natureza, o que limita as conclusões sobre esse nível formativo. As buscas não incluíram bases indexadas por assinatura, o que pode ter deixado de fora estudos pertinentes. Quanto à estratégia de busca, a opção por motor de busca geral e verificação em fontes primárias é compatível com o propósito do ensaio, que não depende de exaustividade, mas limita a representatividade do corpus, e uma revisão de escopo em bases indexadas constitui passo natural para testar se o modelo resiste a um levantamento mais amplo. Por fim, o modelo conceitual proposto carece de validação empírica, que constitui a principal agenda de pesquisa decorrente deste trabalho, ao lado de estudos longitudinais sobre aprendizagem e de investigações sobre a IA na formação de professores no contexto brasileiro.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo perguntou de que maneira a incorporação da IA na educação modifica demandas, competências, práticas e responsabilidades da formação de professores. A resposta que a análise permite sustentar é a de que a IA desloca o centro da ação pedagógica para o desenho das tarefas, para a avaliação crítica das saídas automatizadas e para a governança dos dados e das decisões, deslocamento que amplia as responsabilidades profissionais do professor e exige formação correspondente.

O corpus reúne evidências de benefícios em usos e contextos delimitados, sempre dependentes das condições de desenho e implementação. Tutores inteligentes em domínios

estruturados apresentam efeitos em geral positivos, ferramentas generativas com salvaguardas pedagógicas mostraram resultados superiores aos das versões sem salvaguardas, e retornos automatizados podem apoiar práticas docentes específicas. Os riscos são igualmente documentados: substituição do esforço cognitivo, vieses em classificações automatizadas, fragilidade dos detectores de texto gerado por IA, questões de proteção de dados e desigualdades de acesso e de uso.

Para o contexto brasileiro, a análise sugere que a publicação de orientações oficiais, como o referencial do Ministério da Educação (Brasil, 2026), é condição necessária, mas não suficiente. A distância entre a norma e a sala de aula depende de infraestrutura, de tempo de trabalho reconhecido para formação, de governança de dados nas redes e de licenciaturas capazes de incorporar o tema às didáticas e aos estágios. Sem essas condições, o risco é que a responsabilidade pela integração da IA seja transferida ao professor individual, que passaria a responder por decisões para as quais não recebeu formação nem dispõe de apoio institucional.

Em síntese, é possível distinguir quatro planos. O corpus demonstra que efeitos da IA sobre aprendizagem e prática docente variam conforme o desenho das ferramentas e as condições de uso, em estudos delimitados. O artigo infere, a partir dessa convergência, que a formação docente ocupa posição central na integração responsável, sem que isso tenha sido testado diretamente. O modelo propõe quatro dimensões formativas, uma delas de caráter normativo, ancoradas em condições institucionais. Permanecem por testar as proposições do Quadro 5 e as hipóteses concorrentes discutidas na seção 9.

A contribuição do artigo consiste em organizar essas evidências em um modelo conceitual exploratório de quatro dimensões formativas, ancoradas em condições institucionais, e em derivar dele proposições com indicadores e critérios de enfraquecimento, que convertem a síntese em agenda de pesquisa verificável. Formar professores para a IA, nessa perspectiva, não é ensiná-los a operar ferramentas, mas prepará-los para decidir, com fundamento pedagógico e responsabilidade ética, quando, como e se essas ferramentas devem participar da educação.

REFERÊNCIAS

AYANWALE, M. A. *et al.* Examining artificial intelligence literacy among pre-service teachers for future classrooms. **Computers and Education Open**, v. 6, 100179, 2024. DOI: 10.1016/j.caeo.2024.100179.

BAKER, R. S.; HAWN, A. Algorithmic bias in education. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 32, n. 4, p. 1052-1092, 2022. DOI: 10.1007/s40593-021-00285-9.

BASTANI, H. *et al.* Generative AI without guardrails can harm learning: evidence from high school mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 122, n. 26, e2422633122, 2025. DOI: 10.1073/pnas.2422633122.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 ago. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 20 set. 2026.

BRASIL. Lei nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023. Institui a Política Nacional de Educação Digital. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jan. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/l14533.htm. Acesso em: 20 set. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Gestão da Informação, Inovação e Avaliação de Políticas Educacionais. **Referencial para desenvolvimento e uso responsáveis de inteligência artificial na educação**. Brasília, DF: MEC, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/referencial-de-ia-na-educacao. Acesso em: 20 set. 2026.

CELIK, I. Towards Intelligent-TPACK: an empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. **Computers in Human Behavior**, v. 138, 107468, 2023. DOI: 10.1016/j.chb.2022.107468.

CELIK, I. *et al.* The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: a systematic review of research. **TechTrends**, v. 66, n. 4, p. 616-630, 2022. DOI: 10.1007/s11528-022-00715-y.

COLLIE, R. J.; MARTIN, A. J. Teachers' motivation and engagement to harness generative AI for teaching and learning: the role of contextual, occupational, and background factors. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, 100224, 2024. DOI: 10.1016/j.caeai.2024.100224.

COLLIE, R. J.; MARTIN, A. J.; GASEVIC, D. Teachers' generative AI self-efficacy, valuing, and integration at work: examining job resources and demands. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 7, 100333, 2024. DOI: 10.1016/j.caeai.2024.100333.

COTTON, D. R. E.; COTTON, P. A.; SHIPWAY, J. R. Chatting and cheating: ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. **Innovations in Education and Teaching International**, v. 61, n. 2, p. 228-239, 2024. DOI: 10.1080/14703297.2023.2190148.

DEMSZKY, D. *et al.* Automated feedback improves teachers' questioning quality in brick-and-mortar classrooms: opportunities for further enhancement. **Computers & Education**, v. 227, 105183, 2025. DOI: 10.1016/j.compedu.2024.105183.

GREGÓRIO, M. S. S. C.; SILVA, K. F.; PRATA-LINHARES, M. M. Educação e inteligência artificial: em busca de referências para pensar/fazer a formação docente. **Ensino e Tecnologia em Revista**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 95-106, 2025. DOI: 10.3895/etr.v9n1.19539. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/19539. Acesso em: 20 set. 2026.

HOLMES, W. *et al.* Ethics of AI in education: towards a community-wide framework. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 32, n. 3, p. 504-526, 2022. DOI: 10.1007/s40593-021-00239-1.

HOLMES, W.; TUOMI, I. State of the art and practice in AI in education. **European Journal of Education**, v. 57, n. 4, p. 542-570, 2022. DOI: 10.1111/ejed.12533.

KASNECI, E. *et al.* ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. **Learning and Individual Differences**, v. 103, 102274, 2023. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274.

KULIK, J. A.; FLETCHER, J. D. Effectiveness of intelligent tutoring systems: a meta-analytic review. **Review of Educational Research**, v. 86, n. 1, p. 42-78, 2016. DOI: 10.3102/0034654315581420.

LIANG, W. *et al.* GPT detectors are biased against non-native English writers. **Patterns**, v. 4, n. 7, 100779, 2023. DOI: 10.1016/j.patter.2023.100779.

LONG, D.; MAGERKO, B. What is AI literacy? Competencies and design considerations. *In*: CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2020, Honolulu. **Proceedings** [...]. New York: ACM, 2020. p. 1-16. DOI: 10.1145/3313831.3376727.

LUCKIN, R. *et al.* **Intelligence unleashed**: an argument for AI in education. London: Pearson, 2016.

MIAO, F.; CUKUROVA, M. **AI competency framework for teachers**. Paris: UNESCO, 2024. DOI: 10.54675/ZJTE2084.

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

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

NG, D. T. K. *et al.* Conceptualizing AI literacy: an exploratory review. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 2, 100041, 2021. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100041.

NÓVOA, A. Firmar a posição como professor, afirmar a profissão docente. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 47, n. 166, p. 1106-1133, 2017.

PONOMARENKO, E. B. *et al.* Examining the use of artificial intelligence in pre-service teacher education. **Contemporary Educational Technology**, v. 18, n. 2, ep650, 2026. DOI: 10.30935/cedtech/18458.

REDECKER, C. **European framework for the digital competence of educators**: DigCompEdu. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.

SANTOS, Z.; SANT'ANA, C. C.; SANT'ANA, I. P. Inteligência artificial e a educação: uma análise de teses e dissertações. **Linguagens, Educação e Sociedade**, v. 29, n. 59, p. 1-23, 2025. DOI: 10.26694/rles.v29i59.6108.

SELWYN, N. **Should robots replace teachers?** AI and the future of education. Cambridge: Polity Press, 2019.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2024/1689 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de junho de 2024, que cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial. **Jornal Oficial da União Europeia**, L, 12 jul. 2024. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj. Acesso em: 20 set. 2026.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2026/1744 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de julho de 2026, que altera os Regulamentos (UE) 2024/1689, (UE) 2018/1139 e (UE) 2023/1230 no que diz respeito à simplificação da aplicação das regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial. **Jornal Oficial da União Europeia**, L, 24 jul. 2026. Disponível em: http://data.europa.eu/eli/reg/2026/1744/oj. Acesso em: 20 set. 2026.

WILLIAMSON, B.; EYNON, R. Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. **Learning, Media and Technology**, v. 45, n. 3, p. 223-235, 2020. DOI: 10.1080/17439884.2020.1798995.

ZAWACKI-RICHTER, O. *et al.* Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: where are the educators? **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 16, 39, 2019. DOI: 10.1186/s41239-019-0171-0.