

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NA EDUCAÇÃO DE ESTUDANTES SURDOS: ACESSO, USOS PEDAGÓGICOS E EFETIVIDADE

Darley Goulart Nunes¹

Doutorando em Letras pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

<https://orcid.org/0000-0003-0537-1030>

RESUMO: Este artigo analisa as contribuições das tecnologias assistivas para a educação de estudantes surdos, considerando as condições de acesso, os usos pedagógicos e os critérios de efetividade. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa e caráter analítico-interpretativo, fundamentada em estudos sobre ambientes virtuais, realidade aumentada, vídeos em Libras, materiais bilíngues, aplicativos, lousas digitais e formação docente. Os resultados demonstram que a disponibilidade de equipamentos e plataformas não assegura, isoladamente, a inclusão educacional. A efetividade dos recursos depende da acessibilidade linguística, da presença da Libras como língua de instrução, do ensino do português escrito como segunda língua, da mediação pedagógica e da participação dos estudantes surdos na avaliação das tecnologias. Também foram identificadas barreiras relacionadas à conectividade, à infraestrutura, à formação insuficiente dos professores e à ausência de suporte institucional. Conclui-se que as tecnologias assistivas podem ampliar a comunicação, a autonomia, a interação e a aprendizagem, desde que sejam integradas ao currículo e concebidas a partir das necessidades linguísticas e educacionais dos estudantes surdos. Portanto, seu valor não reside apenas na inovação técnica, mas na capacidade de reduzir barreiras e promover participação efetiva.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia assistiva. Educação de surdos. Acessibilidade.

ASSISTIVE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATION OF DEAF STUDENTS: ACCESS, PEDAGOGICAL USES, AND EFFECTIVENESS

ABSTRACT: This article analyzes the contributions of assistive technologies to the education of deaf students, considering access conditions, pedagogical uses, and effectiveness criteria. It is a bibliographic study with a qualitative and analytical-interpretive approach, based on research addressing virtual learning environments, augmented reality, videos in Brazilian Sign Language, bilingual materials, applications, digital whiteboards, and teacher education. The results demonstrate that the availability of equipment and digital platforms alone does not ensure educational inclusion. The effectiveness of these resources depends on linguistic

accessibility, the use of Brazilian Sign Language as the language of instruction, the teaching of written Portuguese as a second language, pedagogical mediation, and the participation of deaf students in technology assessment. Barriers related to connectivity, infrastructure, insufficient teacher preparation, and lack of institutional support were also identified. It is concluded that assistive technologies can enhance communication, autonomy, interaction, and learning when they are integrated into the curriculum and designed according to the linguistic and educational needs of deaf students. Therefore, their value lies not only in technical innovation but also in their ability to reduce barriers and promote effective participation.

KEY-WORDS: Assistive technology. Deaf education. Accessibility.

INTRODUÇÃO

As transformações tecnológicas ocorridas nas últimas décadas ampliaram as possibilidades de comunicação, participação social e acesso ao conhecimento. No campo educacional, plataformas virtuais, vídeos, aplicativos, lousas digitais, dispositivos móveis, ambientes interativos, recursos de legendagem e sistemas de tradução passaram a integrar práticas de ensino em diferentes níveis e modalidades. Entretanto, a simples presença desses recursos não assegura inclusão. Quando se trata da educação de estudantes surdos, a discussão precisa considerar, simultaneamente, a acessibilidade tecnológica, a condição linguística dos sujeitos, a centralidade da Língua Brasileira de Sinais (Libras), o ensino do português escrito como segunda língua e a qualidade da mediação pedagógica.

No Brasil, a Lei nº 10.436/2002 reconheceu a Libras como meio legal de comunicação e expressão, enquanto o Decreto nº 5.626/2005 regulamentou esse reconhecimento e estabeleceu medidas relacionadas à formação profissional e à educação de pessoas surdas. Posteriormente, a Lei Brasileira de Inclusão, Lei nº 13.146/2015, consolidou a acessibilidade e a tecnologia assistiva no conjunto dos direitos destinados à participação autônoma das pessoas com deficiência. A Lei nº 14.191/2021, ao inserir a educação bilíngue de surdos na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, fortaleceu a compreensão de que a Libras deve ocupar o lugar de primeira língua e o português escrito o de segunda língua no processo de escolarização. Esses marcos normativos oferecem uma base importante, mas sua efetivação depende de condições materiais, linguísticas, pedagógicas e institucionais.

É nesse espaço entre direito formal e experiência escolar que as tecnologias assistivas precisam ser analisadas. Um recurso pode estar disponível e, ainda assim, permanecer inacessível; pode funcionar tecnicamente e não promover compreensão; pode apresentar conteúdo em formato visual, mas desconsiderar a Libras; ou pode ser adequado às necessidades dos estudantes, porém utilizado sem planejamento, continuidade ou avaliação. Portanto, acesso, uso pedagógico e efetividade constituem dimensões relacionadas, mas não equivalentes. O acesso diz respeito à possibilidade concreta de alcançar, compreender e operar o recurso. O uso pedagógico envolve a incorporação intencional da tecnologia

aos objetivos de aprendizagem. A efetividade, por sua vez, exige verificar se a ferramenta contribui para reduzir barreiras, favorecer a participação, ampliar a autonomia e produzir aprendizagens significativas.

Os problemas evidenciados durante o ensino remoto reforçam essa distinção. A revisão realizada por Lima, Novato e Carvalho (2022) identificou, entre as principais dificuldades enfrentadas por estudantes surdos, a falta de materiais e tecnologias, a insuficiência de professores e intérpretes de língua de sinais e as desigualdades intensificadas em contextos socioeconômicos vulneráveis. Ao mesmo tempo, os autores registraram estratégias como legendagem, tradução em tempo real, materiais didáticos acessíveis, plataformas digitais e formação em língua de sinais. O período demonstrou que a tecnologia pode manter vínculos educacionais e criar alternativas de acesso, mas também pode reproduzir ou aprofundar exclusões quando conectividade, equipamentos, acessibilidade linguística e apoio humano não são garantidos.

Essa ambivalência também aparece em experiências anteriores à pandemia. Arcoverde (2006) demonstra que ferramentas de comunicação mediada por computador ampliam as interações entre pessoas surdas e ouvintes e criam espaços para o uso social da escrita. Na Educação Superior, Ribeiro, Miranda e Galvão Filho (2019) verificaram que estudantes surdos reconheciam os recursos tecnológicos como potencializadores da aprendizagem, do envolvimento e da participação. Contudo, essa utilização não era uma prática generalizada entre os docentes. Em ambos os casos, o potencial tecnológico se realiza somente quando as ferramentas são relacionadas às formas de interação, às experiências linguísticas dos estudantes e às decisões pedagógicas de professores e instituições.

Outro cuidado necessário consiste em não tratar toda tecnologia digital como tecnologia assistiva. Um computador, um aplicativo ou uma plataforma podem ser utilizados por qualquer estudante e permanecer indiferentes às barreiras vivenciadas pelas pessoas surdas. O caráter assistivo emerge quando o recurso, o serviço, a estratégia ou a metodologia aumenta funcionalidade, autonomia, comunicação e participação, respondendo a necessidades efetivamente identificadas. Nessa perspectiva, tecnologias de uso geral podem assumir função assistiva quando configuradas e mediadas de modo acessível, enquanto ferramentas anunciadas como inclusivas podem fracassar caso ignorem a diversidade linguística e cultural do público a que se destinam.

Os estudos selecionados para este artigo contemplam diferentes tecnologias e contextos: avaliação de ambientes virtuais (Pivetta; Saito; Ulbricht, 2014); escrita e interação em espaços digitais (Arcoverde, 2006); realidade aumentada no ensino de palavras em Libras e português escrito (Carvalho; Manzini, 2017); lousa digital e alfabetização matemática (Cappelin; Greca; Balbino, 2015); tablets e objetos de aprendizagem na educação bilíngue (Martins; Lins, 2015); produção de aulas sinalizadas e materiais bilíngues (Souza; Timóteo Júnior, 2016); cultura digital no ensino de História (Muniz; Lima, 2019); vídeos educacionais

e acessibilidade (Campello; Oliveira; Kelman, 2021; Pinho; Antunes; Fortes, 2022); cursos on-line (Áfio *et al.*, 2016); formação de professores para tecnologias emergentes (Carvalho; Souza; Coutinho, 2025); além de revisões sobre inclusão e acessibilidade comunicacional (Santos *et al.*, 2025a; Santos; Romani; Nunes Sobrinho, 2025b).

Diante desse conjunto, o objetivo deste artigo é analisar as tecnologias assistivas na educação de estudantes surdos, articulando as condições de acesso, os usos pedagógicos e os critérios de efetividade. Busca-se compreender em que circunstâncias os recursos tecnológicos contribuem para a educação bilíngue e de que maneira limitações de infraestrutura, formação docente, desenho de interfaces e acessibilidade linguística interferem nos resultados. Metodologicamente, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa e caráter analítico-interpretativo, desenvolvida a partir de quinze artigos acadêmicos sobre tecnologia, educação e surdez, complementados pelos marcos legais brasileiros pertinentes. A análise foi organizada em quatro eixos: fundamentos e acesso; acessibilidade linguística e comunicacional; práticas pedagógicas e materiais bilíngues; e efetividade, avaliação e condições institucionais.

Defende-se que a efetividade das tecnologias assistivas não pode ser medida apenas pela disponibilidade do equipamento, pelo atendimento automático a padrões técnicos ou pela novidade da ferramenta. Ela depende da participação dos estudantes surdos na avaliação dos recursos, da presença da Libras desde a concepção, da integração ao currículo, da mediação docente, do suporte institucional e da existência de evidências de aprendizagem e participação. Assim, a tecnologia é compreendida neste artigo como mediação sociotécnica e pedagógica, cujo valor decorre das relações que ajuda a construir, das barreiras que efetivamente reduz e das oportunidades de autoria que oferece aos estudantes surdos.

REFERENCIAL TEORICO

O conceito de tecnologia assistiva abrange produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços orientados à promoção da funcionalidade, da autonomia, da independência e da participação. No ambiente educacional, essa definição impede que a tecnologia seja reduzida a um artefato isolado. O recurso somente adquire sentido quando situado em uma atividade, vinculado a objetivos pedagógicos e relacionado às barreiras que precisam ser enfrentadas. Para estudantes surdos, tais barreiras podem envolver a ausência de informação em Libras, o predomínio de explicações orais, a falta de legendas adequadas, interfaces organizadas exclusivamente pela lógica do português e materiais visuais sem mediação linguística.

Santos *et al.* (2025a), em revisão narrativa sobre tecnologias assistivas e inclusão educacional de pessoas surdas, identificam benefícios na comunicação, no desenvolvimento acadêmico e na inclusão social. Entre os recursos abordados estão programas de tradução de texto para língua de sinais, legendagem em tempo real, tradução de fala por inteligência

artificial e tecnologias auditivas. A diversidade do inventário mostra que não existe uma solução única para todos os estudantes. A população surda é heterogênea em termos de trajetória linguística, identidade, idade de aquisição da língua, preferências comunicacionais, escolarização e relação com tecnologias auditivas. Por isso, a escolha de recursos deve ser orientada pelas características e decisões dos usuários, e não por uma imagem homogênea da surdez.

A educação bilíngue fornece o fundamento linguístico para essa seleção. A Libras não é um apoio eventual destinado a compensar a ausência da audição; é uma língua de instrução, interação e produção de conhecimentos. O português escrito, por sua vez, demanda metodologias de segunda língua. Quando um recurso digital reproduz longos textos sem mediação em Libras, transfere para a tela uma barreira já presente em materiais impressos. De modo semelhante, acrescentar uma janela de Libras ao final da produção, sem planejar enquadramento, tamanho, contraste, ritmo e articulação entre as linguagens, pode resultar em acessibilidade apenas formal. O desenho bilíngue precisa orientar a produção desde o início.

Essa compreensão está de acordo com a legislação educacional brasileira. A Lei nº 10.436/2002 reconhece a Libras como sistema linguístico de natureza visual-motora, e o Decreto nº 5.626/2005 vincula a garantia de acesso à comunicação, à informação e à educação à presença da língua de sinais e de profissionais qualificados. A Lei nº 14.191/2021, ao definir a educação bilíngue de surdos, explicita a organização Libras como primeira língua e português escrito como segunda. Por consequência, uma política de tecnologia assistiva para esse público não pode se limitar à aquisição de dispositivos: ela deve assegurar ecossistemas de aprendizagem nos quais conteúdos, interfaces, interações e avaliações respeitem essa organização linguística.

O acesso, nesse contexto, possui pelo menos cinco dimensões. A primeira é material e envolve equipamentos, conectividade, manutenção e disponibilidade de softwares. A segunda é técnica e diz respeito à possibilidade de operar interfaces, navegar, localizar informações e utilizar diferentes funções. A terceira é linguística, relacionada à oferta de Libras, legendas, textos adequados e vocabulários especializados. A quarta é pedagógica e se refere à integração do recurso aos objetivos, às atividades e às avaliações. A quinta é social e institucional, pois depende de apoio, formação, políticas de empréstimo, equipes de produção e participação dos estudantes nas decisões. A ausência de qualquer uma dessas dimensões pode comprometer as demais.

O estudo de Lima, Novato e Carvalho (2022) evidencia a interdependência dessas condições. Durante a pandemia, a falta de acesso a materiais e tecnologias impediu a participação de estudantes surdos, especialmente em contextos de maior pobreza. Mesmo quando havia conexão, a escassez de materiais acessíveis, docentes preparados e intérpretes limitava o acompanhamento das aulas. A situação demonstrou que exclusão digital não significa apenas estar desconectado; também inclui receber conteúdos

incompreensíveis, não conseguir participar das interações síncronas ou depender de adaptações tardias e improvisadas.

Pinho, Antunes e Fortes (2022) relatam a produção de vídeos para crianças surdas nos anos iniciais do Ensino Fundamental durante esse período. As autoras reconhecem a tecnologia como aliada, mas assinalam a necessidade de aprender a utilizar as ferramentas e de refletir sobre acessibilidade para reduzir desigualdades de informação e educação. A experiência revela que a passagem para formatos digitais não é automática: professores precisaram reorganizar conteúdos, considerar a Libras como língua de instrução, elaborar materiais visuais e enfrentar limitações sociais das famílias. O acesso, portanto, envolve tanto a chegada do vídeo ao estudante quanto a possibilidade de compreendê-lo, interagir com ele e inseri-lo em uma continuidade pedagógica.

No Ensino Superior, Ribeiro, Miranda e Galvão Filho (2019) mostram outro aspecto do acesso: a mediação tecnológica pode favorecer envolvimento e participação, mas seu uso ainda depende da iniciativa de parte dos docentes. Estudantes entrevistados citaram slides, vídeos, imagens, aplicativos de tradução, celulares e computadores. Esses recursos contribuíam para processar informações associadas à experiência visual, mas não substituíam explicações acessíveis nem a interação com professores e intérpretes. A tecnologia ampliava o repertório de mediações quando integrada à aula; quando utilizada como simples projeção de textos, podia conservar as barreiras.

Por essa razão, a análise do acesso deve superar indicadores quantitativos como número de laboratórios, equipamentos ou licenças. Esses dados são relevantes, mas insuficientes. É necessário investigar quem utiliza os recursos, em quais atividades, com que apoio, em qual língua e com quais resultados. A instituição pode possuir infraestrutura e, ainda assim, não garantir participação; inversamente, professores podem criar estratégias potentes com recursos simples, embora a sustentabilidade dessas práticas não deva depender exclusivamente de esforço individual. A equidade requer investimento público e responsabilidade institucional.

Martins e Lins (2015), ao analisarem tablets e objetos de aprendizagem em uma proposta bilíngue, apontam o predomínio das potencialidades sobre as limitações. Entretanto, as autoras situam tais potencialidades em projetos pedagógicos que consideravam alfabetização, letramento, exclusão escolar e retorno de jovens e adultos à escola. O tablet não aparece como solução autônoma, mas como parte de uma intervenção que articula língua, currículo, história escolar e práticas de leitura e escrita. Essa perspectiva ajuda a definir um princípio central: o acesso tecnologicamente mediado somente se converte em direito à educação quando acompanha acesso linguístico, curricular e relacional.

A acessibilidade digital refere-se às condições pelas quais pessoas com diferentes características conseguem perceber, compreender, navegar, interagir e produzir conteúdo em sistemas digitais. No caso dos estudantes surdos, ela envolve uma composição de linguagens e recursos: Libras em vídeo, legendas, português escrito, imagens, animações,

esquemas, sinais especializados, organização espacial e mecanismos de interação. Nenhum desses elementos, isoladamente, garante compreensão. Sua efetividade depende da qualidade técnica, da coerência entre modos semióticos e da adequação ao público e ao objetivo educacional.

Santos, Romani e Nunes Sobrinho (2025b) mapearam estudos sobre janela de Libras, legendagem para surdos e ensurdecidos, documento acessível, acesso à informação e outros recursos comunicacionais. A revisão conclui que a combinação diversificada de linguagens e tecnologias favorece a acessibilidade. Os autores formulam um princípio decisivo:

Evidencia-se que os princípios da acessibilidade comunicacional devem ser considerados desde a concepção de produtos comunicacionais acessíveis, minimizando, assim, a necessidade de desenvolver adaptações ou exclusividades que atendam de forma isolada a determinados grupos (Santos; Romani; Nunes Sobrinho, 2025b, p. 14-15).

Considerar a acessibilidade desde a concepção altera o processo de produção. Em vez de concluir um material pensado para ouvintes e posteriormente solicitar sua tradução, a equipe define, desde o roteiro, como Libras, português, imagem e interação participarão da construção de sentidos. Isso permite planejar a duração dos vídeos, evitar sobrecarga visual, garantir legibilidade, selecionar terminologia e estabelecer correspondências entre explicação sinalizada e elementos gráficos. Também favorece a participação de professores e profissionais surdos na autoria e na validação, reduzindo o risco de que decisões sobre acessibilidade sejam tomadas sem os usuários.

Pivetta, Saito e Ulbricht (2014) demonstram a insuficiência de confiar exclusivamente em ferramentas automáticas. Na avaliação de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem, as autoras combinaram inspeção automatizada e avaliação subjetiva com pessoas surdas. A análise automática identificava problemas associados à codificação; os usuários, porém, evidenciaram questões de compreensão, organização, presença da língua de sinais e uso de recursos visuais. Na conclusão, afirmam:

Enquanto as avaliações automáticas são eficientes na validação de elementos relativos à codificação, a avaliação humana se mostrou mais adequada nas tarefas relacionadas a aspectos mais subjetivos, como os relacionados à compreensão no ambiente virtual. Neste sentido, para a obtenção de resultados de avaliação mais completos, recomenda-se o uso concomitante das técnicas de avaliação automática e humana (Pivetta; Saito; Ulbricht, 2014, p. 159).

Esse resultado diferencia conformidade e acessibilidade vivenciada. Um ambiente pode cumprir critérios técnicos e ainda dificultar a localização de informações, apresentar textos excessivamente complexos ou não incluir Libras. A participação de usuários surdos em testes permite identificar obstáculos que não são reconhecidos por verificadores automáticos. Ela também evita que a diversidade do público seja reduzida a uma lista de requisitos fixos, pois diferentes usuários podem apresentar necessidades distintas em razão de suas experiências linguísticas e digitais.

Áfio *et al.* (2016) avaliaram automaticamente a acessibilidade de um curso on-line sobre saúde sexual e reprodutiva. Após a correção das advertências pertinentes, as páginas foram consideradas adequadas aos padrões de acessibilidade Web. O estudo apresenta um procedimento sistemático de construção e manutenção de material educativo digital e destaca recursos como legendas, imagens, animações, cores, linguagem simples e organização da navegação. Ao mesmo tempo, a própria discussão reconhece que diretrizes gerais e avaliação automática não contemplam completamente aspectos percebidos com a presença de pessoas surdas. Assim, sua contribuição é dupla: mostra a importância da validação técnica e, por contraste, reforça a necessidade de complementá-la com avaliação linguística, pedagógica e humana.

A multimodalidade precisa ser distinguida de mera acumulação de estímulos. Adicionar texto, vídeo, imagem e animação sem hierarquia pode dividir a atenção do estudante e produzir sobrecarga. Um design multimodal acessível seleciona os modos mais adequados para cada informação e estabelece relações claras entre eles. Em uma aula de Ciências, por exemplo, o vídeo em Libras pode explicar o conceito, a animação representar um processo e o texto registrar a terminologia em português; em uma atividade de leitura, a Libras pode contextualizar o gênero e apoiar a discussão, enquanto o português escrito permanece como objeto de análise. A função de cada recurso precisa ser pedagogicamente definida.

A produção de materiais bilíngues na Universidade Federal de Viçosa, analisada por Souza e Timóteo Júnior (2016), ilustra essa articulação. A equipe realizou transposição linguística de conteúdos da Engenharia Civil, reuniu intérpretes e estudante surdo e produziu aulas sinalizadas que combinavam Libras, português escrito, imagens, animações, vídeos e slides. A criação de sinais para conceitos especializados integrou o processo. A experiência mostra que acessibilidade em áreas técnicas exige trabalho colaborativo, estudo conceitual e validação terminológica; não se resume a posicionar um intérprete diante da câmera.

Também é necessário reconhecer que legenda e janela de Libras atendem a funções e públicos diferentes. A legenda torna visual uma informação originalmente sonora e pode favorecer estudantes proficientes no português escrito, pessoas ensurdecidas e usuários que combinam modalidades. Para estudantes cuja primeira língua é a Libras, a legenda não substitui a explicação sinalizada, especialmente quando o texto é longo, rápido ou conceitualmente complexo. A janela de Libras, por sua vez, precisa ter tamanho,

resolução, contraste e enquadramento que permitam visualizar mãos, corpo e expressões não manuais. Se for pequena ou sincronizada inadequadamente, sua mera existência não assegura acesso.

Arcoverde (2006) acrescenta uma dimensão interativa à acessibilidade. Ao analisar e-mails, chats e listas de discussão, a autora observa que as tecnologias digitais criam dinâmicas linguístico-discursivas e ampliam espaços de interação entre surdos e ouvintes. O português escrito não aparece somente como conteúdo escolar, mas como linguagem utilizada em práticas sociais reais. Essa mudança é relevante porque desloca o estudante da condição de receptor de material adaptado para a posição de interlocutor e autor. A acessibilidade, portanto, deve incluir meios de expressão e participação, e não apenas recursos para consumir informações.

Muniz e Lima (2019), ao discutirem cultura digital e ensino de História, também relacionam tecnologia, currículo e bilinguismo. Os autores concluem que há possibilidade de avanços quando o ensino bilíngue se associa às tecnologias digitais da informação e comunicação. A pesquisa sobre vídeos disponíveis em diferentes sites demonstra a importância da curadoria: o professor precisa avaliar qualidade linguística, confiabilidade histórica, adequação visual e pertinência didática. Um vídeo acessível não é necessariamente um material pedagogicamente suficiente; sua inserção em perguntas, debates, comparações de fontes e produções dos estudantes transforma-o em mediação para a aprendizagem histórica.

Desse modo, acessibilidade comunicacional e multimodalidade exigem decisões que atravessam roteiro, interface, linguagem e atividade. A Libras deve ser tratada como língua completa de produção de conhecimento; o português escrito, como segunda língua e objeto de práticas sociais; e os recursos visuais, como componentes intencionalmente organizados. Esse desenho não elimina a necessidade de intérpretes ou professores bilíngues, mas amplia as condições para que todos os participantes acompanhem, retomem, discutam e produzam conteúdo.

O valor educacional de uma tecnologia não reside em sua novidade, mas nas experiências de aprendizagem que ela possibilita. Um mesmo equipamento pode servir à exposição passiva de informações ou à investigação, colaboração e autoria. Na educação de estudantes surdos, os usos mais consistentes são aqueles que articulam a experiência visual, a interação em Libras, o ensino do português escrito, a construção de conceitos e a produção dos próprios estudantes. A tecnologia precisa participar da organização didática, e não constituir um momento separado ou meramente motivacional.

Carvalho e Manzini (2017) investigaram um programa de ensino de quinze palavras com tecnologia de realidade aumentada, aplicado a oito estudantes surdos entre sete e dezesseis anos. O software relacionava sinais, figuras e palavras em português. Os resultados evidenciaram domínio dos sinais e dificuldades na identificação de correspondentes escritos e imagéticos, além de problemas na ordenação das letras. Ao sintetizarem as

contribuições da intervenção, os autores afirmam que “a aplicação do recurso pode não só ensinar palavras e relações novas, como também ampliar a elaboração de estratégias para o ensino planejado em Educação Especial” (Carvalho; Manzini, 2017, p. 215).

O estudo é relevante porque avalia repertórios antes, durante e depois da intervenção, evitando atribuir eficácia ao recurso apenas por sua aparência inovadora. Também demonstra que a realidade aumentada não elimina dificuldades linguísticas: ela cria condições para que relações entre Libras, figura e português escrito sejam ensinadas sistematicamente. O planejamento em pequenos passos, as avaliações de sondagem e o acompanhamento dos erros transformam o software em instrumento de intervenção pedagógica. Sem essa estrutura, a mesma ferramenta poderia produzir envolvimento momentâneo sem evidências de aprendizagem.

Na alfabetização matemática, Cappelin, Greca e Balbino (2015) propõem materiais digitais para crianças surdas dos primeiros anos, utilizados com lousa digital. As autoras articulam educação bilíngue, estratégias visuais e conceitos matemáticos. A lousa permite manipular representações, aproximar sinais, números, imagens e registros escritos e desenvolver atividades coletivas. Contudo, a potencialidade não decorre da superfície interativa em si. Ela depende de tarefas que permitam comparar procedimentos, explicar raciocínios em Libras, registrar soluções e compreender a linguagem matemática.

A visualidade, nesse contexto, não deve ser confundida com simplificação. Estudantes surdos não aprendem automaticamente porque um conteúdo contém imagens. Recursos visuais precisam ser selecionados, interpretados e relacionados aos conceitos. Diagramas, fotografias, animações e cores podem organizar informações, representar relações e apoiar memória; também podem distrair, reforçar ambiguidades ou substituir indevidamente explicações. A mediação em Libras é o que permite problematizar essas representações e integrá-las à construção conceitual.

Martins e Lins (2015) analisam o uso de tablets e o desenvolvimento de objetos de aprendizagem na Educação de Jovens e Adultos. A experiência situa as tecnologias no contexto de trajetórias marcadas por exclusão escolar e por práticas que frequentemente desconsideraram a língua e as potencialidades dos estudantes surdos. Os tablets ampliaram possibilidades de acesso, manipulação e produção, mas as autoras ressaltam a necessidade de um projeto bilíngue efetivo. O recurso móvel favorece flexibilidade e personalização; sua contribuição pedagógica depende da seleção de aplicativos, da elaboração de atividades e da relação entre trabalho coletivo e ritmo individual.

Na produção escrita, Arcoverde (2006) enfatiza as situações reais de interlocução. E-mails, chats e fóruns colocam a escrita em circulação, permitindo que o estudante formule enunciados, receba respostas, revise posições e participe de comunidades. Essa perspectiva é particularmente importante para o português como segunda língua: em vez de restringir o ensino à correção de frases descontextualizadas, as práticas digitais oferecem propósitos comunicativos, gêneros e interlocutores. A escrita pode ser planejada e discutida

em Libras, produzida em português e revisada com apoio de pares, professores, dicionários e outros recursos.

O uso de tecnologias no Ensino Superior também amplia possibilidades de autonomia. Ribeiro, Miranda e Galvão Filho (2019) registram que estudantes surdos utilizavam celulares, computadores e aplicativos para pesquisar termos, traduzir informações e acompanhar conteúdo. A autonomia, porém, não deve ser interpretada como transferência de toda a responsabilidade ao estudante. Quando ele precisa resolver sozinho barreiras sistematicamente produzidas pela instituição, a tecnologia funciona como remendo individual. A autonomia educacional pressupõe condições acessíveis previamente organizadas e liberdade para escolher recursos adicionais, não obrigação de compensar a ausência de acessibilidade.

Os materiais bilíngues produzidos por Souza e Timóteo Júnior (2016) evidenciam uma autoria institucional compartilhada. A elaboração de aulas sinalizadas envolveu grupos de estudo, intérpretes, estudante surdo e equipe audiovisual. Esse processo é pedagogicamente relevante porque a transposição para Libras exige compreender o conteúdo, discutir terminologia e reorganizar formas de apresentação. A produção do material torna-se espaço de formação e pesquisa, e o estudante deixa de ser destinatário abstrato para participar da definição das soluções.

Na experiência de Pinho, Antunes e Fortes (2022), a autoria docente ganhou centralidade durante a pandemia. As professoras produziram vídeos acessíveis para manter aproximação educacional com crianças surdas. A Libras foi utilizada como língua de instrução, e a elaboração precisou considerar o desenvolvimento dos estudantes, as condições familiares e os limites da comunicação a distância. O relato mostra que a produção artesanal pode responder rapidamente a necessidades emergenciais, mas também expõe a carga de trabalho e a necessidade de apoio técnico. A transformação de iniciativas em política duradoura requer tempo institucional, equipamentos, formação e equipes multidisciplinares.

Campello, Oliveira e Kelman (2021) oferecem uma perspectiva avaliativa sobre vídeo educacional. Cinquenta e dois professores, surdos e ouvintes, avaliaram um material sobre implante coclear produzido pelo Instituto Nacional de Educação de Surdos. O vídeo atendeu à demanda pedagógica inicial, mas os participantes indicaram necessidade de aprofundar as práticas relacionadas aos estudantes implantados e de reconhecer a pluralidade linguística. O estudo mostra que um produto pode ser considerado útil e, ao mesmo tempo, demandar revisão curricular e institucional. Avaliar não significa apenas aprovar ou rejeitar o vídeo, mas identificar o que ele resolve e quais questões permanecem abertas.

Carvalho, Souza e Coutinho (2025) analisam uma oficina de capacitação com ferramentas como dicionários de Libras, Manuário, Scratch, Figma, inteligência artificial e realidade aumentada. As atividades práticas aumentaram a confiança dos professores e favoreceram reflexões sobre aplicação didática, ética e acessibilidade. A oficina valorizou

a criação de materiais, a experimentação e o diálogo entre docentes. Esse formato é mais promissor do que treinamentos centrados em funções técnicas, pois relaciona a ferramenta a problemas concretos do ensino de português, Ciências, Matemática e outras áreas.

Os mesmos autores relatam que cinco dos seis professores consultados apontaram limitações de infraestrutura, equipamentos e suporte técnico. Também foram demandados vídeos traduzidos para Libras, videolivros e recursos para conceitos científicos. Esses dados revelam um descompasso entre interesse docente e capacidade institucional. Formação sem condições de aplicação pode produzir frustração; aquisição de equipamentos sem formação pode gerar subutilização. Políticas eficazes precisam integrar diagnóstico, compra, conectividade, manutenção, formação, produção de conteúdo e avaliação.

Muniz e Lima (2019) reforçam a possibilidade de usos curriculares das tecnologias. No ensino de História, vídeos, ambientes digitais e fontes multimodais podem ampliar o contato com diferentes narrativas. Para estudantes surdos, isso inclui materiais em Libras e formas visuais de organizar temporalidade, causalidade e comparação. O professor, entretanto, precisa evitar que o vídeo ocupe o lugar da aula inteira. Antes da exibição, pode contextualizar o problema em Libras; durante orientar a observação; depois, promover debate, produção de linha do tempo, análise de fontes e criação de vídeo pelos estudantes.

Essas experiências permitem identificar princípios para os usos pedagógicos. O primeiro é a intencionalidade: toda ferramenta deve responder a um objetivo de aprendizagem. O segundo é o bilinguismo: Libras e português escrito precisam ter funções planejadas e não hierarquizadas pela lógica oralista. O terceiro é a interatividade: estudantes devem poder perguntar, manipular, comparar e decidir. O quarto é a autoria: produzir vídeos, textos, animações, glossários e apresentações amplia participação e letramento digital. O quinto é a avaliação contínua: observações e produções devem orientar ajustes. O sexto é a sustentabilidade: práticas não podem depender permanentemente de improviso ou trabalho não reconhecido.

O termo efetividade precisa ser delimitado para não se converter em afirmação genérica de que a tecnologia “ajuda” ou “facilita” a aprendizagem. Efetividade corresponde ao alcance de resultados relevantes nas condições reais de uso. Na educação de estudantes surdos, sua análise pode incluir pelo menos seis dimensões: acessibilidade técnica; compreensão linguística; aprendizagem dos conteúdos; participação e interação; autonomia; e continuidade institucional. Um recurso pode apresentar bom desempenho em uma dimensão e fragilidades em outra. Por exemplo, um aplicativo pode ser operável e rápido, mas traduzir inadequadamente conceitos; um vídeo pode ser compreensível em Libras, porém indisponível para estudantes com conexão limitada.

Pivetta, Saito e Ulbricht (2014) oferecem um modelo importante ao confrontar avaliação automática e avaliação humana. A inspeção técnica verificou elementos de codificação, enquanto os participantes surdos identificaram necessidades associadas à língua de sinais, aos recursos visuais, ao layout e à compreensão. Essa combinação

permite distinguir eficiência técnica, utilidade e experiência. Para a pesquisa educacional, deve ser acrescentada a aprendizagem: além de perguntar se o estudante consegue utilizar o ambiente e compreendê-lo, é necessário analisar o que aprendeu, como mobilizou o conhecimento e se consegue transferi-lo para novas situações.

Carvalho e Manzini (2017) aproximam-se desse critério ao comparar repertórios e acompanhar respostas durante o ensino. A intervenção de realidade aumentada revelou tanto aprendizagens quanto dificuldades persistentes. Esse tipo de evidência impede uma leitura celebratória da tecnologia e fornece dados para aperfeiçoar a estratégia. Efetividade não significa ausência de erros; significa que o recurso contribui para um processo de ensino analisável, no qual os erros informam novas intervenções.

Áfio *et al.* (2016) mostram a importância da manutenção. A acessibilidade foi examinada como etapa de um modelo de desenvolvimento de material educativo digital, e as advertências identificadas foram corrigidas. Essa lógica de ciclo é fundamental: tecnologias, navegadores, plataformas e perfis de usuários mudam. Um material acessível em determinado momento pode apresentar problemas após uma atualização. A avaliação precisa ocorrer antes da adoção, durante o uso e periodicamente, incorporando retorno de estudantes e professores.

As revisões de Santos *et al.* (2025a) e Santos, Romani e Nunes Sobrinho (2025b) ampliam o debate para políticas e desenho universal. A primeira relaciona benefícios a desafios como formação insuficiente e falta de políticas públicas; a segunda defende a acessibilidade desde a concepção e o uso combinado de linguagens. Em conjunto, elas indicam que a efetividade depende menos de encontrar uma ferramenta perfeita e mais de construir sistemas flexíveis, avaliados e capazes de oferecer diferentes formas de acesso e expressão.

A participação de pessoas surdas em todas as etapas é um critério ético e metodológico. Consultar estudantes apenas depois que o produto está concluído restringe sua contribuição à identificação de falhas. O desenho participativo permite que eles definam prioridades, avaliem protótipos, discutam escolhas linguísticas e proponham formas de interação. Professores surdos também desempenham papel fundamental, pois articulam experiência linguística, conhecimento pedagógico e leitura crítica das soluções. A participação não deve ser simbólica; precisa ter condições, tempo e poder de decisão.

A formação docente constitui outra condição de efetividade. Carvalho, Souza e Coutinho (2025) demonstram que oficinas práticas podem aumentar segurança e repertório, mas ressaltam a necessidade de continuidade e suporte institucional. Formação efetiva combina fundamentos da educação de surdos, fluência ou desenvolvimento em Libras, desenho de atividades, avaliação de acessibilidade, produção multimodal e reflexão ética. Não basta ensinar a clicar em funções de um aplicativo que poderá ser substituído; é preciso desenvolver critérios para selecionar, adaptar, rejeitar e avaliar tecnologias.

Infraestrutura também não pode ser tratada como elemento secundário. Conectividade instável, equipamentos insuficientes, câmeras de baixa qualidade, ausência de espaços para gravação e falta de profissionais de edição afetam diretamente a Libras em vídeo. A experiência relatada por Carvalho, Souza e Coutinho (2025) mostra que docentes interessados encontravam limites para editar vídeos e produzir materiais traduzidos. Pinho, Antunes e Fortes (2022) evidenciam desigualdades sociais no acesso das famílias. Uma política institucional precisa prever alternativas de baixo consumo de dados, possibilidade de download, empréstimo de equipamentos, suporte e formatos que funcionem em diferentes dispositivos.

As tecnologias baseadas em inteligência artificial acrescentam questões específicas. Sistemas de reconhecimento ou tradução de sinais, legendagem automática e geração de conteúdos podem reduzir tempo de produção e ampliar possibilidades. Entretanto, sua utilização educacional requer revisão humana, proteção de dados, transparência e análise de vieses. A Libras apresenta parâmetros manuais e não manuais, variação regional e usos contextuais que não podem ser reduzidos a equivalências palavra-sinal. Traduções automatizadas inadequadas podem gerar erros conceituais e falsa sensação de acessibilidade. Assim, a inteligência artificial deve atuar como apoio sob supervisão de profissionais e usuários surdos, não como substituta automática de professores, tradutores e intérpretes.

Os indicadores de efetividade podem ser organizados em perguntas concretas. O estudante consegue acessar o recurso com o equipamento e a conexão disponíveis? A Libras está legível e linguisticamente adequada? O português escrito corresponde ao nível e ao objetivo de aprendizagem? A navegação permite localizar e retomar informações? O estudante participa das atividades e interage com colegas? As produções demonstram compreensão conceitual? Há autonomia para escolher modos de acesso e expressão? Professores recebem suporte para planejar e revisar? O recurso permanece disponível e atualizado? As respostas precisam combinar dados técnicos, observações, entrevistas, produções e resultados de aprendizagem.

Campello, Oliveira e Kelman (2021) mostram o valor de ouvir professores surdos e ouvintes na avaliação de um vídeo. Ribeiro, Miranda e Galvão Filho (2019) evidenciam a importância das percepções dos estudantes. Pivetta, Saito e Ulbricht (2014) confrontam métodos automáticos e humanos. Carvalho e Manzini (2017) acompanham desempenho em uma intervenção. Esses desenhos podem ser combinados em avaliações mais abrangentes. Nenhuma fonte isolada oferece todos os indicadores, mas o conjunto permite construir uma matriz multidimensional.

Por fim, a efetividade precisa ser examinada em relação à equidade. Uma solução que beneficia apenas estudantes com equipamentos recentes ou alto domínio do português pode ampliar desigualdades internas. Da mesma forma, tecnologias auditivas podem ser relevantes para determinados estudantes, mas não devem orientar toda a política nem

subordinar Libras à oralidade. A oferta de alternativas e a possibilidade de escolha respeitam a heterogeneidade. O objetivo não é normalizar os estudantes por meio da tecnologia, e sim remover barreiras e ampliar suas condições de aprender, comunicar-se e produzir conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida demonstra que as tecnologias assistivas podem contribuir significativamente para a educação de estudantes surdos, desde que sejam compreendidas como parte de uma proposta linguística, pedagógica e institucional. Ambientes virtuais, realidade aumentada, lousas digitais, tablets, vídeos, materiais bilíngues, aplicativos e tecnologias emergentes ampliam acesso, interação e autoria. Contudo, seus resultados não decorrem automaticamente da disponibilidade dos equipamentos. A presença da Libras, a relação com o português escrito como segunda língua, o planejamento docente e a participação dos estudantes determinam a qualidade dos usos.

O acesso revelou-se multidimensional. Conectividade e equipamentos são indispensáveis, mas precisam ser acompanhados por acessibilidade técnica, linguística, pedagógica e institucional. As experiências do ensino remoto mostraram que a tecnologia tanto pode manter vínculos quanto aprofundar desigualdades. Materiais sem Libras, plataformas pouco compreensíveis, falta de intérpretes, ausência de suporte e condições familiares desiguais limitam a participação mesmo quando há conexão à internet.

Os estudos sobre materiais bilíngues evidenciam que recursos visuais precisam ser intencionalmente organizados. Libras, textos, imagens, animações e legendas possuem funções distintas e devem ser articulados desde o roteiro. A produção colaborativa com professores, tradutores, intérpretes, equipes técnicas e pessoas surdas favorece maior precisão conceitual e linguística. Também desloca o estudante da posição de receptor de adaptações para a de participante e autor das práticas digitais.

Quanto à efetividade, conclui-se que avaliações exclusivamente automáticas ou centradas na satisfação são insuficientes. É necessário combinar conformidade técnica, avaliação com usuários surdos, análise da compreensão, evidências de aprendizagem, participação, autonomia e continuidade institucional. A avaliação deve acompanhar todo o ciclo de desenvolvimento e uso, permitindo revisão e manutenção. Tecnologias emergentes, especialmente as baseadas em inteligência artificial, exigem supervisão humana, proteção de dados e validação por usuários de Libras.

As instituições educacionais devem integrar aquisição de equipamentos, conectividade, manutenção, formação continuada, produção de conteúdos e avaliação. Não é sustentável responsabilizar individualmente professores ou estudantes por compensar barreiras estruturais. Políticas públicas e projetos pedagógicos precisam garantir tempo, equipes e recursos para a acessibilidade. A formação docente deve ultrapassar treinamentos

instrumentais e desenvolver critérios para escolher, planejar e avaliar tecnologias em uma perspectiva bilíngue.

Portanto, a efetividade das tecnologias assistivas na educação de estudantes surdos se concretiza quando o recurso reduz barreiras reais, respeita direitos linguísticos, amplia participação e produz aprendizagem. O critério decisivo não é o grau de inovação técnica, mas a capacidade de criar ambientes nos quais estudantes surdos acessem conhecimentos, interajam em Libras, desenvolvam o português escrito e exerçam autoria. A tecnologia torna-se inclusiva quando é concebida com as pessoas surdas, integrada ao currículo e sustentada por responsabilidade institucional.

REFERÊNCIAS

ÁFIO, Aline Cruz Esmeraldo et al. Avaliação da acessibilidade de tecnologia assistiva para surdos. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, DF, v. 69, n. 5, p. 833-839, set./out. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7167.2016690503>.

ARCOVERDE, Rossana Delmar de Lima. Tecnologias digitais: novo espaço interativo na produção escrita dos surdos. **Cadernos CEDES**, Campinas, v. 26, n. 69, p. 251-267, maio/ago. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-32622006000200008>.

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. Brasília, DF: Presidência da República, 2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm. Acesso em: 12 jul. 2026.

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: Presidência da República, 2002. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10436.htm. Acesso em: 12 jul. 2026.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 12 jul. 2026.

BRASIL. **Lei nº 14.191, de 3 de agosto de 2021**. Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, para dispor sobre a modalidade de educação bilíngue de surdos. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14191.htm. Acesso em: 12 jul. 2026.

CAMPELLO, Mônica Azevedo de Carvalho; OLIVEIRA, Andreia Ferreira de; KELMAN, Celeste Azulay. Avaliação de vídeo educacional sobre implante coclear: a tecnologia assistiva pela voz do professor. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 34, p. e46/1-24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984686X64342>.

CAPPELIN, Alcione; GRECA, Lizmari Merlin; BALBINO, Renata. O uso de recursos

tecnológicos na alfabetização matemática das crianças surdas. **Revista Espaço**, Rio de Janeiro, n. 43, p. 167-191, jan./jun. 2015.

CARVALHO, Dariel de; MANZINI, Eduardo José. Aplicação de um programa de ensino de palavras em Libras utilizando tecnologia de realidade aumentada. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v. 23, n. 2, p. 215-232, abr./jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-65382317000200005>.

CARVALHO, Kennedy Simões Santos; SOUZA, Gustavo Antonio Costa; COUTINHO, Bruno Pinheiro. Inovação digital no ensino bilíngue de surdos: resultados de uma experiência de capacitação. **Revista Arqueiro**, Rio de Janeiro, n. 48, p. 57-72, 2025. DOI: <https://doi.org/10.20395/re.2025.48.57-72>.

LIMA, Placiano Viana de; NOVATO, Thiago da Silva; CARVALHO, Marcos Pavani de. Desafios e medidas de enfrentamento na educação dos surdos e deficientes auditivos em tempos de pandemia. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Corumbá, v. 28, e0055, p. 597-618, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-54702022v28e0055>.

MARTINS, Livia Maria Ninci; LINS, Heloísa Andreia de Matos. Tecnologia e educação de surdos: possibilidades de intervenção. **Nuances: Estudos sobre Educação**, Presidente Prudente, v. 26, n. 2, p. 188-206, maio/ago. 2015. DOI: <https://doi.org/10.14572/nuances.v26i2.3481>.

MUNIZ, Érico Silva; LIMA, Jonata Souza de. Usos da cultura digital na educação dos surdos: a BNCC e as práticas no ensino de História. **Revista Espaço**, Rio de Janeiro, n. 52, p. 107-127, jul./dez. 2019.

PINHO, Luciana Moratelli; ANTUNES, Ana Luísa; FORTES, Camila. A experiência de professores na criação de vídeos educacionais para surdos durante a pandemia. **Revista Arqueiro**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 34-43, 2022.

PIVETTA, Elisa Maria; SAITO, Daniela Satomi; ULBRICHT, Vânia Ribas. Surdos e acessibilidade: análise de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v. 20, n. 1, p. 147-162, jan./mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-65382014000100011>.

RIBEIRO, Sátila Souza; MIRANDA, Theresinha Guimarães; GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. O surdo e a aprendizagem mediada por recursos tecnológicos na Educação Superior. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 32, p. e75/1-19, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984686X33679>.

SANTOS, Ana Beatriz Ferrari dos et al. Contribuições das tecnologias assistivas para a inclusão educacional de pessoas surdas: uma revisão narrativa. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 38, e13, p. 1-17, 2025a. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984686X89913>.

SANTOS, Ana Rita Rodrigues dos; ROMANI, Elizabeth; NUNES SOBRINHO, Francisco de Paula. Linguagens e recursos de acessibilidade comunicacional na eficácia do processo de

comunicação: uma revisão de escopo. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Corumbá, v. 31, e0161, p. 1-18, 2025b. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-54702025v31e0161>.

SOUZA, André Luis Santos de; TIMÓTEO JÚNIOR, José. O uso de tecnologias (TIC) na produção de material didático bilíngue Libras/Português na Universidade Federal de Viçosa. **Revista Forum**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 80-94, jan./jun. 2016.