



Capítulo X (Não preencher, campo será preenchido pelos editores)

INCLUITEC: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ACESSIBILIDADE EDUCACIONAL ATRAVÉS DA CONVERSÃO DE TEXTOS E IMAGENS EM ÁUDIO, BRAILLE E AUDIODESCRIÇÃO

Jailson da Silva Pereira¹

Clóvis Maxwell Andrade Martins²

Resumo: A inclusão educacional de pessoas com deficiência visual ainda representa um desafio significativo nas escolas brasileiras, em especial pela carência de materiais didáticos acessíveis. Nesse contexto, o IncluiTec surge como uma inovação tecnológica de impacto social, concebida para apoiar práticas pedagógicas inclusivas por meio da conversão de conteúdos educacionais em múltiplos formatos acessíveis. O software tem a opção de acesso com audiodescrição, realiza a transformação de textos em arquivos de áudio (.wav), transcrição para Braille em conformidade com as normas da ABNT NBR 9052, incluindo a adaptação de imagens, tabelas, gráficos e documentos em múltiplas colunas. Além disso, permite o envio automatizado por e-mail, garantindo agilidade e acessibilidade no compartilhamento dos materiais. A arquitetura do sistema foi desenvolvida em Java, utilizando MVC, com bibliotecas especializadas (Apache POI, PDFBox, JavaMail e integração com OCR/Tesseract, Python e APIs da Hugging Face). O projeto incorpora princípios de usabilidade, design universal e acessibilidade digital, alinhando-se à Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) e às diretrizes internacionais de acessibilidade (WCAG 2.2). Do ponto de vista teórico, o desenvolvimento foi orientado pela Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) e pela Teoria Histórico-Cultural de Vigotski, reforçando a articulação entre inovação tecnológica, práticas pedagógicas e processos de ensino-aprendizagem inclusivos. Os resultados evidenciam que o IncluiTec não apenas amplia o acesso a materiais didáticos, mas também promove a democratização do conhecimento, fortalecendo políticas de educação inovadora e inclusiva. Logo, consolida-se como uma solução interdisciplinar que integra educação, inovação e impacto social pela equidade no ambiente escolar.

Palavras-chave: Acessibilidade digital. Audiodescrição. Braille. Educação inclusiva. Tecnologia assistiva.

¹J. S. Pereira (👤). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Belém, PA, Brasil.
e-mail: jailson.analistasistemas@gmail.com.

²C. M. A. Martins (👤). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Belém, PA, Brasil.

INTRODUÇÃO

Ao longo da minha trajetória acadêmica e profissional, estabeleci vínculos significativos com a problemática da inclusão educacional e com os conhecimentos que tornaram possível a concepção deste projeto. As experiências vividas, os aprendizados adquiridos e as parcerias construídas forneceram bases sólidas para compreender a urgência de soluções tecnológicas voltadas à acessibilidade. Nesse sentido, o InluiTec nasce não apenas como um produto técnico, mas como resultado de um percurso que valoriza a pesquisa, o compromisso social e a articulação de saberes interdisciplinares. O objetivo de democratizar o acesso ao conhecimento, ao lado da justificativa de reduzir desigualdades históricas enfrentadas por estudantes com deficiência visual, evidencia que esta iniciativa reflete uma trilha de protagonismo construída em diálogo com a realidade educacional e com a busca constante por equidade.

A inclusão educacional de estudantes com deficiência visual permanece um desafio às escolas brasileiras, apesar dos avanços legais e tecnológicos. Diariamente, materiais didáticos são produzidos e compartilhados em formatos que atendem pessoas sem deficiência visual, o que restringe o acesso de estudantes com esta condição a conteúdos essenciais para sua vida. Lacuna esta que compromete não apenas o desempenho acadêmico, mas a autonomia, a equidade e a plena participação quanto pessoa, cidadã, isto é, compromete sua humanização.

Na perspectiva educacional, estudantes com deficiência visual são aqueles que apresentam perda total da visão ou apenas um resíduo visual mínimo, necessitando do uso do Sistema Braille ou de softwares como mediador de acessibilidade de conteúdos. Esses indivíduos apresentam comprometimento visual em ambos os olhos, mesmo após tratamentos ou correções, e dependem de recursos específicos para leitura e escrita (Godoy, Silva, & Allain, 2022).

De acordo com os dados estatísticos dos estudantes com deficiência visual do Sinopse Estatística da Educação Básica (INEP, 2021), 15,7% dos estudantes cegos frequentavam classes exclusivas, enquanto esse percentual era de 4,3% entre aqueles com baixa visão. Perez et al. (2022) destacam que esses números demonstram uma menor inclusão de estudantes cegos nas classes comuns, o que reforça a necessidade de estratégias pedagógicas específicas.

A Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), bem como tratados internacionais como a Convenção da ONU sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (2006), estabelecem o direito de todos à educação inclusiva em igualdade de oportunidades. No entanto, a efetivação desses direitos depende de políticas públicas associadas a soluções tecnológicas capazes de superar barreiras históricas. Nesse cenário, ferramentas digitais de acessibilidade tornam-se fundamentais para democratizar o conhecimento, alinhando-se às Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG 2.2) e aos princípios do Design Universal para a Aprendizagem (DUA).

O projeto InluiTec foi concebido como resposta a essa necessidade, constituindo-se em um recurso digital que atua como mediador entre os conteúdos educacionais e os estudantes, promovendo sua acessibilidade que amplia significativamente as possibilidades de acesso a materiais pedagógicos acessíveis. O software permite a conversão de textos em áudio (formato .wav), transcrição para Braille conforme as normas da ABNT NBR 9052 e inclusão de audiodescrição em conteúdos didáticos, além da descrição automática de imagens por meio de integração com scripts em Python (BLIP), APIs da Hugging Face, Google Vision e recursos locais como OpenCV e Tesseract OCR. Adicionalmente, a funcionalidade de envio automático por e-mail garante



praticidade na distribuição dos materiais, fortalecendo a autonomia dos estudantes.

Do ponto de vista metodológico, o desenvolvimento do InluiTec foi conduzido pela articulação das Teorias dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) e pela Teoria Histórico-Cultural de Vigotski, que entendem a aprendizagem como promotora do desenvolvimento humano. Ao integrar princípios pedagógicos com soluções computacionais, a iniciativa, mostra-se uma proposta inovadora no contexto brasileiro e mundial, rompendo com barreiras impostas a diversidade humana milenares, insere-se em uma perspectiva de mediadora de conteúdos educacionais, possibilitando inovação tecnológica a educação, provocando impacto social que converge-se em inclusão para a construção de uma sociedade que valoriza a diversidade humana e acredita em seu potencial e participação efetiva. Assim, o presente capítulo apresenta o InluiTec como uma inovação tecnológica com potencial de transformar práticas pedagógicas mas também administrativas e outras demandas, contribuindo para a educação inovadora e inclusiva. Busca-se demonstrar não apenas as funcionalidades técnicas do software, mas sobretudo seu impacto no fortalecimento das políticas de acessibilidade e na promoção da equidade educacional.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de educação inclusiva baseia-se nos princípios dos direitos humanos, buscando integrar diversidade e equidade no ambiente escolar. Esse modelo garante que todos os estudantes, independentemente de suas habilidades ou necessidades específicas, tenham acesso ao ensino regular. Dentro desse contexto, a tecnologia assistiva surge como um recurso interdisciplinar capaz de fornecer ferramentas, métodos e serviços que favorecem a participação plena de pessoas com limitações ou restrições físicas, contribuindo para sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (Silva, 2025). A relação entre a educação inclusiva e a tecnologia assistiva representa um marco no fortalecimento da equidade educacional, uma vez que amplia as condições de participação efetiva de todos os estudantes nos processos de ensino e aprendizagem (Santos, 2024).

A educação inclusiva consolidou-se nas últimas décadas como um dos principais eixos de políticas públicas voltadas para a garantia do direito à educação em condições de igualdade. No Brasil, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) representou um marco ao estabelecer a obrigatoriedade da oferta de recursos e estratégias pedagógicas que assegurem a acessibilidade no ambiente escolar. Em âmbito internacional, a Convenção da ONU sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (2006) reforça esse compromisso, destacando que a participação plena na sociedade depende da eliminação de barreiras físicas, comunicacionais e tecnológicas.

No campo digital, essas diretrizes são aprofundadas pelas Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.2), publicadas pelo World Wide Web Consortium (W3C), que orientam o desenvolvimento de conteúdos acessíveis a todos os usuários, independentemente de suas condições sensoriais, motoras ou cognitivas. Tais documentos ressaltam que a inclusão digital é um componente essencial da inclusão educacional, visto que os materiais pedagógicos contemporâneos circulam majoritariamente em formato eletrônico.

Do ponto de vista teórico-pedagógico, este trabalho inspira-se na Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), de Raymond Duval. Segundo Silva Santos (2024, p. 3): "A TRRS foi desenvolvida pelo filósofo e psicólogo francês Raymond Duval, com pesquisas que se iniciaram por volta de 1970. Esse campo de



estudos volta-se ao processo de ensino e aprendizagem da Matemática e desvela conceitos que se mostram favoráveis à aprendizagem. Essa abordagem defende que o conhecimento é construído por meio da mobilização de diferentes registros de representação, como textos, gráficos, imagens e símbolos matemáticos. Quando aplicada à educação inclusiva, a TRRS evidencia a necessidade de múltiplos suportes de aprendizagem, algo que o InluciTec busca viabilizar ao converter conteúdos em áudio, Braille e audiodescrição, expandindo os registros acessíveis a estudantes com deficiência visual.

Outra base fundamental é a Teoria Histórico-Cultural de Vigotski, que entende a aprendizagem como promotora do desenvolvimento humano, mediada por signos, instrumentos e relações sociais. Na perspectiva da inclusão, tal abordagem reforça que os recursos tecnológicos não são apenas ferramentas auxiliares, mas instrumentos mediadores capazes de ampliar a participação dos sujeitos na atividade de estudo. O método de Experimento Didático-Formativo, articulado à pesquisa e fundamentado na Teoria Histórico-Cultural, oferece caminhos para a implementação da educação inclusiva. Esse método funciona como um microciclo de investigação dialética, permitindo que o processo de ensino-aprendizagem seja analisado e ajustado continuamente, com o objetivo de reduzir desigualdades sociais e educacionais (Freitas & Libâneo, 2022). Assim, o InluciTec pode ser compreendido como um instrumento cultural que potencializa a autonomia dos estudantes e sua inserção nas práticas escolares.

A literatura contemporânea em educação também destaca a relevância do Design Universal para a Aprendizagem (DUA), que propõe o planejamento de estratégias pedagógicas flexíveis, capazes de contemplar diferentes formas de acesso, engajamento e expressão do conhecimento. Para assegurar uma educação justa e inclusiva, é fundamental reduzir ou eliminar barreiras metodológicas que dificultam o processo de aprendizagem. A proposta envolve a aplicação de estratégias que, ao mesmo tempo em que alcançam todos os estudantes, também se adaptam às necessidades educacionais específicas. Tal abordagem diversificada favorece a construção do conhecimento de forma universal, contemplando estudantes com e sem deficiência (Góes & Costa, 2022). A implementação do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) no contexto educacional reflete os valores de equidade e justiça, promovendo uma compreensão da diversidade como elemento central da experiência pedagógica. Essa abordagem ajuda os participantes do processo de ensino a perceberem que a deficiência não deve ser vista como limitação, mas sim que a diversidade enriquece o aprendizado (Góes et al., 2023a). Ao automatizar a conversão de conteúdos educacionais em múltiplos formatos, o InluciTec dialoga com os princípios do DUA, permitindo que professores e instituições ampliem a diversidade de recursos oferecidos em sala de aula.

Por fim, o campo das tecnologias assistivas constitui-se como um eixo integrador desta fundamentação teórica. Segundo Silveira (2022, p. 50), "tais tecnologias devem ser compreendidas como recursos que promovem a funcionalidade de pessoas com deficiência, ampliando sua autonomia e inclusão social". Ao integrar funções como conversão em Braille, produção de áudio acessível e audiodescrição, o InluciTec posiciona-se como uma ferramenta interdisciplinar que materializa a interseção entre acessibilidade, inovação tecnológica e práticas pedagógicas inclusivas. Acrescenta-se que a utilização de técnicas de Inteligência Artificial e visão computacional (como integração com Python BLIP, Hugging Face, Google Vision, OpenCV e Tesseract OCR) amplia a qualidade e a precisão da audiodescrição automática de imagens, reforçando a importância da tecnologia como mediadora da aprendizagem inclusiva.

Além dos referenciais já apresentados, destaca-se a necessidade de compreender a inclusão educacional como um campo que exige diálogo constante entre diferentes áreas



do conhecimento. A Pedagogia fornece as bases para estratégias de ensino inovadoras; a Psicologia contribui para compreender os processos de aprendizagem mediados pelas tecnologias; a Computação e a Engenharia de Software viabilizam soluções técnicas escaláveis; enquanto as Ciências Sociais e Jurídicas garantem a efetivação dos direitos educacionais por meio de políticas públicas. Essa articulação interdisciplinar reforça que projetos como o IncluirTec não se limitam à criação de ferramentas, mas constituem-se como instrumentos de transformação social, alinhados aos princípios da equidade e da justiça educacional.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do IncluirTec caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com foco na elaboração de uma solução tecnológica voltada à acessibilidade educacional. Trata-se de um estudo de natureza qualitativa e tecnológica, cujo objetivo central foi projetar e implementar um software capaz de converter conteúdos educacionais em formatos acessíveis para estudantes com deficiência visual. O processo metodológico seguiu o ciclo de vida clássico de engenharia de software, contemplando as etapas de análise de requisitos, projeto, implementação, testes e validação. Para assegurar qualidade e consistência, adotou-se uma abordagem orientada por princípios de usabilidade e design universal, de modo que o sistema pudesse ser utilizado com facilidade por diferentes perfis de usuários, incluindo professores e estudantes.

Linguagem de programação, arquitetura e modelagem

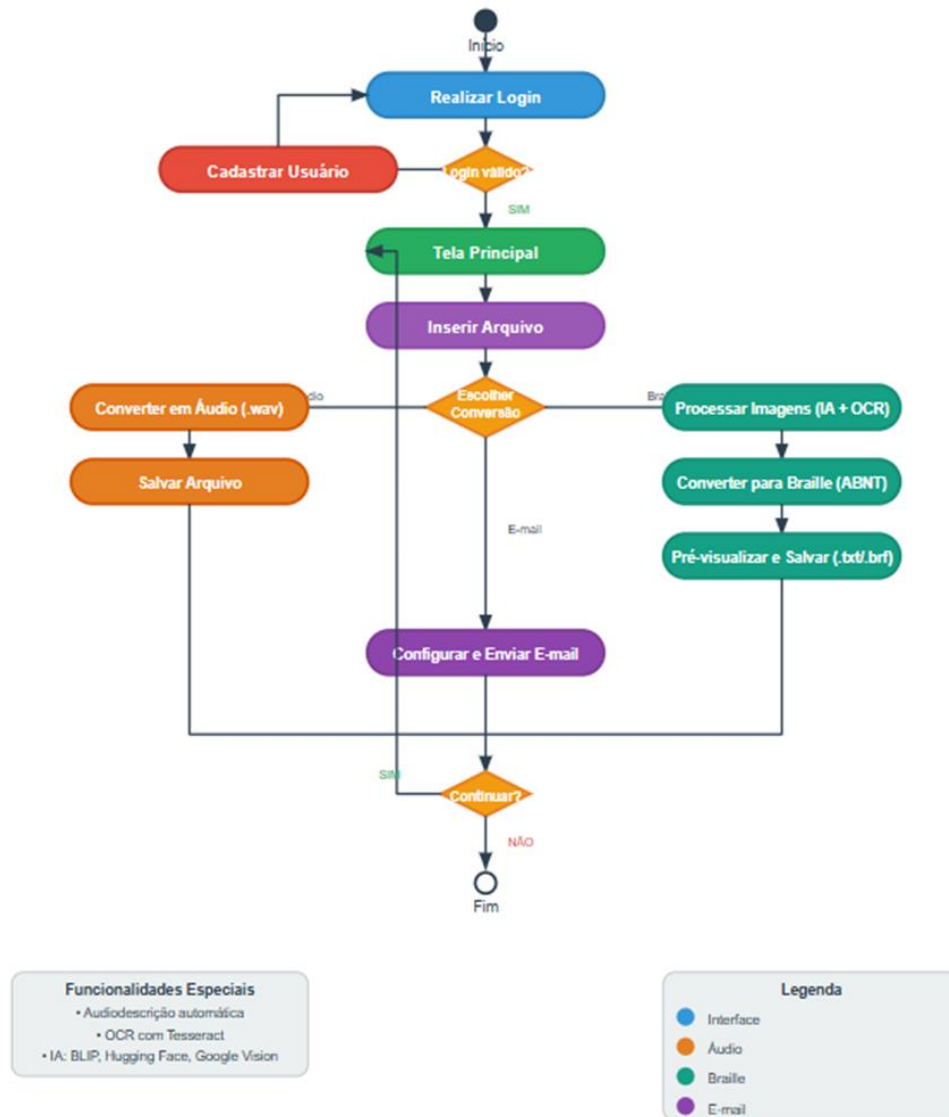
A aplicação foi desenvolvida em Java, escolhida por sua robustez, portabilidade e ampla disponibilidade de bibliotecas. A arquitetura adotada foi o padrão Modelo–Visão–Controlador (MVC), garantindo separação entre as camadas de dados, lógica e interface gráfica. A camada de visualização foi implementada utilizando a biblioteca Swing, que possibilitou a criação de interfaces intuitivas e acessíveis.

A arquitetura do sistema foi modelada utilizando diagramas UML, conforme ilustrado nas Figuras 1, 2 e 3. O diagrama de atividades da figura 1, mostra as principais ações que podem ser realizadas pelo software. O diagrama de pacotes apresentado na figura 2 apresenta a organização modular da aplicação, enquanto o diagrama de classes apresentado na figura 3 detalha os relacionamentos entre os principais componentes da lógica de negócio e da interface gráfica.

Figura 1 - Diagrama de atividades do sistema IncluirTec.

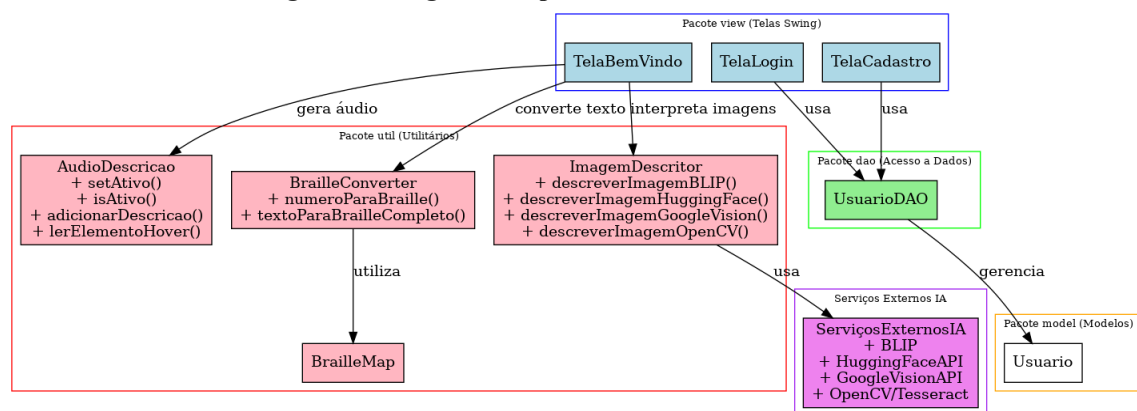


Diagrama de Atividades - Sistema InluciTec



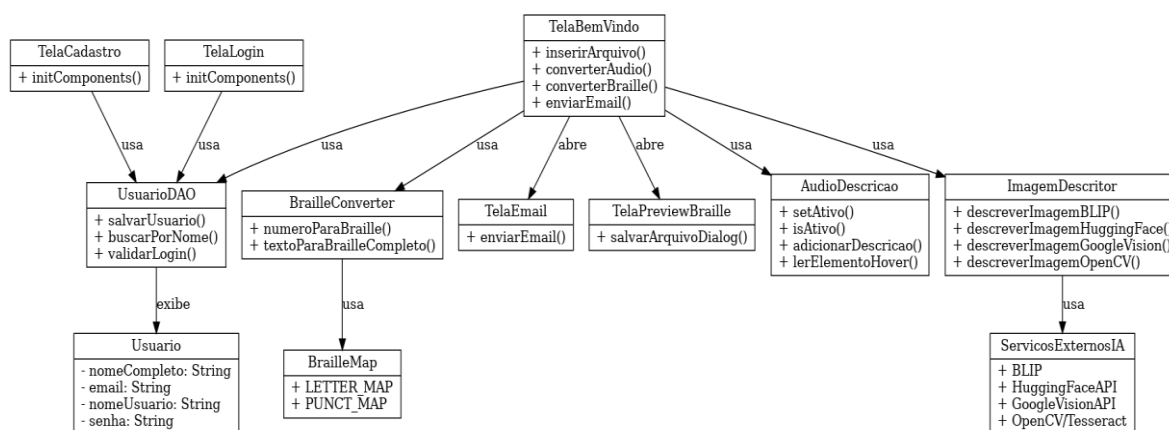
Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 - Diagrama de pacotes do sistema InluciTec.



Fonte: Elaboração própria.



Figura 3 - Diagrama de classes do sistema IncluiTec.

Fonte: Elaboração própria.

Funcionalidades e Componentes do Sistema

O projeto IncluiTec foi desenvolvido com foco em acessibilidade digital, oferecendo funcionalidades que permitem a conversão de documentos em áudio e Braille, além do envio automatizado por e-mail. O seu objetivo central é oferecer uma ferramenta inclusiva para pessoas com deficiência visual, garantindo acesso à informação em diferentes formatos. A seguir, são descritos os principais componentes e funções do sistema, organizados por pacotes e alinhados às normas técnicas de acessibilidade.

Do ponto de vista técnico, o sistema é construído em Java com Swing para a interface gráfica, usando bibliotecas como Apache PDFBox e Apache POI para manipulação de arquivos PDF e DOCX. Há ainda integração com JavaMail para envio de e-mails e utilização de TTS (Text-to-Speech) no Windows e Linux para geração de áudio.

As principais classes estão organizadas em pacotes como view, dao, model e util. No pacote view ficam as telas gráficas (login, cadastro, conversão e preview). O pacote dao contém UsuarioDAO, responsável pelo gerenciamento dos usuários. Já o pacote util centraliza funções auxiliares, como conversão para Braille (BrailleConverter), mapeamento de caracteres (BrailleMap) e descrição de imagens (ImagemDescritor). Dentre as diversas funções implementadas, podemos destacar cinco como principais: conversão para Braille, geração de áudio, descrição de imagens, adaptação de colunas e envio de e-mails. Todas foram pensadas para cumprir as recomendações da ABNT NBR 9052, garantindo acessibilidade e padronização. A conversão para Braille ocorre na classe BrailleConverter, que transforma letras, números, acentos e pontuações em padrões Unicode Braille. A função textoParaBrailleCompleto percorre o texto, normaliza acentos e aplica mapeamentos, cuidando da paginação (linhas e quebras de página). Isso assegura que a leitura em Braille seja fiel às normas de acessibilidade. A geração de áudio está presente em TelaBemVindo no método acaoConverterAudio, que extrai o texto de arquivos e o transforma em áudio .wav. Ele usa PowerShell com System.Speech no Windows e tem fallback para espeak-ng no Linux, oferecendo robustez multiplataforma. Já a descrição automática de imagens é realizada pela classe ImagemDescritor. Ao detectar imagens em PDF ou DOCX, o programa gera uma descrição que pode incluir origem, resolução ou nome do arquivo, mas também integra diferentes técnicas de visão computacional e inteligência artificial, como execução de scripts em Python (BLIP), uso de modelos via Hugging Face, análise pela API Google Vision e reconhecimento local



com OpenCV e Tesseract OCR. Essas camadas de análise são combinadas para produzir descrições mais ricas e contextualizadas, respeitando a NBR 9052 e favorecendo a acessibilidade plena. As diferentes técnicas de conversão de imagem para braille foram executadas pelo código em ordem de prioridade para descrição e não simultaneamente, assim garantido que alguma destas conseguisse realizar alguma descrição da imagem. Adicionalmente, a classe AudioDescricao foi aprimorada para permitir leitura automática de elementos em “hover” via TTS, ampliando a usabilidade do sistema para estudantes com deficiência visual.

Dependências utilizadas

O projeto InluiTec adota um conjunto robusto e integrado de dependências tecnológicas que viabilizam suas funcionalidades voltadas à acessibilidade educacional. A aplicação é desenvolvida em Java SE 17 (ORACLE, 2021), utilizando o framework Swing (ORACLE, 2021) para construção de interfaces gráficas acessíveis e responsivas. A arquitetura segue o padrão Modelo–Visão–Controlador (MVC), promovendo separação lógica entre camadas e facilitando a manutenção e evolução do sistema. Para atender às demandas específicas de manipulação de documentos, foram empregadas bibliotecas de código aberto de alto desempenho: o Apache POI (THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION, 2022) permite a extração e manipulação de textos em arquivos DOCX; o Apache PDFBox (THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION, 2021) realiza a leitura e extração de conteúdo de arquivos PDF, inclusive em casos de múltiplas colunas e imagens incorporadas. A conversão de imagens e PDFs digitalizados é realizada por meio da integração com o Tesseract OCR (GOOGLE, 2023), recurso fundamental para ampliar o alcance do sistema frente à diversidade de materiais pedagógicos.

Além disso, a versão atual do InluiTec incorpora integração com bibliotecas externas em Python (BLIP) e serviços de inteligência artificial, como a Hugging Face API e o Google Vision API, além do uso de OpenCV para pré-processamento e reconhecimento visual. Essas ferramentas complementares permitem maior precisão e detalhamento na geração de audiodescrições automáticas.

A funcionalidade de envio automático de conteúdos convertidos por e-mail é implementada com a JavaMail API (ORACLE, 2021), que gerencia o protocolo SMTP e permite o envio de mensagens com anexos diretamente pela interface do sistema. Para a geração de áudio, o InluiTec utiliza uma abordagem multiplataforma: no Windows, a síntese vocal é realizada via System.Speech através de comandos PowerShell; no Linux, o sistema recorre ao eSpeak NG (ESPEAK NG DEVELOPERS, 2022), garantindo compatibilidade e desempenho em diferentes ambientes operacionais. Também foi incorporada a biblioteca FreeTTS (FREE TTS, s.d.), que permite a conversão de textos em áudio em tempo real.

Essa seleção criteriosa de bibliotecas e recursos revela uma arquitetura tecnológica coesa e escalável, onde cada componente foi escolhido com foco na estabilidade, compatibilidade e conformidade com as normas técnicas de acessibilidade, especialmente a ABNT NBR 9052:2015.

Conversão e padronização em Braille

O algoritmo de conversão para Braille do InluiTec foi desenvolvido conforme as Normas Técnicas de Produção de Textos em Braille (ABNT NBR 9052:2015), garantindo que os materiais sigam o padrão oficial brasileiro. Essa padronização assegura



legibilidade, funcionalidade e acessibilidade, indo além da simples substituição de caracteres. O processo de conversão considera aspectos como a formatação de títulos, tabelas, listas e figuras, respeitando a hierarquia de informações e promovendo uma leitura organizada e navegável, de acordo com as normas técnicas de acessibilidade.

Entre as principais implementações, destacam-se o espaçamento e destaque visual de títulos e subtítulos, a padronização de listas e tabelas, a inclusão de descrições alternativas para figuras e imagens, o controle de paginação e margens, além da conversão de caracteres especiais por meio de mapeamento Unicode Braille. Essas medidas evidenciam o compromisso do InluciTec com a produção de materiais acessíveis e de alta qualidade, resultando em textos Braille bem estruturados, compatíveis com dispositivos de leitura tátil e capazes de promover a autonomia e a inclusão de estudantes com deficiência visual.

Estratégias de validação

A validação técnica do InluciTec foi realizada em ambiente acadêmico por meio de testes unitários e de integração que comprovaram a eficácia do sistema na extração de textos, conversão para Braille e áudio e envio automático por e-mail. Foram simulados diversos cenários com documentos em PDF e DOCX contendo colunas, tabelas, imagens e elementos gráficos, avaliando a performance dos algoritmos frente a diferentes formatos pedagógicos. Também foram testadas as audiodescrições automáticas, combinando motores como BLIP, Hugging Face, Google Vision e OpenCV/Tesseract, cuja precisão mostrou-se adequada ao contexto educacional. As saídas em Braille foram comparadas com os critérios da ABNT NBR 9052:2015, observando paginação, hierarquia e descrições alternativas, enquanto os áudios foram avaliados quanto à clareza e fluidez da síntese vocal.

Princípios orientadores

A metodologia foi fundamentada em referenciais teóricos da Teoria dos Registros de Representação Semiótica (Duval, 1995) e da Teoria Histórico-Cultural de Vigotski (2001), que orientaram a compreensão do software não apenas como produto tecnológico, mas como instrumento cultural capaz de ampliar a mediação pedagógica. Do ponto de vista pedagógico, a proposta está em consonância com os princípios do Design Universal para a Aprendizagem (DUA), ao oferecer múltiplas formas de acesso ao conteúdo.

Além disso, a metodologia incorporou princípios de engenharia de software orientada a objetos, modularidade e manutenibilidade, permitindo que futuras atualizações do sistema, como a integração com novos formatos de arquivos ou novas ferramentas de acessibilidade, possam ser implementadas com baixo custo e alta escalabilidade. Assim, a metodologia adotada não se restringiu ao aspecto técnico de desenvolvimento, mas buscou integrar fundamentos teóricos, normativos, pedagógicos e tecnológicos, resultando em uma ferramenta interdisciplinar e alinhada às demandas da educação inclusiva contemporânea, capaz de promover autonomia, acessibilidade e inovação em contextos educacionais diversos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do InluciTec resultou em uma aplicação *desktop* funcional, capaz de atender às principais demandas de acessibilidade identificadas durante a etapa

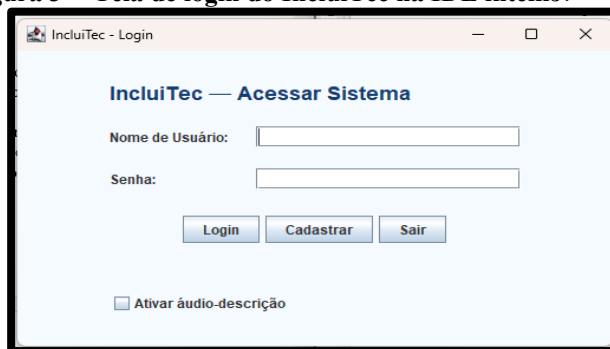


de levantamento de requisitos.

Execução do programa

Abaixo seguem as imagens da execução do código apresentando as seguintes telas: Login e tela com as funções. Também em sequência é evidenciado um texto no formato pdf, seguido de sua conversão para Braille. A execução do código conseguiu fazer as tarefas de conversão em áudio, fazer arquivo em Braille e envio por e-mail.

Figura 3 – Tela de login do InluiTec na IDE intelliJ.



Fonte: Elaboração própria construídos na IDE IntelliJ.

Figura 4 – Tela com as funções de inserção de arquivo, conversão em áudio, em Braille e envio por e-mail do InluiTec na IDE intelliJ.



Fonte: Elaboração própria construídos na IDE IntelliJ.

Para teste foi criado um arquivo em formato docx com texto em duas colunas e imagem incluso com dimensão de duas páginas e que foi denominado de arquivo teste, conforme demonstrado na figura 5.

Figura 5 – Imagem de parte do arquivo em docx feito para o teste.

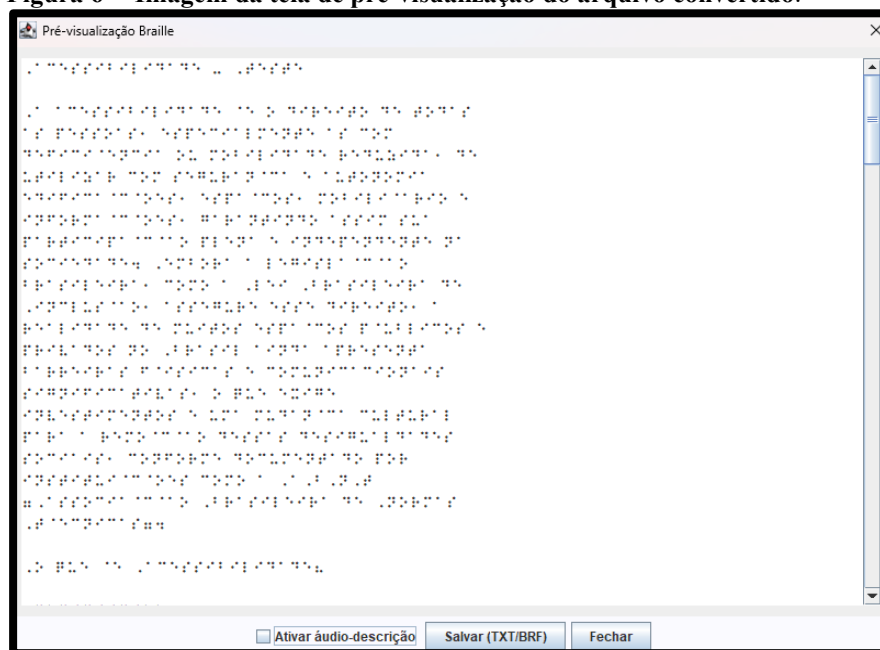




Fonte: Elaboração própria construídos no programa word.

Após a inserção do arquivo para conversão em braille, abaixo aparece a tela com a pré-visualização do conteúdo convertido, com a opção para salvar, conforme ilustrado pela figura 6. Após a conversão o usuário pode clicar na opção de salvar, que aparecerá duas opções de formato para salvar o arquivo que são em brt e txt.

Figura 6 – Imagem da tela de pré-visualização do arquivo convertido.



Fonte: Elaboração própria construída no Incluítex.

Os resultados alcançados podem ser analisados sob quatro dimensões principais: funcionalidades implementadas, resultados técnicos e arquitetura do sistema, desafios encontrados e potencial de impacto social e educacional.

Funcionalidades implementadas:

O IncluirTec consolidou-se como uma ferramenta multifuncional de conversão de conteúdos educacionais em formatos acessíveis. Entre os principais resultados destacam-se:

- Conversão de textos em áudio (.wav), permitindo que estudantes com deficiência visual possam acessar conteúdos didáticos por meio da escuta.
- Transcrição para Braille, de acordo com a ABNT NBR 9052, garantindo a padronização e a qualidade dos materiais gerados.
- Audiodescrição aplicada a textos e imagens, agora enriquecida com integração a diferentes motores (Python BLIP, Hugging Face, Google Vision e OpenCV/Tesseract OCR), permitindo que elementos visuais sejam descritos de forma mais detalhada e contextualizada.
- Leitura automática em *hover* pela classe AudioDescricao, que possibilita feedback imediato via TTS em diferentes componentes da interface.
- Adaptação de documentos complexos, incluindo aqueles com múltiplas colunas, tabelas e gráficos.
- Envio automatizado por e-mail, assegurando praticidade na distribuição de materiais acessíveis entre professores e estudantes.

O IncluirTec apresenta-se como uma solução integrada, contemplando uma maior diversidade de formatos e situações de uso.

Resultados Técnicos e Arquitetura do Sistema

A implementação do IncluirTec comprovou sua consistência técnica e eficiência ao adotar o padrão arquitetural Modelo–Visão–Controlador (MVC), garantindo organização e escalabilidade. As classes principais: BrailleConverter, ImagemDescricao, acaoConverterAudio e AudioDescricao, mostraram-se eficazes em tarefas complexas como transcrição para Braille, geração de audiodescrições multimodais e síntese de voz. O uso das bibliotecas Apache PDFBox e Apache POI possibilitou a manipulação de diferentes formatos de documentos, enquanto a integração com JavaMail automatizou o envio de arquivos acessíveis. A combinação de tecnologias como Python BLIP, Hugging Face, Google Vision e OpenCV/Tesseract trouxe maior precisão às descrições de imagens, resultando em um sistema robusto, flexível e tecnicamente sólido para o tratamento de conteúdos pedagógicos.

A estrutura modular do código, dividida em pacotes view, dao, model e util, favoreceu a clareza, manutenção e futuras expansões do sistema. As interfaces gráficas desenvolvidas em Swing foram integradas a métodos de conversão sem comprometer a lógica de negócio, enquanto os algoritmos implementados demonstraram alto desempenho e conformidade com a ABNT NBR 9052, especialmente no método *textoParaBrailleCompleto*. O uso de processamento paralelo acelerou a conversão de grandes documentos e garantiu compatibilidade multiplataforma nas sínteses de áudio. Essa arquitetura flexível e padronizada não apenas assegura conformidade técnica e eficiência, mas também consolida o IncluirTec como uma ferramenta com grande potencial de evolução e impacto na inclusão educacional digital.

Desafios e limitações identificados

Durante a fase de validação, constatou-se que documentos digitalizados como



imagens exigem processamento adicional. A integração do Tesseract OCR ampliou a capacidade do sistema, mas ainda requer otimização, especialmente em casos de documentos com diagramação complexa, como tabelas extensas ou gráficos em várias camadas. Outro desafio refere-se à dependência de serviços externos (como Hugging Face e Google Vision), que podem implicar custos ou necessidade de conectividade estável. Também foi identificado como desafio no que refere-se à qualidade da síntese de áudio, que pode ser aprimorada com o uso de mecanismos mais avançados de processamento de voz natural (text-to-speech).

Além disso, a necessidade de conformidade contínua com as normas de transcrição Braille exige atualização permanente, acompanhando diretrizes da Comissão Brasileira do Braille. Isso reforça o caráter dinâmico do projeto e a importância de sua manutenção e evolução constante.

Potencial de impacto social e educacional

Do ponto de vista social, o InluciTec representa um avanço significativo para a democratização do conhecimento. Ao ampliar o acesso de estudantes com deficiência visual a conteúdos didáticos, contribui diretamente para a redução das desigualdades educacionais, alinhando-se às metas da Lei Brasileira de Inclusão de 2015 e da Convenção da ONU sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência de 2006. No campo pedagógico, a possibilidade de oferecer conteúdos em múltiplos formatos acessíveis dialoga com os princípios do Design Universal para a Aprendizagem (DUA), permitindo que professores planejem práticas mais inclusivas. Além disso, a integração com recursos digitais amplia as oportunidades de participação dos estudantes em atividades de sala de aula, promovendo não apenas a aprendizagem, mas também a autonomia e a autoestima. O aprimoramento das audiodescrições com apoio de inteligência artificial confere ao InluciTec um diferencial inovador, mostrando que tecnologias emergentes podem ser aplicadas de forma ética e pedagógica em benefício da inclusão.

Assim, os resultados alcançados indicam que o InluciTec é uma ferramenta viável e promissora, com potencial de consolidar-se como uma referência em tecnologias assistivas aplicadas à educação inclusiva. Ao mesmo tempo, os desafios identificados fornecem um roteiro para aprimoramentos futuros, garantindo a continuidade do impacto social e educacional gerado pelo projeto. Outro aspecto relevante diz respeito ao potencial de replicabilidade e expansão do InluciTec. A arquitetura modular do sistema permite sua integração com Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), como Moodle e Google Classroom, o que amplia sua aplicabilidade no ensino híbrido e a distância. Essa possibilidade reforça sua contribuição para a inovação educacional, uma vez que o software pode ser adaptado a diferentes níveis e modalidades de ensino, beneficiando tanto a Educação Básica quanto o Ensino Superior. Além disso, o InluciTec pode ser compreendido como uma ferramenta de pesquisa e extensão, fomentando a produção de conhecimento científico e a formação de professores mais preparados para lidar com a diversidade em sala de aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do InluciTec evidencia o papel estratégico da tecnologia na promoção da inclusão educacional, especialmente para estudantes com deficiência visual. Ao implementar funcionalidades como conversão de textos em áudio, transcrição para Braille segundo a ABNT NBR 9052 e audiodescrição de materiais pedagógicos, o



software demonstra sua viabilidade técnica e relevância social. Essas soluções tecnológicas reforçam o potencial da inovação digital em ampliar o acesso ao conhecimento, democratizar a aprendizagem e reduzir barreiras históricas na educação. O estudo alcançou seu principal objetivo ao conceber e validar uma ferramenta capaz de ampliar o acesso a conteúdos educacionais de forma acessível e autônoma. A integração de recursos como o envio automatizado de materiais, adaptação de documentos complexos e geração de descrições contextuais com inteligência artificial confirma o caráter inovador do projeto. Os resultados também destacam a importância de alinhar tecnologia, pedagogia e normas de acessibilidade, enquanto os desafios identificados, como o aprimoramento da síntese de voz e o processamento de documentos digitalizados, apontam caminhos promissores para o aperfeiçoamento contínuo do sistema.

Considera-se que o InlucTec ultrapassa a dimensão de um produto tecnológico, consolidando-se como um movimento em direção a uma educação mais inclusiva e inovadora. Seu caráter interdisciplinar, fundamentado em teorias pedagógicas e sustentado por soluções computacionais avançadas, reforça sua relevância no cenário educacional contemporâneo. Ao democratizar o acesso ao conhecimento, o InlucTec se afirma como uma iniciativa de impacto social, capaz de inspirar políticas públicas, novas pesquisas e práticas pedagógicas que valorizem a diversidade como elemento essencial da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência — Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2015.

DUVAL, RAYMOND. *Semiosis et pensée humaine: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berne: Peter Lang, 1995.

ESPEAK NG DEVELOPERS. *eSpeak NG Text-to-Speech*. 2022. Disponível em: <https://github.com/espeak-ng/espeak-ng>. Acesso em: 14 set. 2025.

FREE TTS. *FreeTTS: A speech synthesis system*. [s.d.]. Disponível em: <https://freetts.sourceforge.net/>. Acesso em: 14 set. 2025.

FREITAS, LÚCIA; LIBÂNEO, JOSÉ CARLOS. Experimento Didático-Formativo: microciclo de investigação dialética no processo ensino-aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação*, v. 27, n. 2, p. 55–72, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbe.v27.2022.12345>. Acesso em: 14 set. 2025.

GODOY, DENISE APARECIDA VECHANI; SILVA, ANA PAULA; ALLAIN, OLIVIER. A inclusão de pessoas com deficiência visual na Educação Profissional. *Revista Benjamin Constant*, v. 28, n. 64, e286413, 2022. Disponível em: <https://www.revistas.ufrj.br/index.php/rbc/article/view/286413>. Acesso em: 13 set. 2025.

GÓES, A. R. T.; COSTA, P. K. A. Do Desenho Universal ao Desenho Universal para Aprendizagem. In: GÓES, A. R. T.; COSTA, P. K. A. (orgs.). *Desenho Universal e Desenho Universal para Aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para Educação Inclusiva*. v. 1, 1. ed. São Carlos, SP: Pedro & João Editores, 2022. p. 25-33.



GOOGLE. *Tesseract OCR*. 2023. Disponível em: <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>. Acesso em: 14 set. 2025.

JBRAILLE PROJECT. *jBraille API*. [s.d.]. Disponível em: <https://github.com/brlty/jbraille>. Acesso em: 14 set. 2025.

MORAN, JOSÉ. Design universal para a aprendizagem: caminhos para a inclusão. *Revista Educação Inclusiva*, v. 13, n. 2, p. 45–58, 2019.

ORACLE. *Java Platform Standard Edition 17 Documentation*. 2021. Disponível em: <https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/>. Acesso em: 14 set. 2025.

THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache PDFBox*. 2021. Disponível em: <https://pdfbox.apache.org/>. Acesso em: 14 set. 2025.

PEREZ, DANIELA JORDÃO GARCIA; ZANON, DAIANA; MENDONÇA, LARISSA; OLIVEIRA, LAÍS; VIEIRA, VINÍCIUS; PRADO, PATRÍCIA. Online training of educators from institutions specialized in visual impairment in the Braille Bricks Brazil Program. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 8, p. e45911831321, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.31321.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). *Sinopse Estatística da Educação Básica 2020*. Brasília: INEP, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-estatisticos/sinopses-estatisticas>. Acesso em: 14 set. 2025.

SANTOS, S. M. A. V. *Educação: Inclusão e Saúde: Caminhos a Serem Trilhados para o Desenvolvimento*. São Paulo: Editora Archê, 2024. ISBN 978-65-6054-5.

SILVA, J. A. G. A educação inclusiva e a tecnologia assistiva: caminhos convergentes. *Cuadernos de Educación*, v. 11, n. 1, 2025.

SILVEIRA, J. R. Proposta de tecnologia assistiva para auxiliar indivíduos com deficiência visual. *Revista Brasileira de Tecnologias Assistivas*, v. 11, n. 2, p. 45-58, 2022. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220709631.pdf>. Acesso em: 14 set. 2025.

THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache POI*. 2022. Disponível em: <https://poi.apache.org/>. Acesso em: 14 set. 2025.

VIGOTSKI, LEV S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

W3C – WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. *Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.2* / World Wide Web Consortium; tradução autorizada: Ceweb.br; versão em português do Brasil. São Paulo: W3C Brasil / Ceweb.br, 2023. Disponível em: <https://www.w3c.br/traducoes/wcag/wcag22-pt-BR/index-15-08-2024.htm>. Acesso em: 27 mar. 2025.

