TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS E INOVAÇÃO TRANSFORMADORA NA EDUCAÇÃO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DE LITERATURA SOBRE CONCEITOS E APLICAÇÕES NO BRASIL E NO MUNDO

EDUCATIONAL TECHNOLOGIES AND TRANSFORMATIVE INNOVATION IN EDUCATION: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW ON CONCEPTS AND APPLICATIONS IN BRAZIL AND WORLD

THAYSA LUIZA CHRIST DA CUNHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR

FERNANDA SALVADOR ALVES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR

Comunicação:
O XIV SINGEP foi realizado em conjunto com a 14th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com a SPARK (Society for Promoting Academic Research and Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

Agradecimento à orgão de fomento:
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001.

TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS E INOVAÇÃO TRANSFORMADORA NA EDUCAÇÃO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DE LITERATURA SOBRE CONCEITOS E APLICAÇÕES NO BRASIL E NO MUNDO

Objetivo do estudo
Mapear, com base em critérios teóricos, quais tecnologias educacionais no Brasil e no mundo reúnem evidências suficientes para se qualificarem como inovação transformadora, distinguindo-as de modernização incremental ou de experimentação confinada a lógica de mercado.

Relevância/originalidade
A revisão preenche uma lacuna teórica ao articular dois corpos de literatura raramente cruzados: tecnologia educacional e inovação transformadora,oferecendo um critério operacional inédito para diferenciar tecnologias disseminadas na prática educacional de tecnologias efetivamente transformadoras.

Metodologia/abordagem
Revisão integrativa de literatura, com fichamento padronizado de dezesseis estudos selecionados nas bases Scopus, Web of Science, ERIC, SciELO e Google Scholar, complementados por fontes institucionais brasileiras, entre 2018 e2026.

Principais resultados
No plano internacional, identificaram-se seis conjuntos de tecnologias em diferentes estágios de institucionalização; no plano brasileiro, quatro conjuntos de evidências, dos quais apenas a BNCC Computação atende plenamente aos critérios de institucionalização em nível de regime.

Contribuições teóricas/metodológicas
Propor um critério operacional que cruza mediação pedagógica crítica e institucionalização sociotécnica multinível, evidenciando que nenhuma das duas dimensões, isoladamente, basta para caracterizar uma tecnologia educacional como de fato sendo uma inovação transformadora

Contribuições sociais/para a gestão
Oferece a gestores públicos e formuladores de política um instrumento para diferenciar tecnologias educacionais transformadoras de modelos populares, apoiando decisões de investimento e avaliação de políticas que sejam mais criteriosas no Brasil e mundo.

Palavras-chave: Revisão integrativa de literatura, Tecnologia educacional, Inovação transformadora, Perspectiva Multinível, Educação no Brasil

EDUCATIONAL TECHNOLOGIES AND TRANSFORMATIVE INNOVATION IN EDUCATION: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW ON CONCEPTS AND APPLICATIONS IN BRAZIL AND WORLD

Study purpose
To map, based on theoretical criteria, which educational technologies in Brazil and worldwide have sufficient evidence to qualify as transformative innovation, distinguishing them from incremental modernization or experimentation confined to market logic.

Relevance / originality
The review fills a theoretical gap by articulating two rarely crossed bodies of literature: educational technology and transformative innovation, offering a novel operational criterion to differentiate technologies disseminated in educational practice from effectively transformative technologies.

Methodology / approach
Integrative literature review, with standardized indexing of sixteen studies selected from the Scopus, Web of Science, ERIC, SciELO and Google Scholar databases, complemented by Brazilian institutional sources, between 2018 and 2026.

Main results
Internationally, six sets of technologies were identified at different stages of institutionalization; In the Brazilian context, there are four sets of evidence, of which only the BNCC Computing fully meets the criteria for institutionalization at the regime level.

Theoretical / methodological contributions
To propose an operational criterion that combines critical pedagogical mediation and multilevel socio-technical institutionalization, demonstrating that neither dimension, in isolation, is sufficient to characterize an educational technology as a truly transformative innovation.

Social / management contributions
It offers public managers and policymakers an instrument to differentiate transformative educational technologies from popular models, supporting more rigorous investment and policy evaluation decisions in Brazil and worldwide.

Keywords: Integrative literature review, Educational technology, Transformative innovation, Multi-level perspective, Education in Brazil

TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS E INOVAÇÃO TRANSFORMADORA NA EDUCAÇÃO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DE LITERATURA SOBRE CONCEITOS E APLICAÇÕES NO BRASIL E NO MUNDO

1 Introdução

Governos, organismos multilaterais e empresas de EdTech recorrem à expressão "Tecnologia Educacional" para descrever desde a distribuição de tablets até a adoção de sistemas de Inteligência Artificial generativa, muitas vezes sem qualquer registro no decurso do tempo de um referencial teórico explícito, o que Sposato (2025) nomeia como unchecked integration (integração sem controle) e que Ghosh et al. (2021) associam à suposição equivocada de que inovações escalam automaticamente por "mérito técnico". Essa imprecisão apresenta vagueza: ela tem consequências práticas, na medida em que orienta decisões de investimento público, prioriza determinadas ferramentas em detrimento de outras e dificulta a avaliação comparativa entre políticas educacionais de diferentes países, incluindo o Brasil, reproduzindo, no plano da formulação de políticas, a "batalha de ideias" que Diercks, Larsen e Steward (2019) descrevem como constitutiva de qualquer paradigma de inovação transformadora ainda em disputa.

Essa inexatidão ontológica decorre, em parte, do uso equivalente de dois conceitos que pertencem a tradições teóricas distintas. Tecnologia educacional é neste estudo compreendida como uma relação multicamadas entre sujeito, artefato, pedagogia e contexto, e não como propriedade de um artefato isoladamente considerado (Papert & Harel, 1991; Ackermann, 2001; Jonassen, 1986; Mishra & Koehler, 2006; Costa et al., 2023). Inovação transformadora, por sua vez, é definida como um processo multinível e deliberadamente direcionado, verificável apenas quando práticas de nicho avançam para a institucionalização de mudanças em nível de regime (Schot & Steinmueller, 2018; Geels, 2002; Ghosh et al., 2021; Colombo, 2024). A lacuna que esta revisão busca preencher está, precisamente, na relação entre esses dois conceitos: nem toda tecnologia educacional pedagogicamente eficaz é, por si, uma inovação transformadora, e nem toda inovação institucionalizada em nível de regime garante efetividade pedagógica crítica, uma distinção que a literatura institucional e comercial sobre EdTech raramente explicita.

O objetivo desta revisão integrativa de literatura é mapear, com base em critérios teóricos explícitos, quais tecnologias educacionais atualmente em uso no Brasil e no mundo reúnem evidências suficientes de transformação sistêmica. A justificativa para esse esforço é dupla: teoricamente, esta revisão articula dois corpos de literatura que raramente dialogam de forma explícita (a tecnologia educacional e a inovação transformadora), cruzando-os para produzir um critério operacional de classificação; praticamente, a distinção proposta oferece a gestores públicos, pesquisadores e formuladores de política um instrumento para diferenciar tecnologia educacional amplamente disseminada de tecnologia educacional efetivamente transformadora, apoiando decisões de investimento e de avaliação de políticas mais criteriosas.

O artigo está estruturado em seis seções, além desta introdução: referencial teórico, no qual os conceitos de inovação transformadora e de tecnologia educacional são aprofundados separadamente; método, com ênfase na pergunta de pesquisa, nas bases de dados e no processo de extração de dados; resultados, com descrição detalhada dos critérios de seleção dos dados e o mapeamento de tecnologias transformadoras no mundo e no Brasil; discussão, na qual os dois corpos teóricos mobilizados são explicitamente cruzados; e conclusão, que retoma o objetivo, os principais achados, as limitações da revisão e sugestões de pesquisas futuras.

2 Referencial Teórico

2.1 O que é inovação transformadora?

A inovação transformadora (IT) é conceituada na literatura contemporânea não apenas como novidade técnica, mas como mudança profunda nos sistemas sociotécnicos que sustentam funções essenciais da sociedade, como a educação (Grin et al., 2010; Markard et al., 2012; Steward, 2012; OECD, 2015). Compreendê-la exige, antes de mais nada, situá-la historicamente frente aos paradigmas de política de inovação que a precederam. Schot e Steinmueller (2018) propuseram um terceiro enquadramento para as essas políticas, cujo objetivo deliberado é enfrentar desafios sociais e ambientais complexos, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Sob essa perspectiva, a inovação deixa de ser vista como um processo linear de planejamento e desenvolvimento (P&D) e passa a ser entendida como um fenômeno sistêmico, que exige mudanças simultâneas em tecnologias, instituições, comportamentos e modelos de governança. A inovação transformadora nasce como resposta à necessidade de direcionalidade: não basta gerar novidade técnica ou ganhos de produtividade, é preciso que seja guiada propositalmente a mudança para resolver problemas da sociedade em relação às práticas tecnológicas da educação.

Geels (2002) esclarece que essa mudança acontece efetivamente através da Perspectiva Multinível (MLP), que descreve a transição sociotécnica como um processo de reconfiguração entre três níveis analíticos: os nichos (espaços protegidos onde surgem as novidades), o regime sociotécnico (as regras, normas e infraestruturas dominantes) e a paisagem (as pressões macroeconômicas e culturais externas). O autor rejeita a narrativa "heroica" da inovação, propondo em seu lugar um mecanismo de "cumulação de nichos", no qual práticas antes marginais se acumulam e se consolidam apenas quando pressões da paisagem abrem janelas de oportunidade no regime, desestabilizando e reconfigurando as regras institucionais vigentes. Essa arquitetura conceitual recupera artefatos físicos, organizações e regulamentações não operam isoladamente, mas se alinham numa mesma rede para sustentar funcionalidades sociais específicas, de modo que nenhuma tecnologia, incluindo a educacional, possui poder de transformação por si só, dissociada das estruturas sociais e institucionais em que está inserida (Hughes, 1987; Geels, 2002).

Geels (2002) descreve ainda dois mecanismos específicos pelos quais inovações radicais rompem a barreira do nicho e passam a integrar o regime. O primeiro é o de tecnologias que nascem como "monstruosidades esperançosas" (inovações tecnicamente inferiores, protegidas em nichos com critérios de seleção distintos) e o de hibridização (acoplamento da tecnologia radical como dispositivo auxiliar, até eventualmente assumirem o papel central). Esses mecanismos ajudam a entender o uso de tecnologias educacionais ainda em estágio de nicho, que mesmo limitadas podem representar o início de um processo de desenvolvimento social complexo.

Geels e Schot (2007) caracterizam quatro trajetórias de transição, diferenciadas pelo timing e pela natureza da pressão da paisagem: transformação (pressão moderada, com nichos pouco desenvolvidos, incorporando inovações como complemento simbiótico), desalinhamento e realinhamento (mudança forte na paisagem com nichos imaturos, resultando em múltiplas inovações até que uma se torne dominante), substituição tecnológica (pressão forte com nichos maduros, que rompem o regime) e reconfiguração (inovações pontuais acumulam-se e desencadeiam ajustes sucessivos na arquitetura do regime).

Diercks, Larsen e Steward (2019) observam que a inovação transformadora ainda carece de uma "gramática" consolidada, pois opera como paradigma de políticas em construção constante, com um espaço discursivo amplamente disputado. Os autores alertam para o risco de uma herança tecnocêntrica que dilui o potencial transformador de uma inovação a mera ferramenta de inovação incremental, manifestado na "imprecisão retórica" com que EdTech e

governos rotulam qualquer ferramenta como "transformadora", sem adotar as mudanças de regras institucionais que a inovação transformadora de fato exige.

Para reduzir essa indeterminação prática, Ghosh et al. (2021) propõem doze "transformative outcomes" (TOs), organizados em três macroprocessos: 1) construir e nutrir nichos (a) blindagem, b) aprendizagem, c) formação de redes e d) navegação de expectativas); 2) expandir e disseminar nichos (a) escalonamento, b) replicação, c) circulação e d0 institucionalização); e 3) abrir e desbloquear regimes (a) desalinhamento e desestabilização, b) desaprendizagem e aprendizagem profunda, c) fortalecimento das interações nicho-regime e d) mudança de percepção das pressões de paisagem). Um critério central é a distinção entre aprendizagem de primeira ordem (acumular conhecimento técnico dentro de um quadro estável) e de segunda ordem (questionar pressupostos e premissas institucionais do sistema), sendo essa última mais decisiva, porque desafia as regras subjacentes do regime, e não apenas seus resultados observáveis.

Colombo (2024) identifica cinco trajetórias complementares de escala pelas quais uma transformação se sustenta ao longo do tempo: o scaling up (mudança formal de leis, normas e regulamentos institucionais); o scaling out (replicação técnica e transposição geográfica da inovação para um maior número de usuários); o scaling with (fortalecimento de redes, alianças e consórcios cooperativos entre atores que sustentam a inovação horizontalmente); o scaling down (transformação das relações de poder e redistribuição de privilégios institucionais estabelecidos, abrindo espaço para novos arranjos); e o scaling deep (a trajetória mais complexa e, para a autora, mais decisiva, que envolve a transformação de raízes culturais, valores, crenças e identidades subjetivas das comunidades escolares). Colombo (2024) adverte que qualquer esforço transformacional carrega uma "impureza": reprodução residual do sistema antigo que se manifesta quando trajetórias formais (scaling up e out) avançam sem correspondente enraizamento cultural (scaling deep), resultando em mudança burocrática aparente sem alteração das lógicas profundas de exclusão.

Este estudo define inovação transformadora como: um processo deliberado e multinível de mudança que articula tecnologias, instituições, comportamentos e políticas públicas para enfrentar desafios sociais complexos, verificável apenas quando práticas de nicho avançam para a institucionalização em nível de regime.

2.2 O que é tecnologia educacional?

A literatura contemporânea, fundamentada nos trabalhos de Papert e Harel (1991), Ackermann (2001), Jonassen (1986), Mishra e Koehler (2006) e Costa et al. (2023), redefine o conceito de tecnologia educacional não como um objeto isolado, mas como um processo sociotécnico sistêmico que medeia a construção do conhecimento. Sua eficácia pedagógica depende da articulação dinâmica entre a agência do sujeito, a mediação pedagógica crítica, o contexto institucional de uso e a direcionalidade ética que orienta sua adoção, e não das propriedades técnicas do artefato isoladamente consideradas. Uma tecnologia é educacional apenas quando se torna invisível como objeto e visível como processo: sua presença compartilha o esforço cognitivo do estudante, em vez de substituí-lo, enquanto resiste à captura de sua função pedagógica pelas lógicas de mercado.

Para compreender o que torna uma tecnologia pedagogicamente eficaz, a literatura permite decompor a tecnologia educacional a partir de quatro camadas que se sobrepõem e se condicionam mutuamente. Na primeira camada, epistemológica construtivista, Papert e Harel (1991) expandem o construtivismo de Piaget ao proporem que o aprendizado é potencializado quando o sujeito atua como agente na construção de uma "entidade pública" (artefato, programa, teoria). A tecnologia funciona como um "objeto do e para pensar", tornando-se pedagogicamente bem-sucedida quando se torna invisível, permitindo que o aprendiz se volte para a criação intelectual. Ackermann (2001) refina essa leitura ao descrever uma "dança

cognitiva" entre a imersão na experiência e o distanciamento reflexivo, necessária para consolidar o conhecimento.

Na segunda camada, cognitiva, as ferramentas cognitivas (mindtools) de Jonassen (1986) transferem o controle da aprendizagem da máquina para o aprendiz. O argumento central do autor é que o ensino convencional frequentemente impõe uma sequência linear que ignora como cada indivíduo constrói seu conhecimento. As tecnologias educacionais operam por dois princípios fundamentais: o deslocamento de "aprender por meio de" (a ferramenta como veículo de conteúdo pronto) para "aprender com" (a tecnologia como parceira intelectual); e a aprendizagem generativa, na qual o aluno ativa estruturas de conhecimento prévio para interpretar novos estímulos, transformando informações passivas em associações mentais funcionais. Essa autonomia intelectual é essencial para a diferenciação entre inovação incremental e transformadora.

Na terceira camada, sociotécnica, o modelo TPACK de Mishra e Koehler (2006) estabelece que a eficácia tecnológica não reside no artefato, mas na articulação dinâmica entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, em contextos específicos. Nenhuma ferramenta opera no vácuo: seu desempenho depende de uma infraestrutura que envolve formação docente e políticas institucionais. Na quarta camada, crítica decolonial, Costa et al. (2023) recuperam a pedagogia de Paulo Freire para alertar contra a "colonização" digital da educação pelo capitalismo vigente, exercida por meio das EdTechs, que não são apenas fornecedoras de ferramentas digitais, mas agentes do capitalismo digital que impõem lógicas de mercado sobre o setor educacional e reproduzem "modelos bancários", que tratam o currículo como um pacote de dados a ser consumido, mantendo o aluno na passividade. Mesmo quando se apresentam como mediadoras de democratização de acesso, podem capturar a subjetividade em sistemas fechados e hierárquicos, subordinando as ferramentas educacionais a uma lógica ideológica e econômica, alienando o sujeito de sua consciência crítica.

Dessas quatro camadas, sistematizadas no Quadro 1, emerge uma definição que recusa tanto o instrumentalismo ingênuo quanto o determinismo tecnológico. É essa definição de tecnologia educacional, associada aos critérios de institucionalização de inovação transformadora apresentados na seção 2.1, que fundamenta a pergunta de pesquisa e o mapeamento empírico desenvolvidos nas seções seguintes.

Quadro 1 – Síntese das quatro camadas de eficácia da tecnologia educacional

Camada analítica	Base teórica principal	Conceitos-chave	Relação de mediação pedagógica
Epistemológica	Papert e Harel (1991); Ackermann (2001)	"Objeto para pensar"; invisibilidade instrumental; "dança cognitiva"	O artefato funciona como âncora para a externalização de ideias e a construção ativa do conhecimento
Cognitiva	Jonassen (1986)	Ferramentas cognitivas (mindtools); controle do estudante; aprender com a tecnologia (learning with)	A tecnologia compartilha o esforço intelectual com o estudante, que se torna arquiteto de sua própria compreensão
Sociotécnica	Mishra e Koehler (2006); Geels (2002); Hughes (1987)	Modelo TPACK; "teia sem costura"; infraestrutura e formação docente	A eficácia exige articulação dinâmica entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, situada em contextos específicos
Crítica	Costa et al. (2023); Freire	Colonização digital; educação bancária; tecnologia como pharmakon	A pedagogia assume a soberania de anunciar o papel da tecnologia, resgatando autoria e emancipação

Fonte: elaborado pelas autoras com base em Papert e Harel (1991), Ackermann (2001), Jonassen (1986), Mishra e Koehler (2006), Geels (2002), Hughes (1987) e Costa et al. (2023).

Este estudo conceitua tecnologia educacional como: todo recurso, método ou ambiente sociotécnico que medeia, e não determina, processos de construção do conhecimento, cuja eficácia pedagógica depende da articulação dinâmica entre a agência do sujeito, a mediação crítica pedagógica, o contexto institucional de uso e a direcionalidade ética que orienta sua adoção. Uma tecnologia é educacional apenas quando se torna invisível como objeto e visível como processo, compartilhando o esforço cognitivo do estudante, enquanto resiste à captura de sua função pelas lógicas de mercado que disputam, no plano institucional, a própria definição do conceito.

3 Metodologia

3.1 Pergunta de pesquisa

A pergunta de pesquisa foi construída em duas etapas para evitar reproduzir a imprecisão conceitual que motiva este estudo. Na primeira etapa conceitual, delimitou-se: o que a literatura entende por tecnologia educacional e por inovação transformadora, e sob quais condições uma tecnologia educacional se qualifica como inovação transformadora? Uma tecnologia educacional só se qualifica como inovação transformadora quando satisfaz, simultaneamente, dois conjuntos de critérios extraídos da síntese teórica apresentada na seção 2: (i) critérios internos à tecnologia (pedagógicos): opera como mediação ativa do conhecimento, compartilhando controle do processo de aprendizagem com o estudante (camadas epistemológica e cognitiva), e está articulada a um projeto pedagógico crítico que a impede de ser reduzida a "pacote de conhecimento" (camada crítica); e (ii) critérios externos à tecnologia (sociotécnicos): sua adoção avançou de experimentação confinada a nichos para institucionalização em nível de regime (Geels, 2002; Ghosh et al., 2021), sustentada por direcionalidade normativa explícita (Schot & Steinmueller, 2018) e enraizamento em valores e práticas, e não apenas em infraestrutura (Colombo, 2024). É a interseção dos dois conjuntos que define, nesta revisão, o que conta como inovação transformadora em tecnologia educacional.

Na segunda etapa, essa pergunta conceitual foi traduzida em uma pergunta empírica, estruturada com apoio de um framework adaptado do PICOc: População (sistemas educacionais em diferentes níveis de ensino); Interesse (tecnologias educacionais avaliadas quanto à trajetória de institucionalização); Contexto (cenário internacional e, especificamente, brasileiro, entre 2018 e 2026). A pergunta central foi assim formulada: quais tecnologias educacionais, descritas na literatura e nas fontes institucionais brasileiras, atendem simultaneamente aos critérios pedagógicos e sociotécnicos de inovação transformadora, e como essas evidências se distribuem entre o contexto brasileiro e o contexto internacional?

3.2 Base de dados e estratégia de busca

De acordo com a lógica da revisão integrativa, na qual a identificação dos estudos é conduzida de forma individual por uma das pesquisadoras, orientada por relevância teórica, a busca foi realizada nas bases Scopus, Web of Science, ERIC (Education Resources Information Center), SciELO e Google Scholar, escolhidas por cobrirem, de forma complementar, a produção indexada internacionalmente (Scopus e Web of Science), a literatura especializada em educação (ERIC) e a produção ibero-americana (SciELO). Essa busca foi complementada, de forma deliberada, por fontes institucionais brasileiras (Ministério da Educação, Ministério das Comunicações, Centro de Inovação para a Educação Brasileira, Fundação Lemann, Tribunal de Contas da União e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social),

necessárias para caracterizar políticas e plataformas nacionais cujos dados de alcance e institucionalização não estão indexados em periódicos científicos, mas documentados em relatórios e portais governamentais público. A incorporação desse tipo de fonte documental-institucional, incomum em revisões sistemáticas tradicionais, é uma das razões que justificam a opção pelo desenho integrativo, que admite explicitamente estudos teóricos, primários de diferentes delineamentos e outros documentos como unidades de análise legítimas.

As buscas, combinadas por meio dos operadores booleanos AND e OR, incluíram os termos (em português, inglês e espanhol): "tecnologia educacional"; "inovação transformadora"; "perspectiva multinível"; "inteligência artificial na educação"; "aprendizagem adaptativa"; "realidade aumentada"; "software livre"; e "Brasil", este último restrito às buscas voltadas à caracterização do contexto nacional. Cada estudo incluído no corpus final foi submetido a um fichamento padronizado (contendo título, DOI, ano, resumo original, ideia central e lacuna, objetivos, principais resultados, corroboração e refutação de literatura, procedimentos metodológicos, implicações teóricas e práticas, limitações, principais definições e relacionamento entre constructos), o que permitiu a comparação sistemática entre estudos de tradições teóricas distintas e ancorou as afirmações apresentadas na seção de resultados.

3.3 Critérios de elegibilidade

Foram incluídos estudos que: (a) discutissem explicitamente definições de tecnologia educacional e/ou inovação transformadora, com fundamentação teórica; (b) descrevessem casos empíricos de aplicação de tecnologias educacionais, com dados sobre resultados, alcance ou institucionalização, permitindo posicionar o caso na trajetória nicho-regime; (c) publicados entre 2018 e 2026; e (d) estivessem disponíveis em texto completo, em português, inglês ou espanhol. Foram excluídos estudos que: (a) tratassem de tecnologia educacional de forma unicamente instrumental, sem qualquer discussão conceitual ou de impacto sistêmico; (b) fossem textos sem desenvolvimento argumentativo explícito; ou (c) não estivessem disponíveis para acesso ao texto completo.

A seleção analisou se cada estudo comprovava pelo menos um ponto claro de inovação transformadora: uma nova forma de mediação pedagógica crítica ou de organização social e técnica.

3.4 Processo de extração de dados

O processo de extração de dados foi conduzido de forma individual por uma das autoras. A seleção partiu de um mapeamento inicial das bases listadas, seguida da leitura de títulos e resumos, e avaliação de texto completo quanto aos critérios de elegibilidade. Os dados foram registrados em um instrumento de fichamento estruturado em 26 categorias, contemplando informações de identificação e ideia central, lacuna teórica identificada, objetivos, principais resultados, relação de corroboração e de refutação com a literatura prévia, procedimentos metodológicos, implicações teóricas e práticas, sugestões de pesquisas futuras, limitações reconhecidas pelos próprios autores, estratégia de pesquisa, fundamentação teórica, variáveis e constructos estudados, campo ou caso estudado, passo a passo da construção argumentativa, principais definições, relacionamento entre constructos e figuras ou quadros relevantes. Essa extração padronizada permitiu comparação cruzada entre estudos de metodologias heterogêneas e identificação de convergências e divergências conceituais.

A síntese final dos achados foi exclusivamente qualitativa e temática, tal como recomendado para revisões integrativas por Whittemore e Knafl (2005) e por Souza, Silva e Carvalho (2010), sem qualquer tentativa de agregação estatística.

4 Análise dos resultados e Discussões

O núcleo teórico desta revisão é composto por dezesseis estudos. Cinco fundamentam a definição de tecnologia educacional apresentada (Papert & Harel, 1991; Ackermann, 2001; Jonassen, 1986; Mishra & Koehler, 2006; Costa et al., 2023); cinco fundamentam a definição de inovação transformadora (Schot & Steinmueller, 2018; Geels, 2002; Diercks, Larsen & Steward, 2019; Ghosh et al., 2021; Colombo, 2024); e seis compõem o mapeamento empírico de tecnologias educacionais em diferentes estágios da trajetória nicho-regime no plano internacional (Sposato, 2025; Ruiz-Palmero, Sánchez-Rivas & Ruiz-Viruel, 2025; Velarde-Camaqui et al., 2024; Rojas & Chiappe, 2024; Méndez Gijón et al., 2025; Zheng, Wang & Du, 2026). Esse núcleo foi complementado, para a caracterização do caso brasileiro, por fontes institucionais primárias do Ministério da Educação, do Ministério das Comunicações, do CIEB, da Fundação Lemann, do TCU, do BNDES e das próprias plataformas analisadas.

Quanto à distribuição temática, os seis estudos do bloco empírico internacional cobrem seis tecnologias distintas: Inteligência Artificial aplicada à liderança educacional, o modelo híbrido ABP-IA, Realidade Aumentada, Learning Analytics, software de código aberto e mobile learning associado à autorregulação, evidenciando a heterogeneidade metodológica típica do campo (revisões sistemáticas com análise indutiva, estudos quase-experimentais, pesquisa baseada em design com métodos mistos, revisão sistemática com dupla checagem por coeficiente Kappa, pesquisa exploratória com web scraping e modelagem de equações estruturais), o que justifica a opção por uma síntese qualitativa e temática, e não por meta-análise quantitativa.

4.1 Tecnologias educacionais como inovação transformadora no mundo

A inovação transformadora se verifica empiricamente quando práticas de nicho avançam para a institucionalização em nível de regime (Ghosh et al., 2021). Os seis casos identificados observam esse movimento em estágios distintos de maturidade.

O caso mais avançado nesse sentido é o da Inteligência Artificial aplicada à liderança educacional. Sposato (2025) sistematiza mais de duzentos casos globais classificando dez domínios de aplicação da IA na gestão do ensino superior. O autor alerta contra a unchecked integration (integração sem controle), que pode agravar, em vez de resolver, desafios institucionais já existentes caso a adoção da IA não venha acompanhada de liderança ética e de marcos de avaliação claros.

Um segundo caso, mais próximo da fronteira entre nicho e regime, é o modelo ABP-IA, proposto por Ruiz-Palmero, Sánchez-Rivas e Ruiz-Viruel (2025), no qual a IA atua como um "andaime" para o Aprendizado Baseado em Projetos. O estudo, quase-experimental, encontrou aumento da motivação intrínseca, mas leve melhora no rendimento acadêmico, reforçando a distinção de Ghosh et al. (2021) entre resultados pontuais de desempenho e institucionalização de regime.

A Realidade Aumentada em STEAM, exemplificada pela plataforma EduAR (Velarde-Camaqui et al., 2024), ilustra um terceiro padrão: o da democratização como estratégia deliberada de expansão de nicho, desenvolvida sob tutela da UNESCO e alinhada ao ODS 4 da ONU, mas com concentração inicial de validadores em regiões específicas, evidenciando a impureza" de qualquer transição.

O Learning Analytics, sistematizado por Rojas e Chiappe (2024), emerge como um dos quatro pilares de ecossistemas digitais de aprendizagem. Os autores ponderam, que o AutoML ainda não é solução acessível a todos. O software de código aberto, com destaque para o Moodle, representa talvez o caso mais próximo de institucionalização plena em nível de regime dentro do conjunto dos estudos: Méndez Gijón et al. (2025) validam que softwares de código aberto já dominam a infraestrutura de ensino de instituições de elite, mostrando que os códigos abertos também são fortes seguros e possuem a capacidade necessária para a sua finalidade demandada.

Por fim, o mobile learning e a autorregulação, estudado por Zheng, Wang e Du (2026), identifica um "paradoxo facilidade-autorregulação": a facilidade excessiva de um aplicativo pode, curiosamente, reduzir o esforço de autorregulação do estudante, refutando que facilidade resulta um comportamento “melhor” ou mais engajado.

Esses seis casos mostram que a passagem do nicho ao regime, no cenário internacional, não segue um caminho único: ocorre por sistematização taxonômica e governança ética, com IA acompanhada de liderança e marcos de avaliação (Sposato); por mediação pedagógica assistida, em que a tecnologia medeia o processo pedagógico sem substituí-lo (Ruiz-Palmero et al.); por democratização de acesso via recursos educacionais abertos, como a plataforma de Realidade Aumentada aberta alinhada ao ODS 4 que resolveu a falta de plataformas abertas para o uso de RA em STEAM (Velarde-Camaqui et al.); por consolidação de infraestrutura de dados que sustenta o ecossistema como um todo, e não uma ferramenta isolada (Rojas & Chiappe); por substituição de infraestrutura técnica proprietária por software de código aberto na educação de elite (Méndez Gijón et al.); e por resolução de paradoxos comportamentais, evidenciando que o uso excessivamente fácil de tecnologias digitais reduz o esforço intencional dos estudantes para melhorar o próprio comportamento (Zheng, Wang & Du).

Nenhuma dessas tecnologias, isoladamente, constitui prova suficiente de mudança de regime, mas, juntas, desenham uma reconfiguração sociotécnica maior do campo educacional global. Para ser considerada inovação transformadora, cada uma precisa atender ao terceiro enquadramento de Schot e Steinmueller (2018): direcionalidade social explícita e mudança do sistema, não apenas eficiência técnica, o que exige, na perspectiva de Costa et al. (2023), que a pedagogia sempre anuncie o que a tecnologia será, garantindo emancipação, e não substituição passiva.

4.2 Tecnologias educacionais como inovação transformadora no Brasil

No cenário brasileiro, a revisão identificou quatro conjuntos de evidências relevantes, sistematizados no Quadro 2.

Quadro 2 – Tecnologias e políticas educacionais brasileiras classificadas segundo a trajetória nicho-regime

Conjunto de evidência	Mecanismo institucional	Critério de institucionalização (Ghosh et al., 2021)	Trajetória de escala predominante (Colombo, 2024)	Classificação na trajetória nicho-regime
PIEC, Política de Inovação Educação Conectada (Decreto nº 9.204/2017 -> Lei nº 14.180/2021)	Conversão de programa executivo em política pública permanente, com governança multinível (MEC, MCTI, CIEB, Fundação Lemann, Consed, Undime)	Parcialmente atendido (mudança formal nas regras, decreto para lei, mas execução fragmentada e recursos reduzidos entre 2019-2020, TCU, 2026)	Scaling up formal, sem scaling deep consolidado na prática administrativa	Transição avançada (institucionalizado na norma, ainda contestado na implementação)
Enec / Programa Escolas Conectadas	Investimento federal massivo (R$ 8,8 bi, Novo PAC) impulsionado pela pressão de paisagem da pandemia; monitoramento via Indicador Nacional (Inec)	Parcialmente atendido (desbloqueio de sistemas antes "trancados", escolas indígenas, quilombolas, ribeirinhas, ainda em curso até a meta de 2026)	Scaling out robusto (conectividade indígena 10,1% para 48,3%; quilombola 34,1% para 72,5%; campo 38,4% para 71,3%); scaling deep dependente de formação docente ainda em construção	Transição em andamento (nicho em expansão acelerada rumo ao regime)
BNCC Computação (Currículo de Referência do CIEB)	Vínculo obrigatório ao VAAR/Fundeb a partir de 2025 (descumprimento gera	Plenamente atendido (mudança nas "regras do jogo" curriculares em escala nacional, com	Scaling up pleno; risco de "impureza" por scaling deep incompleto (infraestrutura à frente da formação docente)	Regime institucionalizado (caso mais próximo de inovação

Conjunto de evidência	Mecanismo institucional	Critério de institucionalização (Ghosh et al., 2021)	Trajetória de escala predominante (Colombo, 2024)	Classificação na trajetória nicho-regime
	perda de financiamento)	mecanismo coercitivo de enforcement)		transformadora plena)
Geekie (personalização por IA, iniciativa privada)	Adesão voluntária de escolas/redes; reconhecimento do MEC (2013) e uso no Hora do Enem (2016), sem vínculo normativo obrigatório	Não atendido (resultado pontual de desempenho, +72 pontos em simulados, não mudança de regra institucional)	Scaling out expressivo (milhões de usuários), sem scaling up institucional	Nicho ampliado (escala de mercado sem institucionalização de regime)
Educação 4.0 (solução offline, Amazonas)	Parceria pontual entre governo estadual e setor privado (Positivo Tecnologia), restrita a 42 escolas	Não atendido (iniciativa localizada, sem mecanismo de institucionalização em regime)	Scaling deep relevante (mudança na prática pedagógica e motivação docente/discente), sem scaling out ou up	Nicho consolidado localmente (profundidade pedagógica sem escala sistêmica)

Fonte: elaborado pelas autoras com base em Geels (2002), Ghosh et al. (2021) e Colombo (2024), a partir dos dados de BRASIL (2017, 2021), MEC (2026), BNDES (2026), TCU (2026), CIEB (2025), Fundação Lemann (2026), Geekie (2024) e MovPlan (2026).

O primeiro conjunto, a Política de Inovação Educação Conectada (PIEC), é o caso mais claro de transição formal de paradigma de política: nasce em 2017 como Programa, por meio do Decreto nº 9.204, articulado a atores híbridos (MEC, MCTI, CIEB, Fundação Lemann, Consed e Undime), e é convertida, quatro anos depois, em política pública permanente pela Lei nº 14.180/2021. Essa conversão de decreto executivo em lei ordinária é exatamente o tipo de evidência que Ghosh et al. (2021) exigem para reconhecer institucionalização em nível de regime. Contudo, análises do Tribunal de Contas da União apontam fragmentação na execução e redução de recursos: a PIEC alterou as regras formais, mas sua efetividade prática permanece disputada na implementação municipal e estadual.

O segundo conjunto, a Estratégia Nacional de Escolas Conectadas (Enec) e o Programa Escolas Conectadas, ilustra o mecanismo de reconfiguração multinível descrito por Geels (2002). A pandemia funcionou como pressão de paisagem, desestabilizando o regime educacional e abrindo uma janela de oportunidade para que a conectividade deixasse de ser tratada como acessória. Entre 2023 e 2026, a conectividade adequada em escolas indígenas avançou para 48,3%, em escolas quilombolas para 72,5% e em escolas do campo para 71,3%, num investimento da ordem de R$ 8,8 bilhões.

O caso da Escola Municipal Indígena Tapuruquara Mirim, no Médio Rio Negro (AM), acessível apenas após três horas de barco a partir de São Gabriel da Cachoeira, documenta, na escala do relato individual, a "cumulação de nichos" descrita por Geels.

O terceiro conjunto, a BNCC Computação, cumprindo de forma clara e evidente o critério de institucionalização em nível de regime, e por isso deve ser lido como o caso mais próximo de uma inovação verdadeiramente transformadora no sentido pleno do conceito. O Currículo de Referência elaborado pelo CIEB estabeleceu dezembro de 2025 como prazo para a incorporação da Computação aos currículos das redes públicas, e, a partir de 2025, o MEC passou a vincular o acesso ao Valor Aluno Ano Resultado (VAAR), uma das modalidades do Fundeb, à atualização curricular correspondente, um mecanismo de enforcement financeiro que redefine as regras do jogo institucional em escala nacional, exatamente a diferença que Diercks, Larsen e Steward (2019) apontam entre um paradigma de política ainda em disputa discursiva e um paradigma consolidado em regra vinculante.

O quarto conjunto reúne iniciativas privadas e híbridas de personalização por Inteligência Artificial. A plataforma Geekie, criada em 2011 como pioneira nacional em aprendizagem adaptativa, alcançou milhões de estudantes atendidos, com reconhecimento formal do MEC em 2013 e institucionalização como ferramenta oficial do programa Hora do Enem em 2016, associada a ganhos médios de 72 pontos em simulados oficiais. Em termos de Ghosh et al. (2021), porém, esse é o tipo de evidência classificado como resultado pontual de desempenho, e não como institucionalização de regime: por mais expressiva que seja a escala de usuários, a adoção da Geekie permanece uma decisão de mercado, sem vínculo a mecanismo de financiamento comparável ao da BNCC Computação.

Complementarmente, o projeto "Educação 4.0", implantado em 42 escolas ribeirinhas e indígenas do Amazonas por meio de solução offline (notebooks, servidores locais e plataforma adaptada à conectividade limitada), registrou relatos docentes de melhoria na compreensão (74%) e na motivação (68%) dos estudantes. Em escala, esse caso é modesto frente às dezenas de milhares de escolas atendidas pela Enec, mas demonstra que a transformação sociotécnica pode emergir de soluções desenhadas para operar dentro das restrições da paisagem amazônica, e não apesar delas, um exemplo raro de scaling deep sem scaling up prévio, na tipologia de Colombo (2024). Esse aprofundamento no entendimento das duas iniciativas aqui apresentadas representa dois tipos diferentes de sucesso parcial e ilustra o que cada uma tem exatamente em detrimento da outra.

Lidos em conjunto, os quatro conjuntos de evidências brasileiras posicionam-se em estágios distintos da trajetória nicho-regime, revelando a complexidade de se operar mudanças sistêmicas no Sul Global. A BNCC Computação configura-se como o caso mais próximo de inovação transformadora plena do ponto de vista da institucionalização de regime: diferentemente de iniciativas de nicho isoladas, ela opera uma reconfiguração das "regras do jogo" em escala nacional por meio de um mecanismo de enforcement financeiro (o vínculo entre o VAAR/Fundeb e a atualização curricular), caracterizando uma transição de cima para baixo, impulsionada pela paisagem sociotécnica e pela política de Estado. Esta revisão identifica, porém, que essa inovação carrega uma "impureza transformacional": embora apresente um scaling up (normatização e leis) totalmente consolidado, seu scaling deep (enraizamento em valores e práticas pedagógicas) permanece incerto, e o Brasil corre o risco de consolidar um "regime sem camada crítica", uma mudança formal nas regras curriculares sem a correspondente transformação na mediação pedagógica e na autoria estudantil defendida por autores como Papert e Freire. A efetividade plena dessa inovação depende, portanto, de superar o fosso entre a infraestrutura normativa e a formação docente, garantindo que a tecnologia atue na camada cognitiva (como ferramenta para pensar) e não apenas como conteúdo a ser transmitido passivamente. Por outro lado, a Enec representa uma transição em andamento; a PIEC ilustra a complexidade de sustentar, na prática administrativa, uma mudança já institucionalizada na letra da lei; e Geekie e Educação 4.0 mostram que nem toda tecnologia amplamente adotada ou localmente bem-sucedida configura, por si, inovação transformadora: a primeira demonstra escala sem institucionalização de regime, a segunda demonstra profundidade pedagógica sem escala.

Através da tipologia de trajetórias de Geels e Schot (2007) apresentada na seção 2.1, esses quatro conjuntos de evidências também podem ser diferenciados pelo tipo de interação entre nicho, regime e paisagem que os caracteriza. A PIEC aproxima-se de uma trajetória de transformação: pressão moderada e contínua (a demanda crescente por digitalização educacional) é absorvida por atores já estabelecidos no regime (MEC, CIEB, Fundação Lemann), que reorientam a política sem romper a arquitetura institucional vigente, o que explica por que sua institucionalização avançou na norma, mas permanece contestada na implementação, como registrado no Quadro 2. A Enec, por sua vez, aproxima-se de uma trajetória de desalinhamento e realinhamento: a pandemia funcionou como uma mudança

abrupta de paisagem, que expôs a fragilidade do regime de conectividade então vigente e abriu espaço para a coexistência de múltiplas iniciativas ainda em processo de consolidação, um realinhamento que, coerente com a classificação de "transição em andamento" do Quadro 2, ainda não se completou. Já a BNCC Computação ilustra uma trajetória de reconfiguração: o componente curricular de Computação foi inicialmente incorporado para resolver um problema pontual (a ausência de letramento computacional nos currículos), mas o mecanismo de enforcement via VAAR/Fundeb sinaliza o potencial de essa adoção pontual desencadear ajustes mais amplos na arquitetura curricular da educação básica, sem que os atores do regime percam o controle do processo, exatamente o que a classificação de "regime institucionalizado" do Quadro 2 já indicava, agora com um mecanismo teórico mais preciso para explicá-la. Geekie e Educação 4.0, por fim, permanecem, nos termos de Geels e Schot (2007), aquém de qualquer uma dessas quatro trajetórias: são inovações de nicho que, apesar de bem-sucedidas em sua escala ou profundidade, ainda não foram acompanhadas de pressão de paisagem suficiente para desencadear qualquer forma de reconfiguração do regime educacional brasileiro, o que reforça, por um caminho teórico adicional, a classificação de "nicho ampliado" e "nicho consolidado localmente" já atribuída a ambas no Quadro 2.

4.3 Quando uma tecnologia educacional é uma inovação transformadora?

O objetivo desta discussão é explicitar o cruzamento teórico que estrutura esta revisão desde a pergunta de pesquisa. Se a tecnologia educacional é definida por sua capacidade de mediação pedagógica ativa, distribuída nas camadas epistemológica, cognitiva, sociotécnica e crítica (seção 2.2), e a inovação transformadora é definida por sua trajetória de institucionalização de nicho a regime (seção 2.1), então nenhuma das duas dimensões, analisada isoladamente, é suficiente para classificar uma tecnologia como inovação transformadora.

Os resultados demonstram ser possível encontrar tanto tecnologias pedagógicas sofisticadas confinadas a nichos de mercado sem institucionalização de regime, quanto processos de institucionalização plenamente verificados, como a BNCC Computação, cuja efetividade pedagógica real ainda depende de uma camada crítica e cognitiva que a norma curricular não garante: a infraestrutura avança mais rapidamente do que a formação docente, reproduzindo a "impureza" transformacional que Colombo (2024) atribui a todo scaling up não acompanhado de scaling deep, ou seja, expandir um programa apenas burocrática ou estruturalmente, sem alterar crenças, valores e relações fundamentais, faz o currículo “fingir” mudar enquanto reproduz as mesmas lógicas antigas.

Esta pesquisa propõe, por isso, uma leitura matricial que cruza dois eixos: profundidade pedagógica, que avalia se a tecnologia substitui tarefas ou promove autoria e pensamento crítico (Papert; Costa et al., 2023), e institucionalização sociotécnica, baseada em Geels (2002), que mede se a inovação é projeto isolado (nicho) ou regra oficial do sistema (regime). O achado mais relevante é que nenhum dos casos atingiu maturidade plena, isto é, nenhum se posicionou no quadrante que une alta qualidade pedagógica a força de sistema totalmente consolidada.

No grupo que possui muita força no sistema, mas qualidade pedagógica ainda incerta, situam-se a BNCC Computação e o software Moodle: embora tenham adoção em massa e escala nacional. O fato de serem "regra" ou ferramentas comuns não garante que o ensino seja libertador ou crítico, um limite que os próprios autores e documentos dessas áreas reconhecem. No quadrante de alta qualidade pedagógica, mas ainda com pouca força oficial, estão o modelo ABP-IA, o Learning Analytics e o projeto "Educação 4.0" da Amazônia: esses casos mostram evidências fortes de que os alunos aprendem de forma ativa e criativa, porém ainda funcionam como experiências limitadas, que não escalaram para mudar o sistema inteiro. No quadrante de menor maturidade relativa, situa-se a Geekie: apesar de ter escala comercial de sucesso e ajudar no desempenho em avaliações, ela ainda não é uma regra institucional pública (regime), e sua

prática foca mais no resultado imediato do que na emancipação crítica proposta por Costa et al. (2023). A figura abaixo apresenta essa análise:

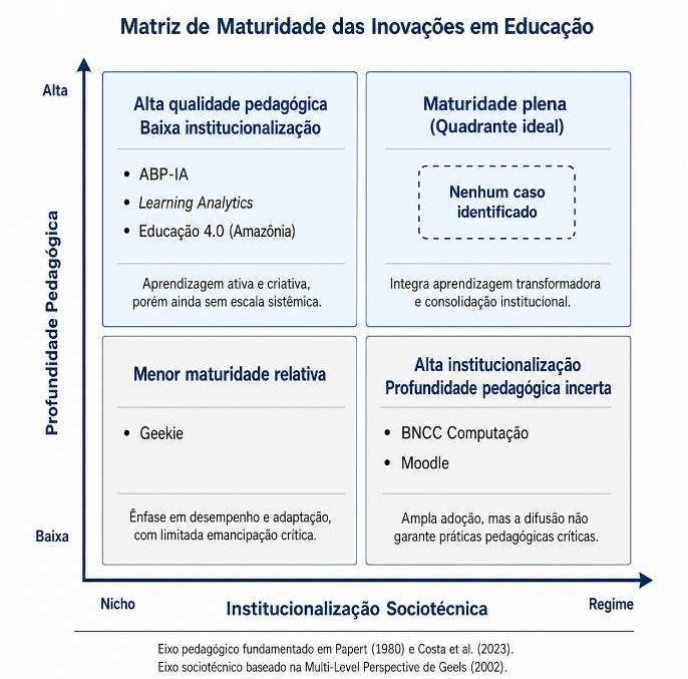


Figura 1 – Matriz de Maturidade das Inovações em Educação

Fonte: Elaboração própria, fundamentada em Papert e Harel (1991), Geels (2002) e Costa et al. (2023), a partir da síntese dos estudos analisados nesta revisão integrativa.

4.4 Brasil e mundo: duas lentes de transformação

A comparação entre o cenário internacional e o cenário brasileiro revela um padrão consistente ao longo de toda a revisão: enquanto no plano internacional as evidências de inovação transformadora concentram-se predominantemente em tecnologias específicas de sala de aula (Inteligência Artificial aplicada a projetos, Realidade Aumentada, Learning Analytics), cuja institucionalização, quando ocorre, avança de baixo para cima, a partir de iniciativas pedagógicas de nicho que buscam posteriormente escala institucional, começando em contextos pequenos, que aos poucos ganham escala obedecendo as lógicas de mercado e alinhas a eficiência para manutenção de funcionalismo.

No plano brasileiro as evidências mais robustas de institucionalização em nível de regime concentram-se em políticas públicas de infraestrutura e currículo (a PIEC, a Enec e a BNCC Computação), cuja institucionalização avança de cima para baixo, a partir de decisão de Estado que posteriormente busca efetividade pedagógica na ponta. A lógica de sua gênese é inversa, partem de uma escala nacional para adentrar na sala de aula.

Essa diferença reflete condições estruturais distintas. Nos casos internacionais analisados (a EduAR e o ABP-IA), a inovação nasce de equipes de pesquisa ou de iniciativas institucionais de escopo relativamente contido, e sua trajetória de escala, quando bem-sucedida, depende de adoção voluntária progressiva por outras instituições, o que corresponde ao mecanismo de "cumulação de nichos" descrito por Geels (2002) em sua forma mais clássica. No Brasil, a magnitude dos desafios de infraestrutura educacional (como ilustra a distância material entre a Escola Municipal Indígena Tapuruquara Mirim e a rede de conectividade nacional) exige, desde o início, mobilização de recursos e coordenação em escala que nenhuma

iniciativa de nicho isolada poderia sustentar, o que explica por que a política pública assume, no caso brasileiro, o papel de agente inicial de transformação, e não apenas de consolidador tardio de nichos bem-sucedidos. Essa constatação é coerente com a tese de Schot e Steinmueller (2018) de que o Sul Global não precisa necessariamente reproduzir a trajetória do Norte, podendo liderar seu próprio modelo, no qual o Estado assume, desde o início, o papel de arquiteto da paisagem sociotécnica, somente a ação do Estado tem escala para promoção de transformação sociotécnica.

Essas diferenças estruturais produzem, contudo, um risco específico: o de que a institucionalização de regras (leis, decretos, vínculos de financiamento) anteceda, e substitua, a institucionalização de práticas pedagógicas críticas. As diferenças entre Brasil/ Mundo não são aleatórias, elas existem porque as condições materiais do Brasil (desigualdade territorial extrema) exigem que o Estado aja primeiro. Esse risco dialoga diretamente com a crítica de Costa et al. (2023) à "colonização do design" da educação digital: currículos e infraestruturas pensados e normatizados centralmente correm o risco de serem replicados sem adaptação suficiente às condições sociais e culturais de cada território. O regime sem uma camada crítica pode incentivar uma mudança de política “no papel”, mas que não adentra na transformação da educação em sala de aula.

A pergunta relevante, portanto, não é quem promove a tecnologia (Estado ou Mercado), mas se sua trajetória está comprometida com os problemas sociais concretos que permeiam a educação no Brasil, e se esse compromisso pode ser verificado por dados que permitam questionar o processo. Conforme os exemplos nacionais e internacionais, não importa de onde partiu a gênese da transformação (lógica de mercado ou atuação governamental), mas se a tecnologia educacional, para caracterizar-se como inovação transformadora, resolve problemas educacionais advindos de uma situação específica (aqui, a pandemia global) que gere a necessidade de mudança e que, ao ser amplamente disseminada, se caracterize como transformadora.

Essa combinação de direcionalidade clara e verificação de dados permite distinguir uma resposta emergencial amplamente adotada de uma inovação transformadora. A reação a um gatilho comum revelou, em ambos os cenários, trajetórias distintas de institucionalização, e nenhum dos casos analisados sustentou ao mesmo tempo a força da regra (regime) e a profundidade da mudança pedagógica.

5 Considerações finais

Esta revisão integrativa teve como objetivo mapear, com base em critérios teóricos explícitos, quais tecnologias educacionais atuais, no Brasil e no mundo, reúnem evidências de inovação transformadora. No plano internacional, identificaram-se seis conjuntos de tecnologias em diferentes estágios da trajetória nicho-regime. No plano brasileiro, dos quatro conjuntos de evidências identificados, apenas a BNCC Computação atende plenamente ao critério de institucionalização em nível de regime. Conclui-se, assim, que a inovação transformadora em tecnologia educacional, tanto no Brasil quanto no mundo, não decorre da novidade técnica das ferramentas analisadas, nem exclusivamente de sua escala de adoção ou de seu grau de institucionalização normativa, mas da capacidade de articular, simultaneamente, mediação pedagógica crítica e institucionalização sociotécnica de regime, duas condições que, como demonstrado ao longo desta revisão, raramente se realizam por completo ao mesmo tempo.

Esta revisão apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação de seus resultados, ela envolve um componente interpretativo, especialmente em casos de institucionalização parcial ou recente, como o da BNCC Computação, cujo prazo de implementação nacional ainda está em curso no momento da elaboração desta revisão, e cuja

efetividade pedagógica de longo prazo não pode, por ora, ser verificada empiricamente. Some-se a isso a heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos, que combina ensaios teóricos, estudos de caso, pesquisas quase-experimentais e documentos institucionais, inviabilizando qualquer forma de agregação estatística ou meta-análise de efeitos. Essa escolha é coerente com o desenho de revisão integrativa e com o objetivo predominantemente conceitual desta revisão, mas limita a força da evidência quantitativa de impacto educacional das tecnologias mapeadas, sobretudo daquelas, cujos estudos, relatam ganhos de desempenho (Geekie, ABP-IA) sem desenho experimental controlado.

Como sugestões de pesquisas futuras, recomenda-se: (i) acompanhamento longitudinal da BNCC Computação, verificando se o scaling deep (formação docente e mudança de valores pedagógicos) acompanha o scaling up já consolidado na norma; (ii) estudos empíricos sobre tecnologias emergentes ainda não institucionalizadas, como o MEC RED e ferramentas de nicho voltadas à integridade pedagógica frente à Inteligência Artificial generalista; e (iii) pesquisas que testem, em outros contextos do Sul Global, a hipótese de que Estados podem ser agentes iniciais de transformação sociotécnica, e não apenas consolidadores tardios de nichos bem-sucedidos. A agenda futura deve focar na política da prática: não apenas no que a tecnologia pode fazer, mas em como os arranjos institucionais e pedagógicos podem sustentar o potencial libertador dessas ferramentas, questionando se é possível institucionalizar a autonomia intelectual sem burocratizar o processo criativo.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, E. Piaget's constructivism, Papert's constructionism: what's the difference? *Future of Learning Group Publication*, 2001. Disponível em: http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20_%20Papert.pdf.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). *BNDES leva internet a quase 1 milhão de alunos em escolas públicas no programa Escolas Conectadas*. 2026. Disponível em: https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-leva-internet-a-quase-1-milhao-de-alunos-em-escolas-publicas-no-programa-Escolas-Conectadas/. Acesso em: 23 jul. 2026.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade, v. 5, n. 11*, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220.

BRASIL. Decreto nº 9.204, de 23 de novembro de 2017. *Institui o Programa de Inovação Educação Conectada*. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9204.htm. Acesso em: 23 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 14.180, de 1º de julho de 2021. *Institui a Política de Inovação Educação Conectada*. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14180.htm. Acesso em: 23 jul. 2026.

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA (CIEB). *Currículo de Referência em Tecnologia e Computação; Computação como direito de aprendizagem: caminhos para a implementação da BNCC Computação*. 2025.

Disponível em: https://cieb.net.br/computacao-como-direito-de-aprendizagem-caminhos-para-a-implementacao-da-bncc-computacao/. Acesso em: 23 jul. 2026.

COLOMBO, M. G. Transforming management education: insights from social-ecological systems and social innovation research. *Journal of Management Studies*, 2024. DOI: 10.1111/joms.13166.

COSTA, C.; BHATIA, S.; MURPHY, M.; PEREIRA, A. Digital education colonized by design: curriculum reimagined. *Education Sciences, v. 13, n. 9*, 2023. DOI: 10.3390/educsci13090895.

DIERCKS, G.; LARSEN, H.; STEWARD, F. Transformative innovation policy: addressing variety in an emerging policy paradigm. *Research Policy*, 2019. DOI: 10.1016/j.respol.2018.10.028.

EDUCACIONAL.COM.BR. *Solução educacional leva ensino tecnológico para escolas do Amazonas*. 2023. Disponível em: https://www.educacional.com.br/. Acesso em: 23 jul. 2026.

FUNDAÇÃO LEMANN. *BNCC Computação: implementação obrigatória nos currículos brasileiros começa em 2026*. 2026. Disponível em: https://fundacaolemann.org.br/. Acesso em: 23 jul. 2026.

GEEKIE. *Inteligência Artificial na Educação: personalização da aprendizagem*. 2024. Disponível em: https://www.geekie.com.br/blog/. Acesso em: 23 jul. 2026.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 2002. DOI: 10.1016/S0048-7333(02)00062-8.

GEELS, F. W.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy, v. 36, n. 3*, 2007. DOI: 10.1016/j.respol.2007.01.003.

GHOSH, B. et al. Transformative outcomes: assessing and reorienting experimentation with transformative innovation policy. *Science and Public Policy*, 2021. DOI: 10.1093/scipol/scab045.

HUGHES, T. P. The evolution of large technological systems. In: BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P.; PINCH, T. (Org.). *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge, MA: MIT Press, 1987.

JONASSEN, D. H. Hypertext principles for text and courseware design. *Educational Psychologist*, 1986. DOI: 10.1080/00461528609529337.

MÉNDEZ GIJÓN, D. et al. The role of open-source software as a technological alternative for blended learning in LMS systems. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 2025. DOI: 10.3991/ijep.v15i2.50169.

MEZIROW, J. *Learning as Transformation: Critical Perspectives on a Theory in Progress*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 2000.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). *Conectividade aumenta em escolas indígenas, quilombolas e rurais*. 2026. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br. Acesso em: 23 jul. 2026.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES; ENTIDADE ADMINISTRADORA DA CONECTIVIDADE DE ESCOLAS (EACE). *Eu e meus colegas estamos conseguindo aprender tudo através da internet*, diz estudante indígena do Amazonas. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mcom/pt-br. Acesso em: 23 jul. 2026.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 2006. DOI: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.

MOKYR, J. *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. New York: Oxford University Press, 1990.

MOVPLAN. *Lousas digitais na educação ribeirinha: lições do Amazonas (Projeto Educação 4.0)*. 2026. Disponível em: https://movplan.com.br/. Acesso em: 23 jul. 2026.

PAPERT, S.; HAREL, I. Situating constructionism. In: HAREL, I.; PAPERT, S. (Org.). *Constructionism*. Norwood: Ablex Publishing, 1991. Disponível em: http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html.

ROJAS, M.; CHIAPPE, A. Artificial intelligence and digital ecosystems in education: a review. *Technology, Knowledge and Learning*, 2024. DOI: 10.1007/s10758-024-09732-7.

RUIZ-PALMERO, J.; SÁNCHEZ-RIVAS, E.; RUIZ-VIRUEL, R. Un nuevo modelo de aprendizaje: el ABP-IA. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 2025. DOI: 10.6018/reifop.661571.

SCHOT, J.; STEINMUELLER, W. E. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 2018. DOI: 10.1016/j.respol.2018.08.011.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein, v. 8, n. 1*, 2010. DOI: 10.1590/S1679-45082010RW1134.

SPOSATO, M. Artificial intelligence in educational leadership: a comprehensive taxonomy and future directions. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2025. DOI: 10.1186/s41239-025-00517-1.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). *Painel de acompanhamento: Educação Conectada*. 2026. Disponível em: https://sites.tcu.gov.br/educacao-conectada/. Acesso em: 23 jul. 2026.

VELARDE-CAMAQUI, D. et al. Enhancing STEAM education through augmented reality: the EduAR open platform experience. *Frontiers in Education*, 2024. DOI: 10.3389/feduc.2024.1391803.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing, v. 52, n. 5*, 2005. DOI: 10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x.

ZHENG, Y.; WANG, L.; DU, X. A dual-path framework for enhancing student engagement and learning outcomes in sports education: integrating technology acceptance, self-regulation, and self-efficacy. *PLOS ONE, v. 21, n. 1*, 2026. DOI: 10.1371/journal.pone.0345809.