

Uso de Assistentes Virtuais Inteligentes em Auxílio à Educação Para Cegos: Um Mapeamento Sistemático

**João Victor Pólvora Maynart Cunha¹, Matheus Henrique Silva de Melo¹,
Samyr Teles Sales Silva¹, Gilton José Ferreira da Silva¹**

¹Departamento de Computação (DCOMP) – Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Av. Marechal Rondon, s/n – Jardim Rosa Elze – CEP 49100-000
São Cristóvão – SE – Brazil

victor.polvora@dcomp.ufs.br, matheushsm@academico.ufs.br
samyrteles@dcomp.ufs.br, gilton@dcomp.ufs.br

Abstract. This paper investigates the use of Intelligent Virtual Assistants (IVAs) in the education of blind individuals, aiming to analyze their current state and pedagogical impact. A systematic literature review was conducted using databases such as Scopus, IEEE, and Web of Science, covering publications from 2018 to 2023. The results show a growing interest in the use of IVAs, though there is little focus on advanced pedagogical solutions. It is concluded that, despite the potential of IVAs, further research is needed to evaluate their educational effectiveness.

Resumo. Este artigo investiga o uso de Assistentes Virtuais Inteligentes (AVIs) na educação de pessoas cegas, visando analisar seu estado da arte e impacto pedagógico. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura em bases como Scopus, IEEE e Web of Science, abrangendo publicações de 2018 a 2023. Os resultados mostram um crescente interesse no uso de AVIs, embora haja pouca ênfase em soluções pedagógicas avançadas. Conclui-se que, apesar do potencial dos AVIs, há necessidade de mais pesquisas sobre sua eficácia educacional.

1. Introdução

A educação é algo fundamental para todos, e garantir o acesso igualitário a todos os estudantes, independentemente de suas condições, é algo essencial na sociedade contemporânea. No caso de pessoas cegas, o acesso à educação de qualidade em alguns países, como o Brasil, historicamente enfrenta barreiras significativas como vistas em [FRANCO and Dias 2007], especialmente em atividades acadêmicas que exigem leitura, escrita e uso de recursos visuais como representada no artigo [Mikułowski and Brzostek-Pawłowska 2014]. A inclusão educacional desses indivíduos demanda soluções que facilitem sua autonomia e integração ao ambiente de aprendizagem, e a tecnologia pode desempenhar um papel crucial nesse contexto, algo também exemplificado em [Mikułowski and Brzostek-Pawłowska 2014].

Na ultima década, os Assistentes Virtuais Inteligentes (IVAs), como Alexa [Amazon 2024] e Siri [Apple 2024] têm se destacado por suas aplicações em diversos setores incluindo serviços ao consumidor e automação residencial. Entretanto, seu potencial e amplitude de aplicação, inclusive na educação como observado em [Zhai et al. 2021],

cresceu grandemente em um período muito recente devido à um desenvolvimento exponencial em processamento de linguagem natural (*natural language processing*, NLP) visto em [Johri et al. 2021], aprendizado de máquina (*machine learning*, ML) e transformadores geratitivos pré-treinados (*generative pre-trained transformers*, GPTs), vistos em [Marcel et al. 2023]. Embora essas tecnologias possam proporcionar maior acessibilidade, melhorando a experiência educacional de pessoas cegas, essas tecnologias ainda são recentes, demandando um mapeamento sistemático.

Os Assistentes Virtuais Inteligentes representam um campo repleto de possibilidades a serem exploradas, e a relativa novidade no crescimento da relevância e abrangência nessa área dessa área sugere que a pesquisa sobre o uso de assistentes virtuais inteligentes na educação de cegos ainda está em seus estágios iniciais. Portanto, é crucial desenvolver uma revisão sistemática que organize os artigos e estudos relevantes, permitindo uma análise clara sobre o que já foi investigado e as lacunas que precisam ser abordadas.

Diante dessa problemática, esta revisão sistemática visa averiguar o estado da arte no uso de Assistentes Virtuais Inteligentes como ferramentas de auxílio à educação de pessoas cegas. O objetivo principal é mapear os estudos existentes, identificar as áreas que já foram exploradas e, mais importante, destacar as lacunas que precisam ser preenchidas. Dessa forma, espera-se fornecer uma base sólida para orientar futuros trabalhos que promovam a inclusão educacional e o desenvolvimento de soluções mais eficazes e acessíveis.

Nas próximas seções deste artigo, detalharemos a fundamentação teórica por trás dos assistentes virtuais inteligentes, abordaremos a metodologia utilizada na revisão sistemática, apresentaremos os resultados da revisão e sua respectiva discussão, ressaltaremos possíveis ameaças à validade da pesquisa e daremos nossas considerações finais sobre o tema.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção, entraremos mais a fundo na parte teórica por trás dos Assistentes Virtuais Inteligentes.

”No mundo da Internet das Coisas, os assistentes virtuais inteligentes são um serviço popular para interagir com usuários por meio de comandos de voz.”[Chung and Lee 2018]

Um assistente virtual inteligente é um software que simula interações com humanos por meio de texto ou voz, utilizando modelos de linguagem de larga escala para entender e aprender. Esses assistentes são programados para responder a perguntas cujas respostas estão armazenadas em seus bancos de dados[Alencar et al. 2013]. Eles são amplamente empregados para interagir com clientes em linguagem natural e resolver questões que podem incluir a troca de produtos, análise de investimentos ou solução de problemas por meio de plataformas como e-mail, SMS e redes sociais. Além disso, esses assistentes se destacam por serem entidades inteligentes sem corpo físico, projetadas para auxiliar pessoas em diversas situações cotidianas[Alencar et al. 2013].

3. Metodologia

Nesta seção abordaremos a metodologia por trás da revisão, levantando as questões de pesquisa que norteiam a revisão e as estratégias utilizadas para pesquisar nas

bases.

3.1. Questões de pesquisa

A seguir as questões de pesquisa:

1. Quais são as tecnologias de assistentes virtuais inteligentes mais utilizadas para apoiar a educação de pessoas cegas?
2. Quais são os principais benefícios relatados no uso de assistentes virtuais inteligentes para a educação de cegos?
3. Quais são os desafios e limitações enfrentados na implementação de assistentes virtuais inteligentes no contexto da educação de pessoas cegas?
4. Como os assistentes virtuais inteligentes estão sendo adaptados para atender às necessidades específicas de estudantes cegos?
5. Quais são os impactos pedagógicos do uso de assistentes virtuais inteligentes na aprendizagem de pessoas cegas?

3.2. Estratégia de busca

Foram utilizadas as seguintes bases de pesquisa:

- Scopus <<http://www.scopus.com>>;
- IEEE Xplore Digital Library <<http://ieeexplore.ieee.org>>;
- Web of Science <<https://www.webofknowledge.com>>;
- Science Direct <<http://www.sciencedirect.com>>;
- ACM Digital Library <<http://portal.acm.org>>;
- Compendex <<http://www.engineeringvillage.com>>.

Na Tabela 1 são apresentadas as Palavras-Chave utilizadas utilizadas para formar a *string* de busca.

Tabela 1. Palavras-Chave utilizadas na *string* de busca

Palavra chave	Sinônimo em inglês
estudantes cegos	<i>blind students, visually impaired students</i>
assistentes inteligentes	<i>virtual assistants, intelligent assistants, AI assistants, conversational agents</i>
educação inclusiva	<i>inclusive education, special education, accessibility in education</i>

Na Tabela 2 é apresentada a *string* utilizada para as buscas nas bases:

Tabela 2. *String* utilizada para realizar as buscas nas bases

(("blind students"OR "visually impaired students"
OR "blind learners"OR "visually impaired learners")
AND ("virtual assistants"OR "intelligent assistants"
OR "AI assistants"OR "conversational agents")
AND ("assistive technology"OR "educational technology"
OR "special education"OR "accessibility in education"
OR "inclusive education"))

A seguir os Critérios de Inclusão:

1. Estudos que abordam a experiência de usuário em relação ao uso de assistentes virtuais inteligentes na educação de indivíduos cegos;
2. Estudos que abordam os impactos do uso de assistentes virtuais digitais na educação de indivíduos cegos em relação à qualidade do aprendizado;
3. Estudos que apresentam métodos e/ou técnicas na qual assistentes virtuais inteligentes auxiliam na educação de indivíduos cegos.

A seguir os Critérios de Exclusão:

1. Estudos anteriores a 2018;
2. Estudos do ano atual (2024);
3. Estudos duplicados;
4. Estudos fora do escopo;
5. Estudos não escritos em português ou inglês;
6. Revisões sistemáticas.

4. Resultados e Discussão

Nesta seção serão discutidos os resultados da revisão sistemática. Nas subseções, resumiremos os artigos selecionados, então daremos as respostas das questões de pesquisa, para então discutir a respeito dos trabalhos.

4.1. Resultados

A estratégia de leitura dos artigos selecionados seguiu uma abordagem sequencial. Inicialmente, foi feita a leitura do título, seguida pelo resumo e pelas palavras-chave para garantir a relevância do conteúdo. Em seguida, a introdução foi analisada, e, quando necessário, a fundamentação teórica foi consultada para um entendimento mais profundo do contexto. Por fim, a conclusão dos artigos foi lida para obter uma visão geral dos resultados e implicações.

A Figura 1 apresenta um fluxo descrevendo o processo de extração dos artigos desde a base até a análise.

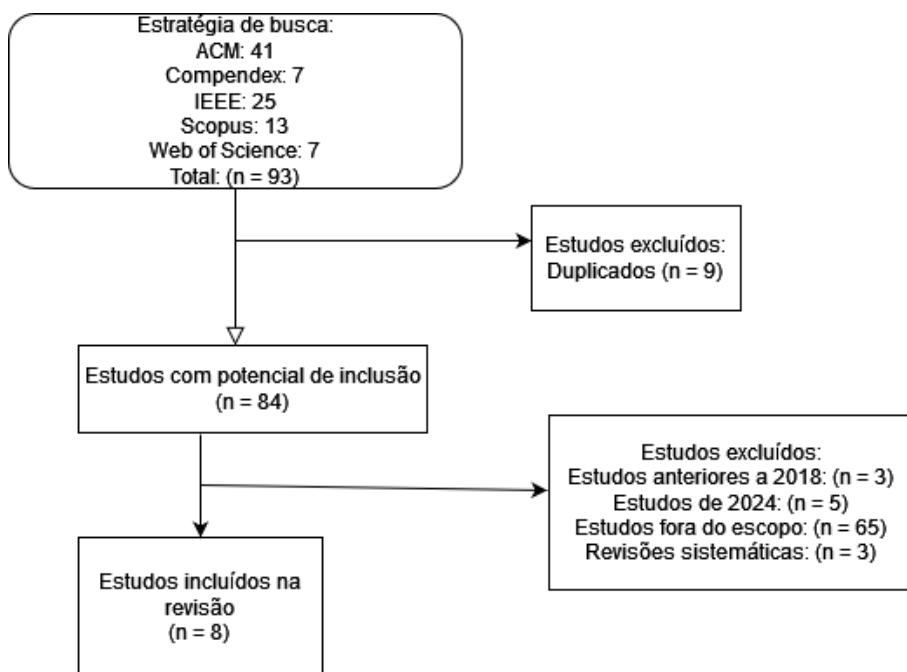


Figura 1. Gráfico de prisma com a extração de dados

4.2. Resumos dos trabalhos

O artigo [Sultan et al. 2021] apresenta o "Adrisya Sahayak," um assistente virtual desenvolvido para ajudar pessoas com deficiência visual que falam Bangla, permitindo-lhes acessar computadores e dispositivos domésticos de maneira mais fácil. Com funcionalidades como envio de emails, buscas no YouTube, navegação e digitação por voz, o sistema promove a autonomia e a inclusão digital, facilitando o acesso à informação. Essa acessibilidade é fundamental para a autoeducação, pois permite que indivíduos explorem conteúdos e recursos de aprendizado de forma independente, ampliando suas oportunidades de conhecimento e desenvolvimento pessoal. Assim, a capacidade de acessar informações de maneira eficiente está intrinsecamente ligada ao empoderamento do usuário, incentivando a autossuficiência e o aprendizado contínuo.

O artigo [Forbes 2019] explora como assistentes virtuais inteligentes (AVIs) podem reduzir o estresse acadêmico entre estudantes com deficiências visuais no ensino superior. Identifica que esses alunos enfrentam desafios específicos que afetam seu desempenho e retenção. Através de um estudo qualitativo, utilizando questionários, entrevistas e registros em diário, o trabalho constatou que AVIs, como Alexa, Siri e Google Assistant, ajudam a minimizar barreiras e reduzir o estresse. Os participantes relataram maior independência e integração social, o que resultou em uma experiência acadêmica mais positiva. O estudo sugere que os AVIs podem melhorar os resultados educacionais desses estudantes, simplificando tarefas e permitindo maior foco nos estudos. Essas evidências oferecem insights valiosos para educadores e tecnólogos sobre o uso dessas ferramentas para apoiar estudantes com deficiência visual.

O artigo [Hengle et al. 2020] propõe o "Smart Cap," um assistente virtual baseado em visão de primeira pessoa, destinado a ajudar pessoas com deficiência visual na Índia, onde cerca de 40 milhões de indivíduos enfrentam desafios de acesso à tecnologia assis-

tiva, segundo o próprio artigo. O Smart Cap combina tecnologias de Internet das Coisas e Aprendizado Profundo (DL), oferecendo funcionalidades como reconhecimento facial, legenda de imagens, detecção e reconhecimento de texto, além da leitura de notícias online. Utilizando um Raspberry Pi e um conjunto de hardware acessível, o sistema permite interação por comandos de voz, promovendo autonomia e inclusão digital. A acessibilidade proporcionada por esse dispositivo é essencial para a autoeducação, permitindo que os usuários explorem conteúdos de aprendizado de forma independente e ampliem suas oportunidades de conhecimento e desenvolvimento pessoal, destacando a relação intrínseca entre o acesso à informação e o empoderamento do usuário.

O artigo [Metatla et al. 2019] investiga o uso de Interfaces de Usuário de Voz (VUIs) para promover a educação inclusiva em escolas, com foco em alunos com deficiência visual. A pesquisa envolveu discussões e sessões de bodystorming com alunos e educadores, identificando desafios como a dificuldade com gráficos e "perigos silenciosos" em laboratórios. As ideias geradas foram agrupadas em suporte para atividades de aprendizagem individual e em grupo, além de personalização da interação. O estudo sugere que as VUIs ajudam na anotação, descrição de aulas e criação de experiências interativas. Três cenários ilustram a integração das VUIs nas práticas pedagógicas: revisão entre colegas, atividades em grupo e navegação assistida. O artigo também destaca a importância do co-design com alunos e educadores para validar soluções inclusivas.

O artigo [Watters et al. 2021] apresenta o sistema VLA (Virtual Lab Assistant), um assistente virtual inteligente criado para melhorar a experiência de estudantes com deficiência visual (DV) em laboratórios. Utilizando inteligência artificial, o VLA permite que os alunos naveguem por procedimentos laboratoriais por comandos de voz, interpretando documentos em um formato chamado VLA Readable Format, que organiza instruções em blocos acessíveis. Esse formato facilita a criação de materiais por educadores, sem necessidade de conhecimento técnico. O VLA foi testado em um programa de treinamento, recebendo feedback positivo, pois contribuiu para uma experiência mais independente em ciências. O artigo destaca que o VLA é flexível e poderá ser aprimorado futuramente, beneficiando alunos com DV em ambientes laboratoriais.

No artigo [Mathew et al. 2022] é proposto o Nyx, um assistente de voz inteligente embutido em uma aplicação Android que foca na experiência educacional de pessoas cegas, com suas opções e funções podendo ser controladas inteiramente pela voz do usuário. Sua principal habilidade é ser capaz de reconhecer textos em mídia física e digital e convertê-los para *audiobooks*, versões do texto narradas pelo assistente por meio da tecnologia de *Text-to-Speech*. Ele também pode ser operado via interface gráfica, justificando esta função ao citar o caso uma pessoa com visão precisando auxiliar o usuário cego a escanear anotações redigidas à mão. A aplicação foi pensada não como um competidor direto aos assistentes virtuais integrados nos sistemas operacionais dos celulares, mas como um complemento a eles que possa prover auxílio à população cega.

O artigo [Aravindan and Supriya 2021] propõe um sistema que integra um assistente de voz inteligente a um autenticador de identidade baseado no reconhecimento facial do usuário a fim de aprimorar a segurança do sistema. No funcionamento proposto, um laptop com uma câmera embutida (webcam) é utilizado para reconhecer o usuário em tempo real, utilizando uma biblioteca de Python com foco nesta funcionalidade. Através do microfone do laptop, o usuário pode enviar comandos para o assistente inteligente

por meio de uma outra biblioteca Python que converte a fala do usuário para texto. A depender do comando do usuário o assistente pode realizar diversas tarefas, tal como automatizar a busca por determinado artigo da Wikipedia e responder perguntas sobre o artigo em questão ao analizá-lo por meio de modelos de linguagem de grande escala; enviar e-mails para contas pré-definidas através da biblioteca Python do Gmail; responder a data e hora através de seu módulo do tempo e controlar o microcontrolador Arduino através do módulo serial.

O artigo [Jariwala et al. 2021] propõe uma plataforma multimodal para ensinar conceitos matemáticos a alunos cegos do ensino médio, com dois objetivos: O primeiro é criar uma AVI capaz de ensinar conceitos matemáticos e responder as dúvidas dos alunos por meio da biblioteca Natural Language Toolkit, voltada para o processamento de linguagem natural, devido a sua vasta documentação e à diversidade de funções de sua Interface de programação de aplicação (API). O segundo objetivo é prover soluções passo-a-passo aos estudantes para ajudá-los a praticar problemas matemáticos. Em testes realizados pelos pesquisadores, após o modelo da AVI ser treinado, ela era capaz de responder às perguntas dos estudantes que participaram de testes com 99% de precisão.

4.3. Quais são as tecnologias de assistentes virtuais inteligentes mais utilizadas para apoiar a educação de pessoas cegas?

Dentre os estudos analisados, as tecnologias de AVI mais utilizadas eram aquelas embutidas nos sistemas operacionais dos celulares (Google Assistant, Siri etc.) [Forbes 2019] ou o artigo propõe uma nova tecnologia, como em [Mathew et al. 2022], [Hengle et al. 2020], [Watters et al. 2021].

4.4. Quais são os principais benefícios relatados no uso de assistentes virtuais inteligentes para a educação de cegos?

A acessibilidade à informação sem a necessidade de auxílio de uma pessoa com visão e a facilidade de uso para os usuários cegos, evidenciado por [Mathew et al. 2022], [Aravindan and Supriya 2021] e [Hengle et al. 2020].

4.5. Quais são os desafios e limitações enfrentados na implementação de assistentes virtuais inteligentes no contexto da educação de pessoas cegas?

O difícil acesso à população cega para fins de pesquisa impede os estudos de utilizar estratégias de amostra aleatória [Forbes 2019].

4.6. Como os assistentes virtuais inteligentes estão sendo adaptados para atender às necessidades específicas de estudantes cegos?

A principal adaptação feita é a integração de comandos por voz, como visto em [Mathew et al. 2022], [Watters et al. 2021], [Aravindan and Supriya 2021] e [Metatla et al. 2019].

4.7. Quais são os impactos pedagógicos do uso de assistentes virtuais inteligentes na aprendizagem de pessoas cegas?

Constata-se nos estudos que as AVIs conseguem responder com precisão à maioria dos questionamentos dos estudantes cegos e ampliam sua acessibilidade à informação, tendo impacto positivo em sua educação. [Forbes 2019] [Jariwala et al. 2021]

4.8. Discussões a respeito dos trabalhos

A partir da análise dos estudos revisados, é possível observar a diversidade de abordagens e inovações no uso de assistentes virtuais inteligentes (AVIs) para apoiar a educação de indivíduos cegos. Cada trabalho analisado explora diferentes aspectos da implementação de AVIs em contextos educacionais e cotidianos, evidenciando as inúmeras maneiras como essas tecnologias podem melhorar a inclusão, a autonomia e o aprendizado para pessoas com deficiência visual.

Um ponto central destacado pelos estudos, como em [Sultan et al. 2021] e [Hengle et al. 2020], é o papel dos AVIs na promoção da acessibilidade e inclusão digital. Ferramentas como o "Adrisya Sahayak" e o "Smart Cap" permitem que pessoas cegas realizem atividades cotidianas e acadêmicas com maior independência, oferecendo funcionalidades como navegação por comandos de voz, reconhecimento de texto e imagem, e suporte à leitura de notícias. Essas inovações evidenciam como o acesso facilitado à tecnologia e à informação está diretamente ligado ao empoderamento dos usuários, promovendo sua autoeducação e autonomia.

Além disso, estudos como [Forbes 2019] apontam para o impacto positivo que AVIs podem ter na vida acadêmica de estudantes cegos, reduzindo o estresse e as barreiras que frequentemente encontram em ambientes de ensino superior. A independência proporcionada por assistentes como Siri, Alexa e Google Assistant não apenas simplifica tarefas diárias, mas também melhora a integração social e o desempenho acadêmico, otimizando os resultados educacionais.

Outro ponto importante é a integração das Interfaces de Usuário de Voz (VUIs) nas práticas pedagógicas, como investigado em [Metatla et al. 2019]. A pesquisa destaca a necessidade de desenvolver sistemas que ajudem alunos cegos a superar desafios comuns em sala de aula, como gráficos e outros recursos visuais. A proposta de personalizar essas interfaces para apoiar tanto atividades individuais quanto em grupo reforça a ideia de que AVIs podem ser instrumentos valiosos na construção de experiências educacionais mais inclusivas.

Por fim, estudos como [Watters et al. 2021] e [Mathew et al. 2022] apresentam soluções mais específicas, como o uso de AVIs em laboratórios ou em situações de leitura e conversão de texto para audiobooks. Essas aplicações focadas em ambientes de aprendizado prático ou acessibilidade de conteúdo ressaltam a flexibilidade das tecnologias de assistentes virtuais em diferentes contextos educacionais.

5. Ameaças à validade

Possíveis ameaças à validade incluem vieses na seleção de artigos, tanto nos critérios de inclusão e exclusão quanto na metodologia de aplicação desses critérios. Além disso, pode haver vieses nas revistas publicadoras, que, caso o tenham, tendem a aceitar estudos com determinados resultados, deixando de fora pesquisas que divergem desse viés. Esse tipo de viés de publicação distorce a visão geral da área de estudo, uma vez que os estudos publicados não representam o conjunto completo de evidências disponíveis. Por fim, possíveis vieses na interpretação dos dados dos artigos analisados podem gerar inconsistências, comprometendo a precisão dos resultados e levando a conclusões enviesadas.

6. Considerações Finais

As atividades realizadas para atingir o objetivo deste trabalho consistiram na condução de uma revisão sistemática da literatura para identificar, selecionar e analisar estudos sobre o uso de assistentes virtuais inteligentes (AVIs) no auxílio à educação de pessoas cegas. Para isso, foram pesquisadas as principais bases de dados científicas (Scopus, IEEE, ACM, Compendex e Web of Science), nas quais foram encontrados 93 artigos inicialmente. Após a eliminação de duplicatas e aplicação de critérios de inclusão e exclusão, 8 artigos foram selecionados para a revisão. Esses trabalhos foram avaliados para identificar as diversas formas como os AVIs estão sendo implementados e utilizados, e como suas funcionalidades impactam na educação inclusiva de pessoas com deficiência visual, promovendo maior autonomia e acessibilidade no aprendizado.

A metodologia utilizada para atingir o objetivo envolveu uma abordagem baseada no protocolo de revisões sistemáticas, seguindo etapas bem definidas, como a formulação de perguntas de pesquisa, a definição de critérios de inclusão e exclusão, a seleção de estudos relevantes e a extração e análise dos dados. Foram aplicados cinco critérios de exclusão para refinar os resultados, garantindo que apenas artigos com contribuições relevantes e aplicáveis ao tema central do estudo fossem incluídos na revisão. A análise dos artigos selecionados foi realizada de forma qualitativa, destacando as principais contribuições, abordagens tecnológicas e impactos educacionais descritos pelos autores dos estudos.

Entre os pontos fracos do trabalho, destaca-se a limitação geográfica dos estudos revisados, que, em sua maioria, focam em regiões específicas e tecnologias desenvolvidas para um público limitado, como no caso de [Sultan et al. 2021], desenvolvido para auxiliar somente falantes de Bangla. Além disso, a diversidade de abordagens tecnológicas e a falta de padronização nos métodos de avaliação dos AVIs em contextos educacionais podem inviabilizar a comparação direta entre os resultados dos diferentes trabalhos. A ausência de estudos longitudinais e avaliações mais robustas do impacto de longo prazo dos AVIs na educação de pessoas cegas também é um ponto que reduz a generalização das conclusões apresentadas.

Como atividades futuras, sugere-se a realização de mais estudos empíricos que investiguem o uso dos AVIs em diferentes contextos educacionais e culturais, bem como a padronização de métodos de avaliação para permitir comparações mais precisas entre as soluções propostas. Além disso, é recomendada a criação de frameworks mais abrangentes que integrem os diferentes aspectos de acessibilidade e inclusão proporcionados pelos AVIs, permitindo que as tecnologias sejam adaptadas para uma gama maior de necessidades e realidades dos estudantes com deficiência visual.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Sergipe.

Referências

- [Alencar et al. 2013] Alencar, A. J., Schmitz, E. A., and Cruz, L. T. (2013). *Assistentes Virtuais Inteligentes: Conceitos e estratégias*. Brasport.

- [Amazon 2024] Amazon (2024). Documentação do desenvolvedor. <https://developer.amazon.com/documentation>. Acessado em 1 de outubro de 2024.
- [Apple 2024] Apple (2024). Sirikit. <https://developer.apple.com/documentation/sirikit/>. Acessado em 1 de outubro de 2024.
- [Aravindan and Supriya 2021] Aravindan, D. and Supriya, P. (2021). Face recognition authenticated voice assistant system for the disabled. In *2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, pages 1220–1226. IEEE.
- [Chung and Lee 2018] Chung, H. and Lee, S. (2018). Intelligent virtual assistant knows your life.
- [Forbes 2019] Forbes, M. R. (2019). *Experiences of using intelligent virtual assistants by visually impaired students in online higher education*. University of South Florida.
- [FRANCO and Dias 2007] FRANCO, J. R. and Dias, T. d. S. (2007). A educação de pessoas cegas no brasil. *Acesso do Avesso*, 5(5):74–82.
- [Hengle et al. 2020] Hengle, A., Kulkarni, A., Bavadekar, N., Kulkarni, N., and Udyawar, R. (2020). Smart cap: A deep learning and iot based assistant for the visually impaired. In *2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, pages 1109–1116.
- [Jariwala et al. 2021] Jariwala, A., Marghitu, D., and Chapman, R. (2021). A multimodal platform to teach mathematics to students with vision-impairment. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 109–117. Springer.
- [Johri et al. 2021] Johri, P., Khatri, S. K., Al-Taani, A. T., Sabharwal, M., Suvanov, S., and Kumar, A. (2021). Natural language processing: History, evolution, application, and future work. In Abraham, A., Castillo, O., and Virmani, D., editors, *Proceedings of 3rd International Conference on Computing Informatics and Networks*, pages 365–375, Singapore. Springer Singapore.
- [Marcel et al. 2023] Marcel, R. V. P., Fernando, B. E. M., and Roberto, Y. V. J. (2023). A brief history of the artificial intelligence: chatgpt: The evolution of gpt. In *2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pages 1–5. IEEE.
- [Mathew et al. 2022] Mathew, J., Bose, D., Reji, E., Stephen, E., and Joy, J. (2022). Nyx-an educational assistant for the visually impaired. In *2022 6th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, pages 281–285. IEEE.
- [Metatla et al. 2019] Metatla, O., Oldfield, A., Ahmed, T., Vafeas, A., and Miglani, S. (2019). Voice user interfaces in schools: Co-designing for inclusion with visually-impaired and sighted pupils. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–15.
- [Mikułowski and Brzostek-Pawlowska 2014] Mikułowski, D. and Brzostek-Pawlowska, J. (2014). Problems encountered in technical education of the blind, and related aids: Virtual cubarythms and 3d drawings. In *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 995–998.

[Sultan et al. 2021] Sultan, M. R., Hoque, M. M., Heeya, F. U., Ahmed, I., Ferdouse, M. R., and Mubin, S. M. A. (2021). Adrisya sahayak: A bangla virtual assistant for visually impaired. In *2021 2nd International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)*, pages 597–602.

[Watters et al. 2021] Watters, J., Hill, A., Weinrich, M., Supalo, C., and Jiang, F. (2021). An artificial intelligence tool for accessible science education. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 24(1):n1.

[Zhai et al. 2021] Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J.-B., Yuan, J., and Li, Y. (2021). A review of artificial intelligence (ai) in education from 2010 to 2020. *Complexity*, 2021(1):8812542.