

Transcrição Automática em Tempo Real e Apoio à Tradução para Libras em Sala de Aula

Thiago F. Souza¹, Leandro L. Costalonga²

¹Departamento de Computação e Eletrônica – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

São Mateus – ES – Brazil

thiago.f.souza@edu.ufes.br, leandro.costalonga@ufes.br

Abstract. *Deaf students still face communication barriers in classrooms centered on oral explanations. This paper presents a Web prototype that transcribes teachers' speech in real time and supports translation into Brazilian Sign Language (Libras). The solution combines browser-based speech recognition, textual preprocessing, live captions, local history and integration with an avatar-based translation resource. A preliminary technical evaluation was conducted, demonstrating good precision in controlled environments. The contribution comprises requirements, implementation, preliminary results and an evaluation plan for a classroom support tool that does not replace interpreters or bilingual pedagogical practices.*

Resumo. *Estudantes surdos ainda enfrentam barreiras comunicacionais em aulas centradas na explicação oral. Este artigo apresenta um protótipo Web que transcreve, em tempo real, a fala de professores e apoia sua tradução para Libras. A solução combina reconhecimento de fala pelo navegador, pré-processamento textual, legendagem ao vivo, histórico local e integração com recurso de tradução por avatar. Nesta etapa, foi realizada uma avaliação técnica preliminar em ambiente controlado. A contribuição está nos requisitos, na implementação, nos resultados preliminares e no plano de avaliação de uma ferramenta de apoio, sem substituir intérpretes ou práticas pedagógicas bilíngues.*

1. Introdução

A inclusão de estudantes surdos em salas de aula regulares envolve mais do que a presença física no espaço escolar. Em muitos contextos, a mediação do conteúdo continua fortemente apoiada na fala do professor, na escuta de explicações orais e em interações rápidas que nem sempre são acompanhadas por recursos visuais, tradução em Libras ou registro textual acessível. Essa organização cria barreiras comunicacionais que podem afetar a participação, a autonomia e a aprendizagem dos estudantes surdos.

No Brasil, a Libras foi reconhecida como meio legal de comunicação e expressão pela Lei n. 10.436/2002, que explicita sua natureza visual-motora e sua estrutura gramatical própria [Brasil 2002]. O Decreto n. 5.626/2005 regulamentou esse reconhecimento e estabeleceu medidas voltadas à formação, ao uso da Libras e ao acesso de estudantes surdos à comunicação, à informação e à educação [Brasil 2005]. Posteriormente, a Lei Brasileira de Inclusão consolidou a acessibilidade, a comunicação e a tecnologia assistiva como dimensões relevantes para a participação social das pessoas com deficiência [Brasil 2015]. A Lei n. 14.191/2021, ao alterar a LDB, incluiu a educação bilíngue de surdos como modalidade de educação escolar, reforçando a Libras

como primeira língua e o português escrito como segunda língua nesse contexto [Brasil 2021].

Apesar desse arcabouço, o desafio pedagógico permanece. Indicadores oficiais, como o Censo Escolar, ajudam a acompanhar a matrícula e a organização da educação básica, mas a existência de matrícula não garante que a comunicação em sala seja acessível em tempo real [Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira 2025]. Além disso, nem todas as instituições dispõem de intérpretes em quantidade suficiente para acompanhar todas as situações de ensino, e mesmo a presença de intérpretes não elimina a necessidade de materiais, estratégias e interfaces pensadas para a experiência visual e linguística dos estudantes surdos.

Nesse cenário, tecnologias de transcrição automática, legendagem ao vivo e tradução para Libras por avatar podem funcionar como apoios complementares. Contudo, tais tecnologias precisam ser tratadas com cuidado. O W3C aponta que legendas são essenciais para pessoas surdas, mas alerta que legendas automáticas exigem controle de qualidade [World Wide Web Consortium 2024a]. De modo semelhante, a própria página oficial do VLibras (uma suíte de código aberto do governo brasileiro que traduz conteúdos digitais para Libras por meio de um avatar 3D) descreve a suíte como um conjunto de ferramentas para traduzir conteúdos, mas ressalta que ela não deve ser entendida como substituta de intérpretes humanos em aulas e situações equivalentes [Governo Digital 2026].

Este artigo apresenta um protótipo Web para transcrição automática em tempo real da fala de professores e apoio à tradução para Libras em sala de aula. O objetivo é reduzir barreiras de acesso à informação oral, oferecendo ao estudante surdo uma camada adicional de acompanhamento da aula: texto sincronizado, histórico da transcrição e acionamento de tradução para Libras. O diferencial desta proposta e sua originalidade não residem na criação de um motor de tradução isolado, mas sim em uma orquestração pedagógica: a integração de transcrição contínua, histórico manipulável e gestão da carga cognitiva visual em uma única interface pensada para o fluxo dinâmico da sala de aula. As contribuições principais são: (i) a sistematização de requisitos; (ii) uma arquitetura modular; (iii) a implementação e testes preliminares do protótipo funcional; e (iv) um plano de avaliação pedagógica contínua.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta os pilares conceituais e legais que sustentam o desenvolvimento do protótipo. Inicialmente, discutem-se as especificidades da Libras, da cultura surda e da educação bilíngue. Em seguida, aborda-se o conceito de tecnologia assistiva aplicada ao contexto educacional. Por fim, exploram-se os fundamentos e os desafios atrelados aos processos de transcrição, legendagem e tradução automática.

2.1. Libras, cultura surda e educação bilíngue

A Libras não pode ser compreendida como uma representação simplificada do português. Ela possui organização linguística própria, vinculada a experiências visuais, corporais e culturais da comunidade surda. Senna [Senna 2019] argumenta que o reconhecimento formal da Libras não é suficiente quando a escola continua

interpretando a língua de sinais a partir de modelos centrados na palavra oral. Essa tensão reforça a importância de evitar soluções tecnológicas que tratem a Libras apenas como conversão mecânica de palavras.

Campello e Rezende [Campello e Rezende 2014] destacam que a defesa da escola bilíngue de surdos está ligada à história de luta do movimento surdo brasileiro e ao reconhecimento da identidade linguística e cultural dessa comunidade. Vieira-Machado e Lopes [Vieira-Machado e Lopes 2016] também ressaltam que a educação bilíngue demanda formação docente e compromisso com saberes produzidos pela comunidade surda. Portanto, uma ferramenta de transcrição e tradução deve ser posicionada como recurso de apoio ao processo pedagógico, não como solução isolada para a inclusão.

A experiência de estudantes surdos em espaços majoritariamente ouvintes revela que a acessibilidade comunicacional envolve múltiplas dimensões. Bisol et al. [Bisol et al. 2010] mostram que estudantes surdos no ensino superior enfrentam desafios para transitar entre Libras, português escrito, práticas acadêmicas e referenciais identitários valorizados. Embora esse estudo trate do ensino superior, a questão se manifesta em diferentes níveis de ensino: acompanhar uma aula exige compreender a explicação, acompanhar materiais visuais, interagir com colegas e registrar informações relevantes.

2.2. Tecnologia assistiva educacional

Tecnologias digitais só se tornam inclusivas quando são projetadas para reduzir barreiras reais de participação. A Lei Brasileira de Inclusão define tecnologia assistiva de modo amplo, envolvendo produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços voltados à funcionalidade, à autonomia e à participação da pessoa com deficiência [Brasil 2015].

No campo da Informática na Educação, Lima, Portella e Henriques [Lima et al. 2024] discutem a expressão tecnologia educacional assistiva e chamam atenção para a diferença entre uma tecnologia educacional genérica e uma tecnologia pensada para inclusão. Essa distinção é central para o presente trabalho. Uma ferramenta que apenas transcreve automaticamente a fala do professor pode ampliar o acesso ao texto, mas não garante, por si só, compreensão em Libras, adequação cultural, organização visual ou participação pedagógica. Por isso, o protótipo proposto combina três camadas: uma camada textual, que oferece legenda e histórico; uma camada linguística, que prepara trechos de texto para tradução; e uma camada visual, que organiza a interface para leitura e acompanhamento de sinais sem sobrecarregar a atenção do estudante.

2.3. Transcrição, legendagem e tradução automática

A transcrição em tempo real pode apoiar estudantes surdos, ensurdecidos e também alunos ouvintes que se beneficiam de registros textuais. As diretrizes do W3C diferenciam legendas sincronizadas, transcrições e recursos em língua de sinais, reconhecendo que cada alternativa atende necessidades específicas [World Wide Web Consortium 2024a, World Wide Web Consortium 2024c, World Wide Web Consortium 2024b]. No contexto de uma aula presencial, essa diferenciação é importante porque o

estudante precisa dividir a atenção entre professor, quadro, materiais projetados, colegas, legendas e, quando disponível, intérprete ou avatar.

No caso da tradução automática para Libras, a qualidade do texto de entrada afeta diretamente a qualidade da saída. Silva et al. [Silva et al. 2024] apontam que estratégias de linguagem simples podem melhorar traduções automáticas realizadas por avatares, pois reduzem ambiguidades e estruturas complexas. Esse resultado é particularmente relevante para aulas ao vivo, nas quais a fala do professor pode conter pausas, reformulações, termos técnicos, pronomes sem referente explícito e frases longas. Assim, o sistema proposto inclui uma etapa de segmentação e normalização textual antes de enviar trechos ao módulo de tradução.

3. Trabalhos Relacionados

A literatura brasileira em Informática na Educação apresenta um conjunto crescente de trabalhos sobre tecnologias para Libras, educação de surdos e acessibilidade. Falvo Jr et al. [Falvo Jr et al. 2020] realizaram um mapeamento sistemático sobre tecnologias aplicadas ao ensino e aprendizagem de Libras e identificaram 46 estudos primários. Os autores observaram abordagens que vão da análise e projeto à construção e validação de soluções, com concentração de publicações nos dez anos anteriores ao estudo. O resultado evidencia uma linha de pesquisa emergente, mas também sugere espaço para pesquisas mais integradas ao contexto pedagógico.

Soares et al. [Soares et al. 2024] mapearam tecnologias inclusivas no ensino de programação para alunos surdos no Brasil e observaram lacunas relacionadas à validação e à disponibilização dos artefatos. Embora o foco seja programação, o trabalho reforça um problema transversal: muitas propostas reconhecem a barreira da oralidade, mas ainda precisam demonstrar uso efetivo em cenários reais de ensino.

Ferramentas voltadas à relação entre português escrito e Libras também oferecem referências importantes. Araújo, Silveira e Matos [Araújo et al. 2017] avaliaram o e-Sinais, software educacional que traduz palavras do português para sinais em Libras. O estudo de caso envolveu 5 estudantes surdos e 11 ouvintes e identificou aumento de acertos de 29,3% e 40,6%, respectivamente, além de maior entusiasmo dos participantes para aprender novas palavras. Oliveira et al. [Oliveira et al. 2023] apresentaram uma versão Web colaborativa do e-Sinais, ampliando funcionalidades como sinonímia, polissemia e gravação colaborativa de sinais. Esses trabalhos indicam que a tradução palavra a palavra pode apoiar a aprendizagem lexical, mas também evidenciam a complexidade de lidar com contexto e significado.

Na educação básica, Azevedo, Oliveira e Viana [Azevedo et al. 2022] apresentaram o Alfabras, software educativo para alfabetização bilíngue de crianças surdas que articula Libras, português escrito, imagens e alfabeto datilológico. Santos et al. [Kumada et al. 2022] produziram videoaulas de Matemática bilíngues e observaram a importância do desenho visual da tela, incluindo maior protagonismo ao espaço destinado à Libras. Sena, Serra e Schlemmer [Sena et al. 2023] analisaram recursos tecnológicos na educação bilíngue de estudantes surdos e apontaram que elementos culturais surdos podem contribuir para engajamento e inclusão.

Também há trabalhos sobre glossários e aplicativos de Libras. Costa et al. [Costa et al. 2024] avaliaram a usabilidade do Pará-LIBRAS, um glossário bilíngue português-Libras voltado à educação e governança. Os resultados positivos relacionados à simplicidade, precisão, tempo gasto, segurança e atratividade superaram 90%. A avaliação de usabilidade é relevante para o presente projeto porque uma ferramenta em tempo real precisa ser compreensível e pouco intrusiva, já que será usada durante uma atividade cognitivamente intensa.

Em sistemas de tradução automática, Santos et al. [Santos et al. 2024] levantaram requisitos para tradução entre língua oral e língua de sinais em contexto de atendimento em saúde. Embora o domínio seja diferente, requisitos como confiabilidade, clareza, controle pelo usuário e adequação à situação de uso também são aplicáveis à sala de aula. A diferença central do presente trabalho está em combinar transcrição da fala docente em tempo real, histórico textual da aula e apoio à tradução para Libras em uma interface pensada para acompanhamento pedagógico contínuo.

4. Desenvolvimento do protótipo

Esta seção detalha a metodologia de pesquisa adotada para a concepção do artefato, os requisitos levantados, a arquitetura técnica proposta e o fluxo de uso do protótipo desenvolvido para orquestrar as ferramentas de acessibilidade na sala de aula.

4.1. Procedimento de desenvolvimento

O desenvolvimento do protótipo segue uma abordagem inspirada em *Design Science Research* (DSR), na qual um artefato é construído para enfrentar um problema prático e, ao mesmo tempo, gerar conhecimento sobre requisitos, projeto e avaliação [Hevner et al. 2004]. A pesquisa foi organizada em quatro etapas: investigação do problema, definição de requisitos, prototipação e planejamento de avaliação.

Na investigação do problema, foram analisados documentos legais, orientações de acessibilidade e trabalhos relacionados sobre educação de surdos, tecnologias para Libras e tecnologia assistiva educacional. Essa etapa permitiu delimitar o problema não como uma simples ausência de transcrição, mas como uma barreira de acesso linguístico e visual à fala do professor.

Na etapa de requisitos, foram definidos requisitos funcionais e não funcionais a partir da literatura e do cenário de uso em sala de aula. Considerou-se que o professor precisa iniciar e encerrar a captura com baixo esforço, enquanto o estudante precisa acompanhar a aula sem disputar atenção excessiva com a interface. Além disso, como critérios técnicos e de implementação, definiu-se a necessidade de utilizar as APIs nativas do navegador Web para captação de áudio e o armazenamento do histórico localmente (Local Storage). Essas decisões visam garantir compatibilidade multiplataforma, baixo custo de adoção nas escolas e a minimização da exposição de dados sensíveis na nuvem. A Tabela 1 resume os requisitos iniciais.

Tabela 1. Requisitos iniciais da ferramenta

ID	Descrição	Justificativa
RF01	Capturar a fala do professor e gerar transcrição textual em tempo real.	Reduzir a dependência exclusiva da escuta e permitir acompanhamento textual da explicação oral.
RF02	Exibir legendas em área visível, com contraste, tamanho adequado e rolagem controlada.	Evitar que o texto se torne uma nova barreira de leitura durante a aula.
RF03	Manter histórico da transcrição por aula, com marcação temporal.	Apoiar revisão posterior, estudo individual e correção de trechos reconhecidos incorretamente.
RF04	Segmentar e normalizar trechos antes do envio ao módulo de tradução.	Melhorar a qualidade da tradução automática e reduzir ambiguidades da fala espontânea.
RF05	Acionar tradução para Libras por avatar para trechos selecionados ou contínuos.	Oferecer apoio visual em Libras sem substituir intérprete humano.
RNF01	Minimizar latência entre fala, transcrição e exibição.	A utilidade em tempo real depende do atraso percebido como aceitável em sala.
RNF02	Preservar privacidade de áudio e transcrições.	A fala de professores e estudantes pode conter dados pessoais ou informações sensíveis.
RNF03	Permitir uso em dispositivos comuns e navegadores Web.	Reduzir barreiras de adoção em escolas com infraestrutura limitada.

Na etapa de prototipação, a ferramenta foi concebida como aplicação Web modular, separando captura de áudio, transcrição, tratamento textual, apresentação da legenda, histórico e integração com o tradutor em Libras. Essa separação permite substituir componentes no futuro, por exemplo, trocar o serviço de reconhecimento de fala ou ajustar a estratégia de tradução sem reescrever toda a interface.

4.2. Protótipo e fluxo de uso

O protótipo foi implementado como uma aplicação Web responsiva. O protótipo utiliza a API de reconhecimento de fala disponível no navegador para gerar legendas em português e integra o *widget* oficial do VLibras como apoio complementar à tradução por avatar. O histórico textual das aulas é armazenado localmente no navegador, enquanto o áudio não é persistido.

O cenário principal é uma aula presencial ou híbrida em que o professor fala continuamente e estudantes surdos precisam acompanhar a explicação em tempo real. O sistema atua como camada adicional de acessibilidade comunicacional. Seu uso não dispensa planejamento pedagógico, materiais bilíngues ou intérpretes quando estes forem necessários.

O fluxo começa quando o professor inicia uma sessão de aula e autoriza a captura do microfone. A fala é enviada ao módulo de reconhecimento automático, que retorna hipóteses parciais e finais de transcrição. As hipóteses parciais são úteis para reduzir a latência visual, mas podem mudar conforme o reconhecimento recebe mais contexto. Por isso, a interface diferencia trechos em processamento de trechos confirmados.

Em seguida, o texto passa por uma etapa de pós-processamento. Essa etapa inclui a normalização textual (como padronização de termos e remoção de repetições evidentes ou hesitações típicas da fala espontânea), segmentação de frases longas, inserção de pontuação quando disponível e preparação de trechos menores para tradução. A segmentação é necessária porque a fala docente costuma combinar explicação, exemplos, correções e comentários em uma sequência contínua.

O estudante visualiza a legenda ao vivo e pode consultar o histórico da aula. A tradução para Libras pode ocorrer de duas formas: modo contínuo, em que trechos confirmados são enviados automaticamente ao tradutor, ou modo sob demanda, em que o estudante seleciona um trecho para tradução. O modo sob demanda reduz a sobrecarga visual e pode ser útil quando o estudante prefere alternar entre leitura do texto e acompanhamento do avatar. A Figura 1 sintetiza esse fluxo de processamento.

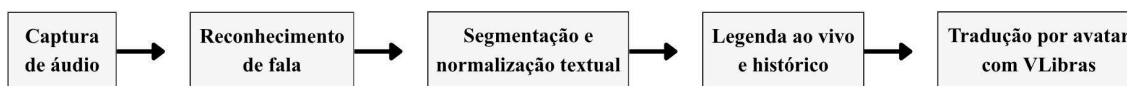


Figura 1. Fluxo de processamento do protótipo

4.3. Componentes e interface

No fluxo apresentado, o componente de captura de áudio é responsável por obter a fala do professor e controlar início, pausa e encerramento da sessão. O componente de reconhecimento automático de fala converte áudio em texto e informa o estado de cada trecho, permitindo que a interface mostre conteúdo provisório ou confirmado.

O componente de tratamento textual organiza a transcrição em unidades menores. Essa decisão é fundamentada em trabalhos sobre tradução automática por

avatares, nos quais a clareza do texto de entrada influencia a qualidade da tradução [Silva et al. 2024]. No protótipo, essa etapa deve priorizar mudanças conservadoras: dividir frases excessivamente longas, remover hesitações evidentes e preservar termos técnicos. Qualquer simplificação mais forte precisa ser transparente, pois pode alterar nuances da fala do professor.

O componente de interface apresenta duas áreas principais. A primeira é a legenda ao vivo, com alto contraste e fonte ampliável. A segunda é o histórico, que permite retomar, editar, excluir e exportar trechos anteriores, além de selecionar conteúdo para tradução. O professor também pode registrar termos-chave por aula. Essa separação evita que todo o conteúdo disputado pelo estudante fique em uma única área de rolagem.

O componente de tradução para Libras integra a ferramenta a um recurso externo baseado em avatar, como o VLibras. A escolha por integração, em vez de criação de um tradutor próprio, considera a complexidade linguística da tarefa e a existência de uma suíte pública amplamente difundida [Governo Digital 2026]. Ao mesmo tempo, o sistema precisa explicitar suas limitações, já que traduções automáticas podem falhar em termos técnicos, ambiguidades e conteúdos contextuais.

4.4. Cuidados de interface

Uma ferramenta de sala de aula deve ser discreta, legível e previsível. O estudante surdo precisa gerenciar um alto grau de conflito de atenção visual, pois pode precisar olhar para o professor, para o quadro, para materiais projetados, para colegas, para a legenda e para o avatar. Assim, a interface deve evitar elementos decorativos, notificações excessivas e mudanças bruscas de layout. Também deve permitir ajustar tamanho da fonte, contraste, rolagem automática e modo de tradução.

Para auxiliar o estudante a lidar com essa forte sobrecarga cognitiva, a interface oferece flexibilidade na forma de acionamento do avatar. Embora o protótipo ofereça a tradução de modo contínuo, a opção sob demanda garante que o aluno tenha autonomia para decidir o momento exato em que precisa do apoio em Libras para elucidar um trecho específico. Essa possibilidade de alternância evita que ele seja bombardeado ininterruptamente com movimentos na tela que disputam sua atenção com o ambiente físico da sala de aula, caso prefira focar apenas no texto ou no professor em determinados momentos.

Outro cuidado é diferenciar transcrição de tradução. A legenda em português escrito oferece um registro do que foi falado, mas a Libras tem estrutura própria e não deve ser reduzida ao português sinalizado. Por isso, o sistema deve informar quando determinado trecho está apenas transcrito, quando foi enviado para tradução e quando há falha ou indisponibilidade do tradutor.

5. Avaliação Técnica Preliminar e Plano de Validação

Esta seção apresenta as estratégias de teste e de avaliação do protótipo desenvolvido. Inicialmente, são descritos os procedimentos e os resultados de uma avaliação técnica preliminar, focada em mensurar a viabilidade e a precisão do módulo de reconhecimento automático de fala em um ambiente controlado. Em seguida, detalha-se o plano de

validação pedagógica e participativa, que orientará as futuras etapas da pesquisa com o objetivo de avaliar o uso da ferramenta em cenários reais de sala de aula, contando com a colaboração ativa de estudantes surdos, professores e intérpretes.

5.1. Avaliação Técnica Preliminar

Para verificar a viabilidade técnica do protótipo e responder aos requisitos de latência e precisão da transcrição, foi conduzido um teste em formato de prova de conceito. O objetivo foi mensurar a qualidade do módulo de reconhecimento automático de fala antes da exposição do artefato a cenários de sala de aula.

O procedimento consistiu em reproduzir vídeos de leitura de textos pré-selecionados, utilizando um microfone de lapela para garantir clareza na captura, comparando a transcrição do protótipo com o texto lido. Para a análise, foi utilizada a Taxa de Erro de Palavras (Word Error Rate - WER), calculada por: $WER = (S+D+I)/N$, onde S representa as substituições (palavras trocadas), D as deleções (palavras omitidas), I as inserções (palavras extras) e N o total de palavras do áudio original. Foram simulados três cenários distintos cujos resultados são representados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados da avaliação preliminar de transcrição

Cenário	Velocidade da Fala	Condição do Ambiente	WER
Cenário 1	Normal	Silencioso	~ 4%
Cenário 2	Rápida	Silencioso	~ 12%
Cenário 3	Normal	Com ruído	~ 18%

5.2. Plano de Validação Pedagógica e Participativa

O desenvolvimento das próximas etapas envolverá fortemente o design participativo. Estudantes surdos e intérpretes atuarão não apenas como testadores finais, mas como co-criadores na análise de adequação cultural, ajustes de interface e gerenciamento de carga visual. A avaliação futura em ambiente educacional seguirá as métricas da Tabela 3.

Tabela 3. Plano de avaliação do protótipo

Dimensão	Procedimento	Indicadores
Transcrição	Comparar a transcrição automática com uma transcrição de referência em trechos de aula.	Taxa de erro de palavras, erros em termos técnicos, omissões e substituições.
Tempo real	Medir o intervalo entre fala capturada, texto exibido e tradução acionada.	Latência média, latência máxima e estabilidade durante a sessão.
Usabilidade	Aplicar tarefas com professores e estudantes, utilizando métricas padronizadas.	Questionário SUS (System Usability Scale), diretrizes da norma ISO 9241, facilidade de uso e clareza visual.
Adequação pedagógica	Realizar entrevistas e design participativo com estudantes surdos, intérpretes e professores.	Utilidade percebida, gestão da carga cognitiva, situações de maior benefício e limites.
Privacidade	Analisar armazenamento, acesso e exclusão de transcrições em ambiente escolar.	Consentimento (TCLE), controle de dados, adequação à LGPD e transparência.

Para a avaliação com estudantes surdos, é importante considerar a diversidade linguística. Alguns estudantes têm Libras como principal língua de comunicação; outros podem se apoiar mais no português escrito, leitura labial ou aparelhos auditivos. A ferramenta precisa ser avaliada sem pressupor um perfil único de usuário surdo. Também é recomendável envolver intérpretes de Libras na análise, pois esses profissionais podem identificar problemas de equivalência, segmentação, ritmo e sobrecarga visual.

6. Discussão

A principal contribuição da proposta é articular transcrição em tempo real e apoio à Libras em uma mesma experiência de acompanhamento da aula. Enquanto trabalhos como e-Sinais e Alfalibras se concentram em aprendizagem lexical ou alfabetização bilíngue [Araújo et al. 2017, Azevedo et al. 2022], a ferramenta aqui descrita foca a fala docente ao vivo. Essa escolha traz potencial de uso transversal, pois qualquer disciplina pode depender de explicações orais, mas também cria desafios próprios.

Embora o protótipo tenha passado por uma avaliação técnica preliminar, ele ainda não foi submetido a avaliação empírica com usuários finais. Logo, não é possível

afirmar sua eficácia pedagógica ou estabelecer valores definitivos de latência e precisão em salas de aula reais. Os desafios discutidos a seguir devem ser entendidos como aspectos a verificar nas próximas etapas da pesquisa.

O primeiro desafio é a qualidade da transcrição, fator já evidenciado na avaliação técnica preliminar (que demonstrou o impacto da velocidade da fala e do ruído ambiente). Ruído de sala, sobreposição de vozes, sotaques, baixa qualidade de microfone e termos específicos da disciplina podem gerar erros. Em uma aula de Matemática, por exemplo, a diferença entre “seno” e “sinal” muda completamente o significado. Em uma aula de Biologia, nomes técnicos podem ser omitidos ou substituídos. Por isso, o histórico precisa permitir correção posterior e o professor deve poder inserir termos-chave antes da aula.

O segundo desafio é a tradução automática para Libras. O uso de avatar pode ampliar o acesso visual ao conteúdo, mas ainda apresenta limitações semânticas, gramaticais e expressivas. A página oficial do VLibras é explícita ao indicar que a ferramenta não substitui intérprete humano em aulas [Governo Digital 2026]. Portanto, a proposta deve ser entendida como apoio complementar, especialmente em situações nas quais o estudante deseja revisar um trecho, acompanhar uma fala rápida ou obter uma camada adicional de acesso.

O terceiro desafio é a atenção visual e a carga cognitiva. Estudos sobre materiais bilíngues e videoaulas para estudantes surdos reforçam que o posicionamento da Libras, do texto e dos elementos visuais influencia a experiência de aprendizagem [Kumada et al. 2022]. Em uma sala de aula, o problema é ainda mais complexo, pois a interface concorre com o ambiente físico. Assim, a ferramenta precisa oferecer personalização e evitar que o estudante seja obrigado a seguir texto e avatar ao mesmo tempo em todos os momentos.

Por fim, há questões éticas e de privacidade. Transcrever aulas significa registrar falas que podem envolver professor, estudantes e situações institucionais. O protótipo deve deixar claro o que é armazenado, por quanto tempo e quem pode acessar, permitindo excluir transcrições e funcionando com coleta mínima de dados.

7. Considerações Finais

Este artigo apresentou o desenvolvimento de um protótipo Web para transcrição automática em tempo real da fala de professores e apoio à tradução para Libras em sala de aula. A proposta parte do reconhecimento de que a inclusão de estudantes surdos exige acessibilidade comunicacional, respeito à Libras como língua e articulação com práticas pedagógicas bilíngues.

O trabalho contribui com requisitos, uma arquitetura modular, um protótipo funcional, resultados de uma validação técnica preliminar em ambiente controlado e um plano de avaliação para orientar a continuidade da pesquisa. A ferramenta combina captura de áudio, reconhecimento automático de fala, segmentação textual, legenda ao vivo, histórico local da aula e integração com tradução para Libras por avatar. Ao mesmo tempo, assume seus limites: transcrição automática pode errar, tradução por avatar não substitui intérpretes, e a interface ainda precisa ser avaliada com estudantes surdos em situações reais.

Como trabalhos futuros, pretende-se estabilizar o protótipo, avaliar diferentes serviços de reconhecimento de fala, testar estratégias de pré-processamento em linguagem simples e conduzir estudos com usuários após os procedimentos éticos aplicáveis. Espera-se que a ferramenta contribua para ampliar a participação de estudantes surdos em aulas mediadas pela oralidade, sem reduzir a educação bilíngue a uma solução tecnológica isolada.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Ferramentas de IA generativa foram utilizadas como apoio à revisão textual e à organização do manuscrito. Os autores revisaram integralmente a versão final e assumem responsabilidade por seu conteúdo.

Referências

- Araújo, S., Silveira, D. and Matos, P. (2017). Avaliação do Software Educacional e-Sinais no Ensino-Aprendizagem da Língua Portuguesa Escrita e da LIBRAS. In Anais do XXIII Workshop de Informática na Escola, páginas 323–332. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, RS, Brasil. DOI: 10.5753/cbie.wie.2017.323.
- Azevedo, D. K. S., Oliveira, A. M. D. and Viana, F. R. (2022). Alfalibras: Um Software Educativo para a Alfabetização Bilíngue de Crianças Surdas. In Anais Estendidos do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, páginas 90–92. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, RS, Brasil. DOI: 10.5753/cbie_estendido.2022.225851.
- Bisol, C. A., Valentini, C. B., Simioni, J. L. and Zanchin, J. (2010). Estudantes surdos no ensino superior: reflexões sobre a inclusão. Cadernos de Pesquisa, 40(139):147–172.
- Brasil (2002). Lei n. 10.436, de 24 de abril de 2002: dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras e dá outras providências. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10436.htm. Acesso em: 1 jun. 2026.
- Brasil (2005). Decreto n. 5.626, de 22 de dezembro de 2005. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm. Acesso em: 1 jun. 2026.
- Brasil (2015). Lei n. 13.146, de 6 de julho de 2015: Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm. Acesso em: 1 jun. 2026.
- Brasil (2021). Lei n. 14.191, de 3 de agosto de 2021: altera a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional para dispor sobre a educação bilíngue de surdos. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14191.htm. Acesso em: 1 jun. 2026.

- Campello, A. R. and Rezende, P. L. F. (2014). Em defesa da escola bilíngue para surdos: a história de lutas do movimento surdo brasileiro. *Educar em Revista*, (Especial 2):71–92. DOI: 10.1590/0104-4060.37229.
- Costa, A. P. M., Diniz, E. M., Sales, E. G., Coelho, F., Costa, W. C. L. and Sousa, L. S. (2024). Usabilidade de um Aplicativo de Libras para Educação e Governança em uma Cidade Amazônica. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 1248–1262. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, RS, Brasil. DOI: 10.5753/sbie.2024.242459.
- Falvo Jr, V., Falvo, C. M., Scatalon, L. P. and Barbosa, E. F. (2020). Tecnologias Aplicadas ao Ensino e Aprendizagem de LIBRAS: Um Mapeamento Sistemático. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 812–821. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, RS, Brasil. DOI: 10.5753/cbie.sbie.2020.812.
- Governo Digital (2026). VLibras. <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-e-usuario/vlibras/vlibras>. Acesso em: 1 jun. 2026.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. and Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1):75–105. DOI: 10.2307/25148625.
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2025). Censo Escolar: resultados 2024. <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar/resultados/2024>. Acesso em: 1 jun. 2026.
- Kumada, K. M. O., Souza, L., Batista, L. S. and Ramos, M. H. A. (2022). Produção de Videoaulas de Matemática Bilíngues para Alunos Surdos e Ouvintes na Educação Básica. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 36(74):1003–1022. DOI: 10.1590/1980-4415v36n74a03.
- Lima, R. P., Portella, F. O. and Henriques, R. V. B. (2024). Tecnologia Educacional Assistiva: definindo o termo. In *Anais do I Workshop de Informática na Educação Inclusiva*, páginas 19–26. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, RS, Brasil. DOI: 10.5753/wiei.2024.245476.
- Oliveira, E. J. A., Filadelfo, Q. M., Freitas, D. G. S. and Matos, P. F. (2023). Uma Ferramenta Colaborativa para o Apoio do Ensino-Aprendizado do Português Escrito para a Diminuição da Desigualdade Educacional dos Surdos. In *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola*, páginas 1161–1170. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, RS, Brasil. DOI: 10.5753/wie.2023.233857.
- Santos, N. S., Souza, L. A. S., Soares, J. M. G. and Prates, R. O. (2024). Connecting Silent Worlds: Requirements for Automatic Oral-Sign Language Translation. In *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, páginas 1–14. ACM. DOI: 10.1145/3702038.3702066.
- Sena, L. S., Serra, I. M. R. S. and Schlemmer, E. (2023). Recursos Tecnológicos na Educação Bilíngue de Estudantes Surdos. *Educação & Realidade*, 48:e120615. DOI: 10.1590/2175-6236120615vs01.

- Senna, L. A. G. (2019). O Estatuto Linguístico da Língua Brasileira de Sinais e a Superação do Estigma na Educação de Surdos. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 25(3):487–500. DOI: 10.1590/s1413-65382519000300009.
- Silva, A. L. C., Ferreira, S. B. L., de Sá, T. M. and Cappelli, C. (2024). Use Plain Language and Unlock Efficiency in Automatic Translation to Libras by Avatars. In *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, páginas 1–14. ACM. DOI: 10.1145/3702038.3702111.
- Soares, I. M. C., Prates, J. M., Murad, S. B. and Melo, S. M. (2024). Um Panorama das Tecnologias Inclusivas no Ensino de Programação para Alunos Surdos no Brasil. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 1279–1290. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, RS, Brasil. DOI: 10.5753/sbie.2024.242469.
- Vieira-Machado, L. M. C. and Lopes, M. C. (2016). A Constituição de uma Educação Bilíngue e a Formação dos Professores de Surdos. *Educação & Realidade*, 41(3):639–659. DOI: 10.1590/2175-623661083.
- World Wide Web Consortium (2024). Captions/Subtitles. <https://www.w3.org/WAI/media/av/captions/>. Acesso em: 1 jun. 2026.
- World Wide Web Consortium (2024). Making Audio and Video Media Accessible. <https://www.w3.org/WAI/media/av/>. Acesso em: 1 jun. 2026.
- World Wide Web Consortium (2024). Transcripts. <https://www.w3.org/WAI/media/av/transcripts/>. Acesso em: 1 jun. 2026.