

MEDIAÇÃO TECNOLÓGICA E EDUCAÇÃO BILÍNGUE: DESAFIOS DA INOVAÇÃO DIGITAL NA INCLUSÃO DE SURDOS

*TECHNOLOGICAL MEDIATION AND BILINGUAL EDUCATION: CHALLENGES OF
DIGITAL INNOVATION IN DEAF INCLUSION*

*MEDIACIÓN TECNOLÓGICA Y EDUCACIÓN BILINGÜE: DESAFÍOS DE LA
INNOVACIÓN DIGITAL EN LA INCLUSIÓN DE SORDOS*

Ana Rosária Soares da Silva

Doutora em Estudos Literários
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Maria Lúcia Aguiar Teixeira

Doutora em História
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Shirlane Maria Batista da Silva Miranda

Doutora em Educação
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Elizangela Fernandes Martins

Doutora em Educação
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Laurilene Cardoso da Silva Lopes

Doutora em Educação
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Antonio Luiz Alencar Miranda

Doutor em Linguística
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Dilmar Rodrigues da Silva Júnior

Doutor em Educação
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

DOI: <https://doi.org/10.46550/ilustracao.v7i5.660>

Aceito em: 19.05.2026

Resumo: Este artigo investiga os impactos, contribuições e desafios da inovação digital e das metodologias ativas na mediação pedagógica da educação bilíngue para estudantes surdos. O objetivo geral consiste em analisar como os recursos tecnológicos e o *design* visual podem atuar como vetores de inclusão escolar e linguística. Metodologicamente, a pesquisa configura-se como uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Multimídia e na perspectiva socioantropológica da surdez. Os resultados apontam



que a estruturação de ambientes virtuais baseados na epistemologia visual — como layouts de tela dividida, uso de sinalização e propostas como a Sala de Aula Invertida — potencializa o processamento cognitivo e o protagonismo do educando. Contudo, a efetivação desse potencial emancipatório encontra severas barreiras na persistência de uma matriz ouvincetrista nas plataformas, no refinamento gramatical limitado de avatares 3D, nas assimetrias infraestruturais socioeconômicas e na carência de letramento digital docente. Conclui-se que o sucesso da inovação digital inclusiva depende de políticas públicas integradas que transcendam o paradigma clínico da deficiência, garantindo equidade e justiça curricular mediante os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem.

Palavras-chave: Educação Bilíngue; Inovação Digital; Epistemologia Visual; Inclusão de Surdos.

Abstract: This article investigates the impacts, contributions, and challenges of digital innovation and active methodologies in the pedagogical mediation of bilingual education for deaf students. The general objective is to analyze how technological resources and visual design can act as vectors for educational and linguistic inclusion. Methodologically, the research is structured as a literature review with a qualitative approach, grounded in the Cognitive Theory of Multimedia Learning and the socio-anthropological perspective of deafness. The results indicate that the structuring of virtual environments based on visual epistemology — such as split-screen layouts, the use of sign language, and approaches like the Flipped Classroom — enhances cognitive processing and student autonomy. However, the realization of this emancipatory potential faces severe barriers due to the persistence of a hearing-centric framework in digital platforms, the limited grammatical refinement of 3D avatars, socioeconomic infrastructural asymmetries, and the lack of teacher digital literacy. It is concluded that the success of inclusive digital innovation depends on integrated public policies that transcend the clinical paradigm of disability, guaranteeing equity and curricular justice through the principles of Universal Design for Learning.

Keywords: Bilingual Education; Digital Innovation; Visual Epistemology; Inclusion of the Deaf.

Resumen: Este artículo investiga los impactos, contribuciones y desafíos de la innovación digital y de las metodologías activas en la mediación pedagógica de la educación bilingüe para estudiantes sordos. El objetivo general consiste en analizar cómo los recursos tecnológicos y el diseño visual pueden actuar como vectores de inclusión escolar y lingüística. Metodológicamente, la investigación se configura como una revisión bibliográfica de enfoque cualitativo, fundamentada en la Teoría del Aprendizaje Multimedia y en la perspectiva socioantropológica de la sordera. Los resultados señalan que la estructuración de entornos virtuales basados en la epistemología visual —como diseños de pantalla dividida, el uso de la lengua de señas y propuestas como la Aula Invertida— potencializa el procesamiento cognitivo y el protagonismo del educando. Sin embargo, la concreción de este potencial emancipatorio encuentra severas barreras en la persistencia de una matriz oyentecetrista en las plataformas, en el refinamiento gramatical limitado de los avatares 3D, en las asimetrías infraestructurales socioeconómicas y en la carencia de alfabetización digital docente. Se concluye que el éxito de la innovación digital inclusiva depende de políticas públicas integradas que trasciendan el paradigma clínico de la discapacidad, garantizando la equidad y la justicia curricular mediante los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje.

Palabras clave: Educación Bilingüe; Innovación Digital; Epistemología Visual; Inclusión de Sordos.

Introdução

A transformação digital contemporânea tem provocado mudanças significativas nos processos de ensino-aprendizagem. Segundo Pretto (2011), essas mudanças exigem uma análise sobre como as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) medeiam a aquisição linguística na educação bilíngue de surdos. No cenário brasileiro, a partir do reconhecimento legal da Língua Brasileira de Sinais (Libras) pela Lei nº 10.436/2002 e pelo Decreto nº 5.626/2005, expandiu-se a necessidade de desenvolver recursos capazes de potencializar sua difusão.

De acordo com Quadros (2008), por ser uma língua de modalidade gestual-visual, a Libras encontra no suporte digital um forte aliado, superando as limitações dos materiais estáticos impressos ao capturar movimentos corporais e expressões faciais tridimensionais essenciais para sua compreensão gramatical. Ademais, sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Multimídia, Mayer (2009) reitera que a integração de vídeos e animações no ecossistema digital atua como um insumo linguístico (*input*) dinâmico e fundamental, que estimula os canais cognitivos visuais e otimiza de forma singular o desenvolvimento pedagógico do estudante surdo.

Contudo, a inserção dessas inovações no ciberespaço não ocorre sem tensões. Embora haja um vasto campo de possibilidades virtuais, os desafios da acessibilidade linguística e a escassez de metodologias ativas voltadas especificamente para a pedagogia visual dos surdos ainda limitam o potencial inclusivo do ecossistema digital. Diante desse panorama complexo e das lacunas ainda existentes na transposição didática para o ambiente virtual, emerge a necessidade de uma investigação sobre o tema. Logo, este estudo adensa o debate científico ao propor o seguinte problema: Quais são os principais desafios e contribuições da inovação digital na mediação pedagógica da educação bilíngue para a efetiva inclusão de estudantes surdos?

Desse modo, este artigo discute o impacto das tecnologias digitais na educação bilíngue, analisando as metodologias ativas aplicadas ao ensino de Libras e mapeando os desafios da acessibilidade linguística no ciberespaço. Para tanto, o trabalho estruturar-se-á em seções que abordam, inicialmente, o papel do design visual na aprendizagem multimídia para surdos; em seguida, debaterá as práticas pedagógicas inovadoras mediadas por tecnologia; e, por fim, apontará os limites técnicos e pedagógicos que ainda precisam ser superados para que a inovação digital seja, de fato, um vetor de inclusão social e linguística.

O papel do design visual na aprendizagem multimídia para surdos

A construção do conhecimento pelo sujeito surdo ancora-se prioritariamente em uma experiência de mundo visual, o que autores como Skliar (2016) e Quadros (2008) denominam de epistemologia visual. Diferente dos indivíduos ouvintes, cuja mediação linguística e cognitiva primária ocorre pela via fonético-auditiva, os surdos estruturam seus processos de pensamento, memória e linguagem a partir da imagem, do espaço e do movimento. Desse modo, o design visual de ambientes digitais de aprendizagem deixa de ser um mero adereço estético e passa a configurar-se como a própria condição de possibilidade para a acessibilidade pedagógica e linguística. Conforme analisa Albres (2020),

Quando transposto para o ciberespaço, o material didático precisa ser projetado respeitando essa singularidade cultural e cognitiva, sob pena de reproduzir barreiras de exclusão invisíveis aos olhos ouvintes. O conteúdo digital inovador deve nascer pensado na lógica visuoespacial: interfaces limpas, centralidade do vídeo sinalizado, uso de infográficos que dialoguem com a espacialidade da Libras e a flexibilidade para que o próprio usuário gerencie o espaço da tela. Só assim o ciberespaço deixará de camuflar exclusões e se tornará um ecossistema efetivamente bilíngue e emancipatório (Albres, 2020, p. 09).

Para compreender como essa mediação ocorre no cérebro humano, a Teoria da Aprendizagem Multimídia, formulada por Richard Mayer (2009), oferece um arcabouço teórico fundamental, embora necessite de adaptações quando aplicada à comunidade surda. A esse respeito, Mayer (2009) postula que:

O processamento cognitivo humano utiliza dois canais independentes: o canal auditivo/verbal e o canal visual/pictórico. O aprendizado é maximizado quando a informação é processada simultaneamente por ambos os canais, gerando conexões entre representações verbais e visuais (Mayer, 2009, p. 45).

Nesse sentido, Albres (2020), aponta a necessidade de refinamento dos princípios de Mayer. Visto que, o design visual para surdos deve mitigar a sobrecarga cognitiva por meio de uma arquitetura de informação limpa, onde o arranjo espacial dos elementos impeça a dispersão da atenção dividida. Para Albres, a aplicação prática do design visual na aprendizagem multimídia para surdos exige a operacionalização de princípios de legibilidade, contraste, hierarquia e sinalização.

O primeiro grande desafio reside no gerenciamento da tela. Se em uma videoaula para ouvintes o estudante pode desviar os olhos do professor para fazer anotações ou observar um gráfico sem perder a explicação em áudio, para o aluno surdo esse desvio quebra o fluxo de recepção linguística. Se ele não olha para o sinalizador, a comunicação cessa (Albres, 2020, p. 06).

Para resolver essa fragmentação da atenção, o design de interface deve aplicar o Princípio da Contiguidade Espacial de Mayer (2009), que orienta posicionar palavras/textos e imagens

correspondentes próximos uns dos outros na tela. Em plataformas educacionais bilíngues, isso se traduz no alinhamento milimétrico entre o vídeo em Libras e os esquemas visuais, infográficos ou termos em Língua Portuguesa escrita (como segunda língua).

Outro fator crítico é a escolha da paleta de cores e o contraste do plano de fundo onde o intérprete ou professor de Libras se posiciona. Conforme as diretrizes de acessibilidade digital defendidas por Stumpf (2010), o fundo do vídeo de sinalização deve ser neutro, sem estampas, texturas ou objetos que causem ruído visual e gerem fadiga ocular após longas horas de exposição às telas. Segundo a autora:

O vestuário do sinalizador também deve contrastar claramente com o tom de sua pele. Tons escuros de azul, verde ou cinza são frequentemente recomendados para fundos e vestimentas, pois destacam o contorno das mãos e a expressividade facial, elementos estruturantes da sintaxe da Libras (Stumpf, 2010, p. 81).

Além disso, os textos nos ambientes virtuais para surdos devem usar letras limpas e sem aqueles pequenos traços nos cantos (chamadas de fontes sem serifa, como *Arial* ou *Helvetica*). Esse tipo de letra facilita a leitura na tela, ajudando principalmente os surdos que ainda estão aprendendo a ler e escrever o Português. A página também deve ser organizada de forma inteligente: usar caixas de texto coloridas, ícones fáceis de entender e pequenos efeitos visuais. Esses recursos funcionam como setas ou pistas visuais, chamando a atenção do aluno para a palavra ou conceito mais importante no mesmo instante em que o professor está explicando em Libras.

O avanço da cultura digital disponibilizou um ecossistema de ferramentas que transformam a teoria do design multimídia em práticas pedagógicas concretas. Segundo Stumpf (2010), plataformas de autoria de vídeo e design gráfico, como o Canva, Adobe Express e softwares de edição de vídeo como Camilo ou OBS Studio, permitem que professores e designers instrucionais criem layouts de tela dividida (split-screen) personalizados. Nas análises de Stumpf (2010):

Nessas configurações, o vídeo do professor em Libras ocupa uma porção fixa e proeminente da tela (geralmente à esquerda ou em tamanho ampliado no centro-direita), enquanto os tópicos visuais surgem dinamicamente na área adjacente, sincronizados temporalmente (Stumpf, 2010, p. 44).

Seguindo essa evolução para o campo da inteligência artificial e da computação gráfica, os avatares sinalizadores 3D têm se posicionado como uma forte tendência de inovação tecnológica, embora seu uso ainda seja objeto de intensos debates conceituais. Na literatura da área, destaca-se que ferramentas como o *VLibras* (uma suíte de ferramentas computacionais de código aberto desenvolvida no Brasil) e o aplicativo *Hand Talk* utilizam a inteligência artificial para traduzir textos automáticos em português para a Libras por meio de personagens tridimensionais, como o Hugo e a Maya.

Sob a ótica do design visual, os avatares oferecem vantagens metodológicas consideráveis: permitem a padronização estética dos materiais, possuem custos de inferiores à produção contínua de vídeos em estúdio e possibilitam o zoom e a rotação de câmera em 360 graus, permitindo que o estudante surdo visualize a configuração de mão e o ponto de articulação do sinal sob diferentes ângulos espaciais. No entanto, Quadros e Stumpf (2010) criticam o uso dessas ferramentas sem um cuidado visual rigoroso. Eles explicam que:

A gramática da Libras depende profundamente das expressões do rosto e dos movimentos do corpo. São essas expressões que mostram se uma frase é uma afirmação, uma pergunta, uma exclamação ou uma ironia, além de indicarem o tempo (passado, presente, futuro) e a intensidade da ação. Sem esse detalhamento no rosto do personagem, a comunicação falha. Se o personagem em 3D (avatar) tiver movimentos travados, artificiais e não demonstrar expressões no rosto, a mensagem em Libras se perde. Isso acontece porque as expressões faciais e o movimento do corpo fazem parte da gramática da língua de sinais (Quadros; Stumpf, 2010, p. 13).

Sem essa naturalidade, o aluno surdo não consegue entender o que está sendo dito. Por isso, a tecnologia aplicada a esses personagens deve usar sistemas que copiam os movimentos de pessoas reais e geram imagens de alta qualidade. Só assim essa ferramenta digital será realmente útil para o aprendizado e a inclusão.

Portanto, pensar o design visual na aprendizagem multimídia para surdos exige ir além do tecnicismo instrumental; demanda uma reflexão sobre a democratização do saber e o respeito à identidade do educando. O erro mais comum na transposição de conteúdos para o digital tem sido a mera adição de uma pequena “janela de Libras” no canto inferior da tela de vídeos majoritariamente pensados para ouvintes. Essa prática, criticada por Lacerda e Santos (2013), negligencia a proporcionalidade visual necessária para o conforto cognitivo do surdo, forçando-o a um esforço visual extenuante para decodificar sinais milimétricos em telas de computadores ou, pior, de dispositivos móveis como smartphones.

Uma verdadeira estética inclusiva propõe o inverso: o design de interface deve nascer com e para a comunidade surda, adotando os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). Isso significa conceber layouts flexíveis, onde o próprio usuário possa personalizar a interface de acordo com suas necessidades, expandindo o tamanho do vídeo da sinalização, alterando a cor de fundo, ativando ou desativando legendas e controlando a velocidade de reprodução do vídeo sem perda de resolução (Lacerda; Santos, 2013, p. 32).

Mediante ao exposto, a reflexão que se impõe para o futuro da educação bilíngue mediada por tecnologias é que a inovação digital não se restringe à sofisticação dos softwares utilizados, mas sim à sensibilidade epistemológica do designer pedagógico. Ao compreender a imagem e a Libras não como ferramentas de tradução de segunda categoria, mas como a manifestação legítima do pensamento do sujeito surdo, o design multimídia assume sua função política e

social: transformar as telas do ciberespaço em territórios de práticas pedagógicas que visem a emancipação, o diálogo e a construção do conhecimento do sujeito surdo.

As práticas pedagógicas: metodologias ativas e a ressignificação do papel do aluno surdo

A inserção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no cenário educacional ganha contornos de inovação quando associada às metodologias ativas de aprendizagem. Skliar (2016), enfatiza que tradicionalmente, a educação de surdos esteve pautada em modelos clínicos e assistencialistas, que posicionavam o estudante como um receptor passivo de intervenções de reabilitação ou de traduções literais e tardias. As práticas pedagógicas inovadoras rompem com essa lógica linear ao colocar o estudante surdo no centro do processo de construção do conhecimento, utilizando as ferramentas digitais como mediadoras da autonomia, da autoria e do pensamento crítico.

No contexto da educação bilíngue, as metodologias ativas — como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a Aprendizagem Baseada em Projetos e a Gamificação — encontram nas TDIC um terreno fértil para se desenvolverem a partir de uma perspectiva sociocultural. Moran (2018) argumenta que as tecnologias funcionam como catalisadores de ecossistemas abertos de aprendizagem, permitindo que os alunos explorem caminhos personalizados. Nesse mesmo sentido, para Lacerda e Santo (2013),

Para o educando surdo, isso significa a oportunidade de interagir com o conteúdo científico diretamente em sua língua de instrução (a Libras), sem a dependência exclusiva da mediação em tempo real de um intérprete presencial, fomentando o protagonismo cognitivo (Lacerda; Santos, 2013).

A inovação pedagógica, portanto, reside na arquitetura de atividades que exijam do estudante a resolução de desafios reais por meio da pesquisa, da colaboração em rede e da produção de mídias digitais em sinais. Ao criar webdocumentários, infográficos animados ou participar de fóruns virtuais de discussão sinalizados, o aluno surdo deixa de ser apenas um consumidor de tecnologias assistivas e passa a atuar como produtor de cultura e conhecimento no ciberespaço.

Nesse sentido, uma das práticas pedagógicas mediadas por tecnologia de maior impacto na atualidade é a Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*). Nesse modelo de ensino, conforme Bacich; Tanzi Neto; Trevisani (2015), a dinâmica tradicional é invertida: o estudante entra em contato com os conceitos teóricos fundamentais em seu espaço individual e de forma assíncrona, utilizando o ambiente virtual de aprendizagem, e reserva o espaço coletivo da sala de aula presencial para debates, esclarecimento de dúvidas e atividades práticas.

Para os autores Bacich; Tanzi Neto; Trevisani (2015),

Quando aplicada à educação bilíngue de surdos, a sala de aula invertida mitiga uma das maiores barreiras do ensino tradicional: a disparidade no tempo de processamento linguístico entre alunos surdos e ouvintes. Em uma aula expositiva convencional, o aluno surdo precisa processar visualmente o sinal do intérprete, ler os slides do professor e, simultaneamente, tentar fazer anotações. Essa dinâmica gera um esgotamento atencional severo e, frequentemente, perda de conteúdo (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015, p. 66).

Assim, com a inversão do fluxo pedagógico, o professor disponibiliza previamente videoaulas roteirizadas e gravadas em Libras, hipertextos com suporte visual e glossários terminológicos digitais. O estudante surdo pode assistir aos vídeos no seu próprio ritmo, pausar, retroceder e consultar os sinais técnicos quantas vezes forem necessárias. Albres (2020), acrescenta que, conseqüentemente, ao chegar no momento síncrono ou presencial, o aluno já internalizou o insumo linguístico essencial, permitindo que o tempo pedagógico com o professor seja integralmente otimizado para interações dialógicas profundas, argumentação e produção colaborativa.

Dessa maneira, a aplicação dessas práticas inovadoras exige dos educadores uma curadoria digital criteriosa, focada em selecionar ferramentas que superem a barreira linguística e aumentem o engajamento dos alunos. Plataformas de gamificação como Kahoot!, Quizizz e Mentimeter têm sido muito utilizadas no ensino bilíngue para esse fim. Ao estruturar os questionários digitais, os professores substituem enunciados textuais complexos em língua portuguesa por vídeos curtos ou GIFs em Libras. Nas abordagens de Quadros (2008), essa estratégia visual garante que o estudante surdo seja avaliado pelo seu real conhecimento na disciplina — seja História, Biologia ou Matemática —, e não pela sua proficiência em leitura no Português escrito, que funciona como sua segunda língua.

No âmbito dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), plataformas abertas como o Moodle e o Google Classroom permitem a criação de trilhas de aprendizagem hipermediáticas. Práticas inovadoras nesses ambientes incluem a implementação de “fóruns de discussão em vídeo”, nos quais, em vez de postarem respostas em texto escrito, os estudantes surdos realizam o *upload* de suas argumentações diretamente em formato de vídeo sinalizado. Essa prática legitima a Libras como língua de produção acadêmica e científica no espaço virtual, fortalecendo a autoexpressão e a identidade do sujeito. Sob a ótica de Stumpf (2010),

Outro recurso de vanguarda pedagógica são as ferramentas de mapas mentais digitais (como *MindMeister* e *Miro*), que funcionam como excelentes organizadores cognitivos visuais. Nesses espaços, os alunos surdos podem correlacionar conceitos abstratos a imagens, ícones e pequenos vídeos sinalizados, estruturando redes semânticas que refletem com precisão a organização espacial de seu pensamento, sem a necessidade de linearização textual exigida pelas línguas orais (Stumpf, 2010, p. 14).

A despeito do potencial emancipatório dessas práticas mediadas por tecnologia, a sua implementação em larga escala enfrenta desafios estruturais e pedagógicos complexos. O primeiro deles refere-se ao nível de letramento digital do corpo docente. Kenski (2012) aponta que a tecnologia por si só não transforma a educação se o professor não possuir a competência político-pedagógica para desenhar atividades inovadoras. Na educação de surdos, muitos professores de salas regulares ou mesmo de escolas bilíngues carecem de formação continuada para produzir materiais digitais acessíveis, limitando-se a replicar repositórios de vídeos genéricos da internet que nem sempre possuem qualidade linguística ou aderência curricular.

Além disso, a infraestrutura tecnológica das instituições de ensino e o acesso democrático à internet de alta velocidade configuram-se como determinantes socioeconômicos da exclusão digital. Como a mediação pedagógica para o surdo exige o uso intensivo de vídeos em alta definição para que a configuração de mão e a expressão facial sejam nítidas, estudantes que dependem de pacotes de dados móveis limitados ou conexões de baixa qualidade sofrem uma exclusão severa no acesso às atividades assíncronas.

Portanto, o sucesso das práticas pedagógicas inovadoras requer que as instituições e os designers instrucionais elaborem um desenho pedagógico centrado na equidade. Isso envolve planejar atividades que prevejam a compressão adequada dos arquivos de vídeo sem perda de nitidez, a criação de repositórios locais acessíveis offline e, fundamentalmente, o desenvolvimento de metodologias que articulem as ferramentas digitais às vivências culturais e territoriais da comunidade surda, garantindo que a inovação tecnológica ande de mãos dadas com a justiça curricular e linguística.

Desafios da inovação digital na inclusão de surdos

A reflexão sobre a mediação tecnológica na educação bilíngue de surdos exige compreender que a inovação digital não se consolida de forma automática pela inserção de artefatos tecnológicos — como computadores, *tablets* ou *softwares* de tradução — nas instituições de ensino. Conforme adverte Kenski (2012), as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) demandam uma intencionalidade pedagógica clara para que operem como ferramentas de emancipação, evitando a mera reprodução de práticas tradicionais excludentes disfarçadas de modernidade. No campo da surdez, essa problemática é tensionada por desafios de ordens ideológica, técnica, socioeconômica e pedagógica que condicionam a eficácia da inclusão digital.

O primeiro grande desafio reside na superação da matriz ouvincetrista que historicamente estrutura os ecossistemas digitais de aprendizagem. A maioria das plataformas educacionais contemporâneas é concebida sob o pressuposto de que o áudio e a escrita em língua oral são os canais universais e exclusivos de comunicação. Diante disso, Albres (2020) aponta a urgência de superar o hiato existente entre o avanço técnico e o respeito à singularidade linguística e cultural do estudante surdo, exigindo que o desenvolvimento de plataformas educacionais nasça integrado à perspectiva bilíngue. Para a autora:

[...] essa integração pressupõe o reconhecimento prático de que a Língua Brasileira de Sinais (Libras) é a primeira língua (L1) e a modalidade escrita da Língua Portuguesa é a segunda língua (L2) desse público, conforme preconizam a Lei nº 10.436/2002 e o Decreto nº 5.626/2005 (Albres, 2020, p. 11).

Sem esse alinhamento político-pedagógico, as ferramentas digitais perpetuam barreiras invisíveis que limitam o acesso ao conhecimento e desconsideram o direito do estudante de ser instruído em sua língua materna.

No plano estritamente técnico e linguístico, um desafio central e complexo diz respeito ao uso de avatares sinalizadores em 3D guiados por Inteligência Artificial. Nessa mesma abordagem, Quadros e Stumpf (2010) ressaltam que, se, por um lado, ferramentas como o *VLibras* e o aplicativo *Hand Talk* democratizam o acesso a conteúdos textuais na internet, por outro, pesquisadores da linguística de línguas de sinais tecem críticas contundentes à sua aplicação quando desprovida de um refinamento gramatical rigoroso.

Outrossim, a gramática da Libras depende das marcações não manuais, que envolvem movimentos corporais e expressões faciais responsáveis por determinar o tom de uma frase, flexionar verbos e diferenciar conceitos. Para Moran (2018), quando o *design* desses avatares se apresenta de forma rígida, mecânica ou sem expressividade facial, ocorre uma quebra severa na transmissão do sentido, tornando o insumo linguístico incompreensível. A inovação tecnológica, portanto, enfrenta o desafio técnico de desenvolver sistemas de captura de movimento e modelagem que alcancem a fluidez, a sensibilidade e a precisão da comunicação humana real.

Para além das questões de interface, as barreiras socioeconômicas e infraestruturais emergem como fatores determinantes para a exclusão digital. A mediação pedagógica visuoespacial para surdos demanda o uso intensivo de vídeos de alta definição e plataformas interativas síncronas e assíncronas para garantir a nitidez e a legibilidade da sinalização. No entanto, Pretto (2011) salienta que:

As assimetrias no acesso à internet de alta velocidade e a escassez de dispositivos tecnológicos adequados nas escolas públicas brasileiras precarizam o alcance dessas propostas. Estudantes surdos em contextos de vulnerabilidade social acabam marginalizados nos modelos de ensino híbrido ou remoto devido à incapacidade de carregar dados de vídeo complexos em seus dispositivos móveis. Esse cenário transforma a tecnologia em um vetor de ampliação das desigualdades escolares, em vez de uma ferramenta de democratização do saber (Pretto, 2011, p 28).

Por fim, esse panorama de desigualdades é agravado pela carência de políticas públicas de formação continuada que capacitem o corpo docente para o exercício do letramento digital voltado à educação bilíngue. Como discute Moran (2018), as metodologias ativas mediadas por tecnologia exigem que o professor mude sua postura de transmissor para a de *designer* de experiências de aprendizagem inovadoras.

Na modalidade de educação de surdos, essa transição requer que o docente domine não apenas a operação técnica dos *softwares*, mas a lógica da pedagogia visual e da curadoria digital acessível. A ausência de capacitação específica faz com que muitos educadores repliquem materiais didáticos estáticos, lineares e textocentristas em ambientes virtuais, negligenciando o uso de potencialidades inovadoras e dialógicas, tais como fóruns sinalizados em vídeo, mapas mentais interativos ou avaliações gamificadas adaptadas para a comunidade surda.

Depreende-se, assim, que os desafios da inovação digital na inclusão de surdos perpassam dimensões técnicas, pedagógicas, políticas e sociais que não podem ser resolvidas de forma isolada. A mediação tecnológica, nas palavras de Skliar (2016), só se consolidará como um suporte fundamental para a educação bilíngue quando houver a superação do paradigma clínico-terapêutico que enxerga o surdo a partir da deficiência, passando a compreendê-lo sob a vertente socioantropológica, como um sujeito de direitos dotado de uma identidade cultural e linguística legítima.

Em face do exposto, conclui-se, portanto, que o futuro da inovação digital inclusiva está diretamente condicionado à formulação de políticas públicas integradas. Torna-se imperativo garantir a infraestrutura tecnológica nas escolas, promover o letramento digital docente e incentivar o desenvolvimento de tecnologias educacionais concebidas sob os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). Somente a partir dessa articulação será possível transformar o ciberespaço em um legítimo território de emancipação política e pedagógica para a comunidade surda.

Considerações finais

O artigo buscou responder de que maneira a inovação digital, imbricada às metodologias ativas, pode contribuir para a mediação pedagógica na educação bilíngue, bem como mapear os desafios que tensionam a efetiva inclusão dos estudantes surdos no ciberespaço. Os resultados deste estudo revelam que as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) ultrapassam a condição de meros suportes técnicos de acessibilidade; elas configuram-se como ambientes de afirmação da epistemologia visual e da identidade surda.

Em resposta ao problema proposto, as principais contribuições da inovação digital residem na superação do textocentrismo e da linearidade dos materiais didáticos impressos tradicionais. Amparado pela Teoria da Aprendizagem Multimídia de Mayer (2009), redesenhada sob a lógica visuoespacial, o estudo demonstrou que a arquitetura de telas divididas (*split-screen*), a correta aplicação de contrastes cromáticos de Stumpf (2010) e a sincronia temporal entre o insumo em Libras e a Língua Portuguesa em L2 otimizam o processamento cognitivo e mitigam a sobrecarga atencional do educando.

Ademais, no plano das práticas pedagógicas, a implementação de modelos como a Sala de Aula Invertida (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015) provou ser um vetor de equidade. Ao transferir o contato inicial com os conceitos científicos em Libras para o espaço assíncrono individual, a

proposta respeita o tempo de processamento linguístico do estudante, transformando o momento coletivo presencial em um território de interações dialógicas profundas e protagonismo do sujeito. Ferramentas de vanguarda como fóruns sinalizados em vídeo e mapas mentais interativos materializam a Libras não apenas como língua de instrução, mas como legítimo instrumento de produção acadêmica e científica.

Por outro lado, o artigo evidenciou que o potencial emancipatório dessas tecnologias é fortemente tensionado por desafios de ordem ideológica, técnica e estrutural. Constatou-se a persistência de uma matriz ouvincrista no *design* de plataformas que negligenciam a proporcionalidade da imagem da sinalização, reduzindo-a a janelas marginais e exaustivas. Do ponto de vista tecnológico, o uso de avatares 3D guiados por Inteligência Artificial enfrenta o severo desafio de incorporar o refinamento estético-gramatical das marcações não manuais (Quadros; Stumpf, 2010), fundamentais para que a comunicação não sofra rupturas de sentido.

Por fim, desvelou-se que as assimetrias socioeconômicas no acesso a dados de vídeo em alta definição e a carência de um letramento digital docente voltado à curadoria visual acessível (Kenski, 2012; Moran, 2018) convertem a tecnologia, muitas vezes, em um vetor de ampliação de desigualdades escolares, marginalizando os surdos em contextos de vulnerabilidade. Em última análise, as contribuições da inovação digital na educação bilíngue de surdos só atingirão sua plenitude quando a técnica for orientada pelo paradigma socioantropológico da surdez (Skliar, 2016), rechaçando a visão clínico-terapêutica da deficiência.

O futuro desse ecossistema inclusivo e democrático não depende da sofisticação isolada dos *softwares*, mas da formulação de políticas públicas integradas nítidas, capazes de subsidiar a infraestrutura das escolas públicas, promover a formação continuada dos educadores e fomentar tecnologias universais baseadas no Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). Somente assim as telas do ciberespaço consolidar-se-ão como legítimos territórios de emancipação política, linguística e pedagógica para a comunidade surda.

Referências

- ALBRES, Neiva de Aquino. O uso de tecnologias digitais na mediação pedagógica para alunos surdos: reflexões sobre a carga cognitiva. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Bauru, v. 26, n. 3, jul./set. 2020.
- BACICH, Lilian; TANZI NETO, Adolfo; TREVISANI, Fernando de Mello (org.). **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BRASIL. **Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002**. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002.
- BRASIL. **Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005**. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005.
- KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed.

Campinas: Papirus, 2012.

LACERDA, Cristina Broglia Feitosa de; SANTOS, Lara Ferreira dos (org.). **Tenho um aluno surdo, e agora?** Introdução à Libras e a aspectos educacionais da surdez. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

MAYER, Richard E. **Multimedia Learning**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MORAN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. *In*: BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

PRETTO, Nelson De Luca. **Uma rede de conceitos**: o desafio da tecnologia na educação. Salvador: Edufba, 2011.

QUADROS, Ronice Müller de. **Educação de surdos**: a aquisição da linguagem. Porto Alegre: Artmed, 2008.

QUADROS, Ronice Müller de; STUMPF, Marianne Rossi. Tecnologias digitais e línguas de sinais: novos horizontes na educação bilíngue. **Revista Informática na Educação**: teoria & prática, Porto Alegre, v. 13, n. 2, jul./dez. 2010.

SKLIAR, Carlos. **Pedagogia (improvável) da diferença**: e se o outro não estivesse aí? Rio de Janeiro: DP&A, 2016.

STUMPF, Marianne Rossi. Tecnologias digitais na educação de surdos. *In*: QUADROS, Ronice Müller de; STUMPF, Marianne Rossi (org.). **Estudos da Língua Brasileira de Sinais I**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2010.