

## **Escutuai: app de leitura nãoclusivo**

### ***Escutuai: a non-clusive reading app***

Diego Gomes Castilho<sup>1</sup>  
Wagner Bandeira da Silva<sup>2</sup>

#### **Resumo**

Ao se fundamentar pela utilização de ambientes e projetos por todas as pessoas, o Design Universal esbarra em uma realidade que se impõe: não é possível mapear todas as diversidades pessoais e, muito menos, implementar um único projeto para elas, enquanto se ignora a ênfase de que seus projetos devem ser "utilizáveis por todas as pessoas, na maior medida possível, sem necessidade de adaptação ou design especializado." Por meio de uma pesquisa bibliográfica, ancorada nos fundamentos e discussões sobre o Design Universal, o presente trabalho contextualiza o conceito de "nãoclusivo design", a partir de um projeto de interface que apresenta sua universalidade a despeito de uma potencial "restrição" a todos os tipos de usuário. O aplicativo Escutuai é um sistema digital voltado à inclusão de pessoas com diversos tipos de deficiência e transtornos visuais na leitura de artigos e documentos em PDF, utilizando inteligência artificial para processar arquivos, extrair e organizar seu conteúdo e convertê-lo em uma experiência de navegação guiada por voz. Ao transformar documentos e artigos para leitura em uma interface auditiva acessível, o sistema trabalha o acesso universal por meio de uma interface que se concretiza nos caminhos da 3ª geração do Design Universal.

**Palavras-chave:** Design Universal; Interface; Inteligência Artificial.

#### ***Abstract***

*By grounding itself in the use of environments and projects by all people, Universal Design encounters a complex reality: it is not possible to map all personal diversities, let alone implement a single design solution for them, while ignoring the emphasis that its designs must be "usable by all people, to the greatest extent possible, without the need for adaptation or specialized design." Through a bibliographic research grounded in the foundations and discussions on Universal Design, this paper contextualizes the concept of "nonclusive design", drawing from an interface project that presents its universality despite a potential "restriction" to all types of users. The Escutuai app is a digital system aimed at including people with various types of disabilities and visual impairments in reading articles and PDF documents, using artificial intelligence to process files, extract and organize their content, and convert it into a voice-guided navigation experience. By transforming documents and articles for reading into an accessible auditory interface, the system works toward universal access through an interface that materializes within the pathways of the 3rd generation of Universal Design.*

---

<sup>1</sup> Diego Gomes Castilho, graduado em Design Gráfico e em Sistemas de Informação, com especialização em Inovação em Mídias Interativas, cursando mestrado em Artes, Culturas e Tecnologias na Universidade Federal de Goiás. Com mais de 15 anos de experiência em Design e Desenvolvimento Web.

<sup>2</sup> Wagner Bandeira da Silva, possui graduação em Desenho Industrial pela Esdi.UERJ (2000), mestrado em Design pela PUC.RJ (2006) e doutorado em Arte e Cultura Visual pela UFG (2017). É professor adjunto na Graduação em Design Gráfico e Digital da UFG e coordena o Programa de Pós-graduação em Artes, Culturas e Tecnologias do Laboratório de Inovação, Pesquisa e Desenvolvimento de Mídias Interativas (Media Lab. UFG).

**Keywords:** *Universal Design; Interface; Artificial Intelligence.*

## 1 – Introdução

O Design Universal consolidou-se, nas últimas décadas, como uma importante abordagem projetual voltada à ampliação do acesso, da autonomia e da participação social por meio da concepção de ambientes, produtos e serviços utilizáveis pelo maior número possível de pessoas. Fundamentado na ideia de que o projeto deve minimizar barreiras físicas, cognitivas e sensoriais, esse campo desloca a atenção do sujeito considerado "médio" ou "padrão" para uma perspectiva mais ampla da experiência humana. Nesse sentido, sua proposição ética e metodológica busca superar práticas excludentes historicamente presentes no design, na arquitetura e no urbanismo.

Entretanto, ao se fundamentar na utilização de ambientes e projetos por todas as pessoas, o Design Universal esbarra em uma realidade complexa: a impossibilidade de mapear integralmente as múltiplas diversidades corporais, cognitivas, culturais e sociais existentes. A amplitude das experiências humanas revela que não há um usuário universal plenamente identificável, tampouco uma solução única capaz de contemplar, simultaneamente, todas as necessidades e formas de interação. Tal condição evidencia uma tensão central no próprio conceito de universalidade, sobretudo quando seus princípios defendem que os projetos sejam "utilizáveis por todas as pessoas, na maior medida possível, sem necessidade de adaptação ou design especializado". (Mace; Hardie; Place, 1991)

Essa contradição torna-se ainda mais evidente quando se observa que determinadas demandas específicas continuam exigindo adaptações, tecnologias assistivas ou soluções personalizadas para garantir condições efetivas de acesso e participação. Assim, embora o Design Universal represente um avanço significativo na crítica aos modelos normativos de projeto, sua aplicação prática suscita questionamentos acerca dos limites da universalização, da representatividade das diferenças e das próprias noções de inclusão presentes no campo do design contemporâneo.

Por meio de uma pesquisa bibliográfica, ancorada nos fundamentos teóricos e nas discussões contemporâneas sobre o Design Universal, o presente trabalho contextualiza o conceito de "design nãoclusivo" (Hedvall; Price; Keller; Ericsson, 2022), compreendendo-o como uma provocação crítica às noções tradicionais de universalidade projetual. A partir da análise de um projeto de interface que evidencia sua universalidade justamente por meio de uma potencial "restrição" aos diferentes tipos de usuários, busca-se discutir de que maneira determinadas limitações podem operar não como mecanismos excludentes, mas como estratégias capazes de revelar a impossibilidade de uma inclusão absoluta. Dessa forma, o estudo propõe uma reflexão sobre os limites do ideal universalista no design, questionando até que ponto a tentativa de contemplar todos os sujeitos simultaneamente pode obscurecer a complexidade das diferenças humanas.

## 2 – Design nãoclusivo

O conceito de "nonclusive design", livremente traduzido neste trabalho como "design nãoclusivo", surge a partir das discussões propostas por Per-Olof Hedvall, Margaret Price, Johnna Keller e Stina Ericsson no artigo Towards 3rd Generation Universal Design: Exploring Nonclusive Design (2022). Inserido no contexto das discussões sobre uma possível terceira geração do Design Universal, o conceito busca problematizar os limites das abordagens inclusivas tradicionais, especialmente aquelas fundamentadas na lógica da normatividade, da categorização dos sujeitos e da adaptação de soluções para grupos considerados "desviantes" em relação a um usuário presumidamente padrão.

Segundo os autores, embora o Design Universal tenha surgido como uma reação aos modelos baseados na separação entre corpos "normais" e corpos "desviantes", grande parte de suas aplicações acabou reproduzindo, ainda que involuntariamente, estruturas classificatórias. Isso ocorre porque muitos projetos continuam operando por meio da identificação explícita de grupos específicos de usuários, produzindo soluções direcionadas, adaptações e sinalizações que reiteram categorias previamente estabelecidas. Nesse sentido, o artigo afirma que "Design nãoclusivo significa um design que resiste à categorização de corpos/papéis e que não vem com

limites predefinidos ou pressupostos em termos de a quem se destina" (Hedvall et al, 2022, p. 91. Tradução nossa.)

A proposição do design nãoclusivo desloca, portanto, o foco do sujeito categorizado para as funções, possibilidades e contextos de uso. Em vez de perguntar "para quem" determinado recurso foi projetado, a abordagem procura compreender "o que" o sistema oferece e "como" ele pode ser apropriado por diferentes sujeitos, independentemente de classificações identitárias prévias. Trata-se de uma mudança conceitual importante, pois rompe com a necessidade de explicitar continuamente quem pode ou não utilizar determinados espaços, produtos ou interfaces.

Neste sentido, pode-se ter como exemplo dessa mudança a representação dos projetos de sinalização em diferentes situações. Uma porta de um banheiro marcada por múltiplos pictogramas como homem, mulher, cadeirante e trocador de bebê pode ser substituída apenas por indicações funcionais sobre o espaço. A primeira estratégia é definida como inclusiva porque busca ampliar continuamente os grupos representados; a segunda aproxima-se do design nãoclusivo justamente por não estabelecer previamente quais sujeitos são esperados naquele ambiente. Conforme argumentam os autores, "A sinalização nas portas não vem com limites predefinidos ou pressupostos". (Hedvall et al, 2022, p. 88. Tradução nossa.)

Essa perspectiva aproxima-se de uma compreensão da diversidade humana como condição estrutural da existência, e não como exceção a ser incorporada posteriormente pelo projeto. Por isso, o artigo propõe uma transição "do adaptismo à variação" (Hedvall et al, 2022, p. 88), isto é, de uma lógica baseada na adaptação corretiva para sujeitos específicos para uma lógica fundamentada na variação humana como elemento constitutivo do próprio processo projetual. O termo "adaptismo", utilizado pelos autores, refere-se justamente à tendência de desenvolver uma solução principal voltada ao sujeito normativo e, posteriormente, criar adaptações para aqueles que não se enquadram nela. Nesse modelo, a diferença permanece sendo tratada como exceção.

O design nãoclusivo, que se caracteriza, segundo os autores como a "terceira geração do Design Universal", propõe uma ruptura com essa dinâmica ao sugerir soluções

menos explícitas em suas categorizações e mais abertas às múltiplas formas de uso. Os autores afirmam que essa abordagem "Direciona a atenção para o contexto em vez do indivíduo, concentrando-se nas possibilidades, funções e instalações." (Hedvall et al, 2022, p. 91). Dessa forma, a interface, o ambiente ou o objeto deixam de comunicar identidades esperadas e passam a enfatizar suas possibilidades operacionais, permitindo que diferentes sujeitos estabeleçam relações próprias com o sistema.

Outro aspecto relevante da proposta está na crítica à visibilidade compulsória das diferenças. Em muitos contextos, soluções inclusivas acabam produzindo uma constante marcação dos corpos considerados dissidentes, seja por meio de entradas separadas, áreas específicas, símbolos ou recursos identificados exclusivamente para determinados grupos. O design nãoclusivo procura reduzir essa necessidade de explicitação permanente. Essa abordagem substitui "a atual avalanche de pictogramas e outras imagens de pessoas com um silêncio que não existia antes" (Hedvall et al, 2022, p. 92). Essa "silenciosa" suspensão das categorias não significa ignorar as diferenças humanas, mas evitar que elas sejam continuamente reforçadas pelo próprio projeto.

Nesse sentido, o conceito de design nãoclusivo apresenta-se menos como uma negação da inclusão e mais como uma expansão crítica de seus limites conceituais. A proposta não abandona as preocupações do Design Universal, mas questiona a própria ideia de que seja possível determinar previamente todos os usuários de um sistema. Em vez de buscar uma universalidade totalizante, o design nãoclusivo opera por abertura, indeterminação e flexibilidade relacional.

É a partir dessa perspectiva que o presente artigo desenvolve sua reflexão sobre interfaces digitais e experiência de uso. Ao tomar o design nãoclusivo como fundamento teórico, busca-se discutir de que maneira um software de conversão de textos em PDF para leitores de tela pode estruturar sua interface sem recorrer continuamente à categorização explícita dos sujeitos, propondo modos de interação que privilegiem funções, contextos e possibilidades de apropriação. Assim, a discussão que segue procura compreender como os princípios do design nãoclusivo

podem contribuir para o desenvolvimento de interfaces menos normativas, mais abertas à variação humana e menos dependentes de modelos fixos de usuário.

### **3 – Do PDF ao leitor de texto**

Nas últimas décadas, os softwares de conversão de texto em voz e leitura automatizada de documentos digitais passaram a ocupar um papel cada vez mais relevante nas discussões sobre acessibilidade informacional. Grande parte dessas ferramentas opera a partir de tecnologias de OCR (Optical Character Recognition), capazes de identificar caracteres textuais em imagens, documentos escaneados ou arquivos digitais, convertendo-os em conteúdos interpretáveis por sistemas computacionais e leitores de tela. Inicialmente associados às demandas de pessoas com deficiência visual, esses recursos ampliaram significativamente sua presença social, tornando-se parte do cotidiano de diferentes perfis de usuários e evidenciando que acessibilidade e usabilidade não são dimensões restritas a grupos específicos, mas componentes estruturais das interações contemporâneas com a informação digital.

O crescimento do consumo de conteúdos em áudio, assistentes virtuais e sistemas de leitura automatizada demonstra que a escuta passou a constituir uma importante forma de acesso à informação textual. Nesse contexto, ferramentas de leitura de PDFs e documentos digitais não atendem apenas sujeitos cegos ou com baixa visão, mas também usuários videntes que utilizam a leitura por voz em situações variadas do cotidiano. Ouvir um texto enquanto dirige, cozinha, lava louças, realiza exercícios físicos ou executa tarefas profissionais tornou-se uma prática recorrente em uma cultura marcada pela simultaneidade de ações e pela mobilidade constante. A conversão do texto escrito em linguagem sonora transforma-se, assim, em uma estratégia de otimização do tempo, de ampliação do acesso e de flexibilização das formas de consumo da informação.

Essa ampliação de usos evidencia uma questão importante para os estudos sobre acessibilidade: recursos historicamente associados à deficiência frequentemente extrapolam seus contextos originais e passam a beneficiar um conjunto muito mais amplo de sujeitos (Bandeira, Bandeira, 2018). Tal percepção aproxima-se das

discussões propostas pelo Design Universal e, mais especificamente, pelas perspectivas contemporâneas do design nãoclusivo, ao demonstrar que as tecnologias assistivas não precisam operar exclusivamente por meio da identificação explícita de usuários específicos. Em muitos casos, as soluções mais eficientes são justamente aquelas que podem ser apropriadas de maneira ampla, variável e contextual, sem exigir classificações rígidas sobre quem "necessita" ou não do recurso.

Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos observados nos sistemas de OCR e nos leitores automatizados, a leitura de documentos digitais ainda apresenta inúmeras limitações, especialmente quando confrontada com materiais graficamente complexos. Grande parte dos softwares existentes opera de maneira relativamente eficiente em textos lineares e estruturados de forma simples. Porém, à medida que os documentos incorporam múltiplas colunas, tabelas, grafismos, imagens, notas laterais, hierarquias visuais sofisticadas e composições editoriais mais elaboradas, os sistemas de leitura passam a enfrentar dificuldades significativas para compreender a organização informacional do conteúdo.

Nesses casos, o problema não está apenas na conversão dos caracteres em texto, mas na interpretação das relações estruturais presentes no documento. Em um projeto editorial, por exemplo, a disposição gráfica dos elementos não possui apenas função estética; ela também organiza sentidos, estabelece hierarquias de leitura, direciona percursos visuais e articula relações semânticas entre diferentes partes da página. Quando um software lê um documento de maneira linear, ignorando sua estrutura visual, frequentemente produz interpretações fragmentadas, desconexas ou incoerentes.

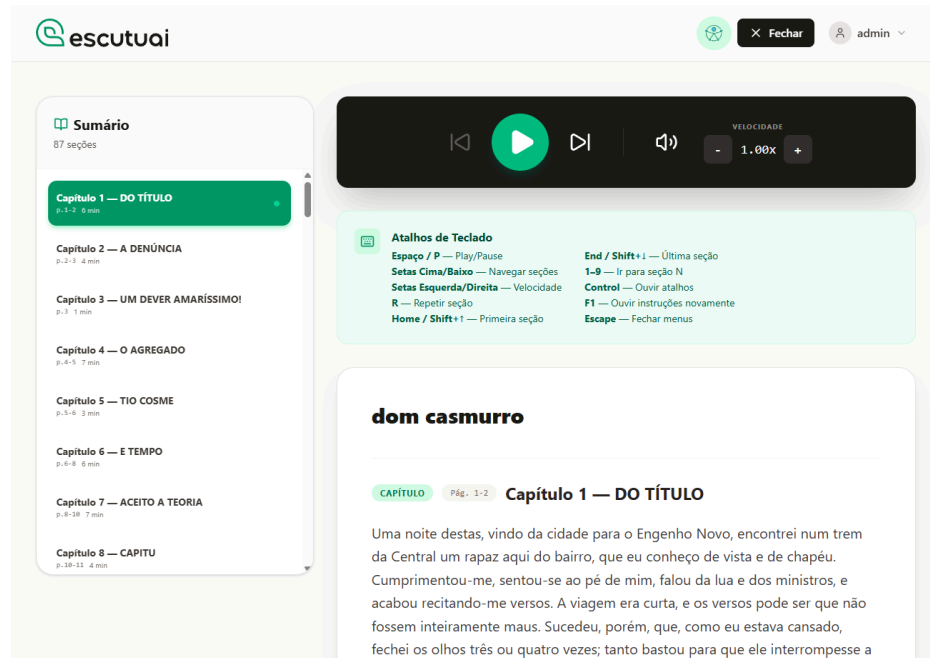
As dificuldades tornam-se ainda maiores quando os materiais analisados não são compostos por textos digitais vetoriais, mas por documentos escaneados em formato bitmap. Diferentemente dos PDFs produzidos digitalmente, nos quais os caracteres permanecem identificáveis como texto computacional, documentos escaneados consistem essencialmente em imagens. Nesses casos, o OCR precisa primeiro reconhecer visualmente cada caractere para então reconstruir o conteúdo textual.

Pequenas falhas de resolução, contraste, inclinação da página, ruídos gráficos ou deteriorações do material original podem comprometer drasticamente a precisão da leitura.

Além das limitações técnicas, existe também uma questão conceitual relacionada ao modo como muitos desses softwares compreendem a acessibilidade. Em diversas plataformas, os recursos destinados à leitura automatizada aparecem segregados em menus específicos de acessibilidade, frequentemente associados apenas a usuários com deficiência. Embora tais estratégias tenham importância histórica, elas também acabam reforçando a ideia de que determinados modos de interação pertencem exclusivamente a certos grupos.

É justamente nesse cenário que se insere o desenvolvimento do software "Escutuai". A proposta do sistema parte do reconhecimento de que a leitura automatizada de documentos precisa ultrapassar a simples conversão mecânica de texto em voz. Utilizando recursos de inteligência artificial, o Escutuai busca interpretar não apenas os caracteres presentes na página, mas também as relações estruturais e contextuais existentes nos documentos, considerando elementos como hierarquia informacional, organização espacial, tabelas, grafismos e fluxos de leitura.

**Figura 1** – Tela principal de leitura do sistema Escutuai.



Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Ao mesmo tempo, o Escutuai procura desenvolver uma interface alinhada às proposições do design nãoclusivo. Em vez de estruturar suas funcionalidades a partir da identificação explícita de perfis específicos de usuários, o sistema parte da ideia de que diferentes sujeitos podem se beneficiar da escuta e da leitura assistida em diferentes contextos.

Nesse sentido, o Escutuai não se apresenta apenas como uma ferramenta tecnológica voltada à acessibilidade documental, mas como uma investigação prática sobre as possibilidades contemporâneas do design nãoclusivo em interfaces digitais. Ao articular inteligência artificial, leitura automatizada e uma lógica menos normativa de interação, o software propõe discutir de que maneira tecnologias digitais podem operar para além das classificações tradicionais de usuário.

## 4 – Ferramentas utilizadas e justificativas

### 4.1 Stack de desenvolvimento

A Tabela 1 apresenta o stack de desenvolvimento adotado e as respectivas justificativas para cada escolha tecnológica.

**Tabela 1** – Stack de desenvolvimento e justificativas.

Ferramenta	Função	Justificativa
React 19	Framework de UI	Componentização que encapsula comportamentos de acessibilidade em hooks reutilizáveis (useSpeech, useKeyboardShortcuts)
TypeScript	Tipagem estática	Previne erros em propriedades ARIA e handlers de eventos em tempo de compilação
Vite	Build tool	Build rápido para desenvolvimento iterativo de acessibilidade
Tailwind CSS	Estilização	Classes utilitárias para contraste, espaçamento e responsividade
Node.js/Express	Backend	Simplicidade para API REST e servir frontend estático
SQLite (better-sqlite3)	Banco de dados	Operação sem infraestrutura separada, facilitando deploy e uso local

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

## 4.2 Pipeline de processamento de PDFs

O pipeline de processamento combina ferramentas locais e serviços de inteligência artificial, sempre buscando manter o custo operacional próximo de zero. A Tabela 2 detalha cada componente do pipeline.

**Tabela 2** – Ferramentas do pipeline de processamento e justificativas.

Ferramenta	Função	Custo	Justificativa
pdf-parse v2	Extração de texto, tabelas, outline	US\$ 0	Execução local, suporta extração de bookmarks para hierarquia de capítulos
Tesseract.js	OCR em páginas escaneadas	US\$ 0	Execução local via WebAssembly, suporte a português e inglês
Gemini 2.5 Flash	Processamento nativo de PDF com IA	~US\$ 0 (nível gratuito)	Aceita PDF como input direto, OCR nativo superior, descrição de imagens para acessibilidade
Ollama (llama3.2:3b)	LLM local para estrutura e refinamento	US\$ 0	100% local, sem envio de dados, fallback do Gemini
google-translate-api-x	Tradução automática	US\$ 0	Sem API key, sem limites práticos, cobertura de idiomas ampla

pdf-lib	Manipulação de PDF (split, extração)	US\$ 0	Divisão em lotes para envio ao Gemini
Web Speech API	Síntese de voz (TTS)	US\$ 0	Nativa do navegador, funciona offline, sem API externa

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

## 5 – Desafios do processamento de PDFs escaneados

### 5.1 A problemática dos PDFs totalmente escaneados

PDFs escaneados representam um dos maiores desafios para acessibilidade digital. Quando um documento físico é digitalizado, o resultado é uma série de imagens – não existe texto que leitores de tela ou ferramentas de conversão possam processar. O conteúdo é visualmente legível para humanos videntes, mas completamente opaco para qualquer software de processamento de texto.

O Escutuai enfrentou esse desafio durante testes com um PDF de 141 páginas (livro acadêmico escaneado). Os resultados do OCR via Tesseract.js revelaram as dificuldades inerentes ao processo, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** – Qualidade do OCR por tipo de página em PDF escaneado.

Característica da página	Confiança OCR	Qualidade do texto
Texto em coluna única, boa resolução	87–90%	Muito boa
Texto em duas colunas	81–87%	Boa, com alguns erros
Páginas com elementos visuais	72–81%	Regular, com artefatos
Créditos e layouts complexos	60–72%	Prejudicada
Texto em coluna única, baixa resolução	30–40%	Muito Prejudicada

Fonte: Elaborada pelo autor (2026) a partir de testes com livro acadêmico escaneado.

### 5.2 Artefatos de OCR

O OCR em documentos escaneados produz artefatos que prejudicam muito a leitura por voz. Alguns problemas bastante comuns são: caracteres soltos escritos nas

margens, números de página e anotações marginais que são interpretados como texto; quebras de coluna, quando em layouts de duas colunas o OCR frequentemente mistura texto de colunas adjacentes; palavras quebradas, quando a hifenização de fim de linha não é reconhecida, gerando palavras fragmentadas; e erros ortográficos, quando caracteres visualmente similares são confundidos (l e 1, O e 0, rn e m).

Para diminuir esses problemas, o Escutuai implementa algumas funções internas que, além de remover artefatos comuns, também utiliza análise estatística da largura das linhas para reconstruir parágrafos contínuos a partir de linhas quebradas pelo layout da coluna.

## 6 – Evolução das etapas do processamento

O pipeline de processamento de PDFs do Escutuai evoluiu por seis versões ao longo do tempo do desenvolvimento, partindo de uma dependência total de API paga até alcançar operação efetivamente gratuita com boa qualidade.

**Tabela 4** – Evolução completa do pipeline de processamento.

Versão	Abordagem	Custo por requisição	Tempo (250 págs)	Confiabilidade
V1 – Gemini Full	PDF inteiro enviado ao Gemini	~R\$ 1,55+	~5 min	Baixa (503, truncamento)
V2 – Híbrida	Extração local + Gemini para imagens	~R\$ 0,01	~3 min	Média (503 pontual)
V3 – Refinada	Cache, títulos, OCR melhorado	~R\$ 0,005	~3 min	Baixa (429 cota)
V4 – 100% Gratuita	Remoção total do Gemini	R\$ 0	~2 min	Alta
V5 – Ollama	LLM local para estrutura/refinamento	R\$ 0	~15–30 min	Alta (com fallback)
V6 – Gemini Flash	PDF nativo via Gemini 2.5 Flash	~R\$ 0 (free tier)	~30–60 seg	Alta (com fallback)

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

## 7 – Conformidade com padrões de acessibilidade

### 7.1 WCAG 2.2

O Escutuai foi ajustado para conformidade com as Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2 nos níveis A e AA, cobrindo 17 critérios de sucesso distribuídos pelos quatro princípios fundamentais, conforme apresentado na Tabela 5 (W3C, 2023).

**Tabela 5** – Resumo de conformidade WCAG 2.2 por princípio.

<b>Princípio WCAG</b>	<b>CrITÉrios conformes</b>	<b>Exemplos de implementação</b>
Perceptível	4 critérios (A e AA)	aria-hidden em ícones decorativos, contraste 4,5:1, role="switch"
Operável	6 critérios (A e AA)	Focus trap em modais, skip link, título dinâmico, alvos de 40x40px
Compreensível	4 critérios (A e AA)	lang="pt-BR", role="alert", labels com htmlFor/id
Robusto	3 critérios (A e AA)	Roles ARIA completos, aria-live para mensagens de status

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

## 7.2 WAI-ARIA APG

Cada componente interativo implementa o padrão APG correspondente, garantindo comportamento previsível para tecnologias assistivas (W3C, 2024). A Tabela 6 relaciona os padrões APG aos componentes do sistema.

**Tabela 6** – Padrões APG implementados por componente.

<b>Padrão APG</b>	<b>Componente</b>	<b>Funcionalidade</b>
Menu Button	Header (menus dropdown)	Navegação por setas, Escape, Home/End
Listbox	Lista de PDFs, Sidebar de seções	Seleção por setas, aria-activedescendant
Toolbar	Player de áudio	Roving tabindex, setas horizontais
Dialog (Modal)	Modal de configurações	Focus trap, Escape, restauração de foco
Tabs	Toggle Traduzido/Original	role tablist, aria-selected, setas
Switch	Toggle de acessibilidade	role switch, aria-checked
Slider	Velocidade e tom de voz	aria-valuetext, Home/End
Landmark Regions	Tela de login	main, form, nav

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

## Conclusão

Ao longo deste trabalho, buscou-se discutir os limites das concepções tradicionais de inclusão no campo do Design Universal, especialmente aquelas ainda fundamentadas em modelos normativos de usuário e em processos de adaptação direcionados a grupos previamente categorizados. A partir das discussões propostas por Hedvall et al. (2022), o conceito de design nãoclusivo apresentou-se como uma possibilidade crítica de deslocamento dessas lógicas, propondo uma compreensão da diversidade humana baseada menos na identificação de sujeitos específicos e mais nas múltiplas possibilidades de relação entre corpos, contextos e sistemas.

Nesse cenário, o desenvolvimento do Escutuai permitiu observar como tais discussões podem ultrapassar o campo teórico e operar como fundamento para a construção de interfaces digitais contemporâneas. Mais do que um software voltado exclusivamente à acessibilidade de pessoas com deficiência visual, o Escutuai constitui-se como um sistema orientado à pluralidade das experiências de uso, compreendendo que diferentes sujeitos podem se beneficiar da escuta, da leitura assistida e da flexibilização das formas de acesso à informação em diferentes situações cotidianas.

Ao propor uma interface baseada na navegação auditiva, na interpretação estrutural de documentos e na integração de inteligência artificial aos processos de leitura, o sistema desloca a ideia de acessibilidade de uma lógica corretiva para uma perspectiva integrada ao próprio projeto. Nesse sentido, os recursos desenvolvidos não aparecem como mecanismos paralelos destinados apenas a usuários específicos, mas como funcionalidades incorporadas ao funcionamento geral da interface. O acesso deixa de ser tratado como exceção e passa a constituir o próprio princípio organizador da experiência.

Tal perspectiva aproxima-se diretamente das proposições do design nãoclusivo ao evitar a centralidade de um usuário padrão como referência projetual. Em vez de estruturar a interface a partir de um modelo normativo de corpo, percepção ou cognição, o Escutuai procura operar considerando a diversidade como condição permanente e constitutiva das interações humanas. Os ajustes, modos de navegação

e possibilidades de apropriação não se destinam exclusivamente a um grupo específico, mas encontram os corpos em suas múltiplas diferenças, contextos e necessidades variáveis.

Dessa forma, o sistema não busca produzir uma universalidade totalizante nem afirmar a possibilidade de contemplar integralmente todas as experiências humanas. Ao contrário, reconhece os limites inerentes a qualquer projeto e, justamente por isso, propõe uma interface aberta à variação, à flexibilidade e à indeterminação dos usos. O Escutuai evidencia que a acessibilidade pode deixar de operar como marcação explícita da diferença para constituir-se como uma qualidade relacional do próprio sistema.

Por fim, entende-se que o Escutuai contribui não apenas como ferramenta tecnológica voltada à leitura automatizada de documentos digitais, mas também como experimento projetual inserido nas discussões contemporâneas sobre Design Universal, acessibilidade e inteligência artificial. Ao articular tecnologias emergentes com princípios do design nãoclusivo, o projeto aponta para possibilidades futuras de desenvolvimento de interfaces menos normativas, menos segregadoras e mais sensíveis à complexidade das experiências humanas.

## Referências

BANDEIRA, Ana; BANDEIRA, Wagner. Os princípios do Design Universal na interface gráfica. In: BANDEIRA, Ana; ROCHA, Cleomar; SANTANA, Vanessa (org.). *Acessibilidade: práticas culturais e tecnologia assistiva para a cidadania*. Goiânia: Gráfica UFG, 2018.

HEDVALL, Per-Olof; PRICE, Margaret; KELLER, Johnna; ERICSSON, Stina. Towards 3rd generation universal design: exploring nonclusive design. In: GAROFOLO, Ilaria; BENCINI, Giulia; ARENGHI, Alberto (org.). *Transforming our world through universal design for human development: proceedings of the Sixth International Conference on Universal Design (UD2022)*. Amsterdam: IOS Press, 2022. p. 85–92. DOI: 10.3233/SHTI220824.

MACE, Ronald L.; HARDIE, Graeme J.; PLACE, Jaine P. *Accessible environments: toward universal design*. Raleigh: The Center for Universal Design, North Carolina State University, 1991.

CONNELL, Betty Rose et al. *The principles of universal design: version 2.0*. Raleigh: The Center for Universal Design, North Carolina State University, 1997.

W3C. *WAI-ARIA Authoring Practices Guide (APG)*. [S. l.]: World Wide Web Consortium, 2024. Disponível em: <https://www.w3.org/WAI/ARIA/apg/>. Acesso em: 18 abr. 2026.

W3C. *Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.2*. [S. l.]: World Wide Web Consortium, 2023. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/wai-aria-1.2/>. Acesso em: 18 abr. 2026.

W3C. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. [S. l.]: World Wide Web Consortium, 2023. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>. Acesso em: 18 abr. 2026.

W3C. *Web Speech API*. [S. l.]: Mozilla Developer Network, 2024. Disponível em: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web\\_Speech\\_API](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web_Speech_API). Acesso em: 18 abr. 2026.