

Acessibilidade em Ambientes de Desenvolvimento Integrado: Especificação de Diretrizes Voltadas às Necessidades de Estudantes Cegos

**Eliana Zen¹, Tatiana Aires Tavares²
Vinícius Kruger da Costa³, Lucas Camargo Gonçalves Martins¹**

¹Instituto Federal Farroupilha (IFFar)
São Vicente do Sul – RS – Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGC)
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)
Pelotas – RS – Brasil

³Instituto Federal Sul-riograndense (IFSul)
Pelotas – RS – Brasil

eliana.zen@iffarroupilha.edu.br;

tatiana@inf.ufpel.edu.br

{viniciusdacosta,lucascamargogoncalvesmartins}@gmail.com;

Abstract. *In Computer Science courses, particularly in Programming disciplines, the use of tools reliant on visual elements, combined with the characteristics of programming languages, creates significant barriers for blind students. These obstacles hinder learning and may result in unequal access to educational resources, thereby impacting the quality and equity of instruction. To ensure equitable access to essential tools, it is crucial to enhance their accessibility. Within this context, this work describes the process of specification, validation, and refinement of Accessibility Guidelines for Integrated Development Environments (IDEs) aimed at blind students, with the goal of fostering an inclusive experience based on the functionalities of these environments.*

Resumo. *Nos cursos de Computação, especialmente nas disciplinas de Programação de Computadores, o uso de ferramentas baseadas em elementos visuais, aliado às características das linguagens de programação, cria barreiras significativas para estudantes cegos. Esses obstáculos dificultam a aprendizagem e podem gerar desigualdade no acesso aos recursos educacionais, afetando a qualidade e a equidade do ensino. Para garantir acesso igualitário às ferramentas essenciais, é fundamental aprimorar sua acessibilidade. Neste contexto, este trabalho descreve o processo de especificação, validação e refinamento de Diretrizes de Acessibilidade em IDEs para estudantes cegos, buscando uma experiência inclusiva baseada nas funcionalidades desses ambientes.*

1. Introdução

A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), um plano de ação global para a criação de um futuro mais

justo e sustentável até 2030 [ONU 2024]. Esses objetivos visam enfrentar grandes desafios de desenvolvimento no Brasil e no mundo, com foco na redução de desigualdades [Burton 2021]. Entre os temas centrais, destacam-se a inclusão e a acessibilidade, especialmente no que se refere à educação, igualdade e cidades sustentáveis. Especificamente, o ODS 4, intitulado "Educação de qualidade", visa garantir uma educação inclusiva, equitativa e de excelência, oferecendo oportunidades de aprendizado a todos [ONU 2024].

Iniciativas semelhantes, voltadas à proteção dos direitos das pessoas com deficiência, à redução das desigualdades e ao combate à discriminação, têm surgido ao longo dos últimos anos. No âmbito educacional, normas e leis desempenham um papel crucial na promoção da inclusão e na garantia da permanência das pessoas com deficiência no ambiente escolar [Porte and Trindade 2022]. Essas ações contribuem para a inclusão social e o fortalecimento da cidadania dessas pessoas, garantindo apoio jurídico que lhes permite acessar diferentes espaços, como instituições de ensino públicas e privadas, em todos os níveis e modalidades educacionais [Beda 2022].

No Brasil, em 2023, o número de estudantes com deficiência, transtornos do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação matriculados em cursos de ensino superior chegou a 92.756. Dentre eles, 23.112 apresentavam baixa visão e 4.276 eram cegos [INEP 2024]. Embora as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) tenham auxiliado a ampliar o acesso a produtos, serviços e informações [Paciello 2000], contribuindo para tornar a informação acessível [Murillo-Morales and Miesenberger 2020], muitos sistemas ainda apresentam limitações em termos de acessibilidade e usabilidade. Esses obstáculos dificultam o acesso pleno e eficiente por parte desses usuários [Zen 2024].

Para estudantes cegos, a ênfase na comunicação visual nos sistemas digitais representa um obstáculo adicional à interação. Esse desafio torna-se ainda mais crítico em cursos de Computação, especialmente nas disciplinas de Programação de Computadores, que utilizam ferramentas altamente dependentes de componentes gráficos e metáforas [Sharma 2020], dificultando a aprendizagem, a realização de atividades práticas e o acesso às tecnologias essenciais para a formação dos estudantes [Rajaselvi 2021].

Diante de barreiras de acessibilidade, estudantes cegos frequentemente recorrem a recursos alternativos mais acessíveis, que, embora úteis, costumam oferecer um conjunto limitado de funcionalidades e diferem das ferramentas utilizadas pelos demais colegas. Isso pode exigir mais tempo para a realização das atividades e maior esforço cognitivo, podendo causar frustração e, conseqüentemente, afetar o engajamento desses estudantes [Zen 2024].

Reconhecendo a importância de garantir a igualdade de acesso aos recursos fundamentais para o aprendizado e a realização de tarefas relacionadas à programação de computadores, torna-se importante melhorar a acessibilidade das ferramentas utilizadas nessas disciplinas. Considerando que essas ferramentas possuem características que são intrínsecas apenas a elas, é importante analisar quais atributos são necessários para melhorar sua acessibilidade e atender às necessidades e preferências dos estudantes cegos. Neste sentido, este trabalho descreve o processo de elaboração e validação de Diretrizes de Acessibilidade para Ambientes de Desenvolvimento Integrado (IDEs¹) focando especificamente nas necessidades e preferências de estudantes com este tipo de deficiência.

¹Do inglês *Integrated Development Environment*.

O trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 conceitua Acessibilidade, Tecnologia Assistiva (TA) e Diretrizes de Design; a Seção 3 descreve trabalhos semelhantes ao estudo apresentado neste artigo; a Seção 4 descreve a metodologia adotada e os cuidados éticos considerados; a Seção 5 detalha as etapas executadas para validar e refinar o conjunto de diretrizes; a Seção 6 aborda os resultados obtidos e apresenta a estrutura final das diretrizes; e, por fim, a Seção 7 traz as considerações finais e os direcionamentos para trabalhos futuros.

2. Acessibilidade, Tecnologia Assistiva e Diretrizes de Design

A acessibilidade, no contexto de sistemas interativos, refere-se à capacidade dos usuários de acessar e interagir com um sistema sem que a interface imponha obstáculos [Barbosa and Silva 2010]. Desenvolver interfaces inclusivas pode ser desafiador, pois as dificuldades variam entre indivíduos com a mesma deficiência [da Silva 2016].

No caso de usuários cegos, obstáculos surgem porque sua forma de interação com computadores difere dos padrões tradicionais [Khan 2019, Mendonça 2008], tornando ferramentas como tela e mouse muitas vezes ineficazes [Geraldo 2016]. Para superar essas limitações, recorre-se à TA, que oferece recursos, equipamentos e estratégias para ampliar as habilidades funcionais dessas pessoas [CAT 2009], promovendo autonomia, independência e acesso a informações e serviços [Mattheiss 2017, Albusays et al. 2017].

Entretanto, apesar dos avanços no desenvolvimento de TA, usuários cegos ainda podem enfrentar dificuldades, pois muitas soluções apenas estendem a interface gráfica tradicional [Hadwen-Bennett 2018]. Para superar essas barreiras, normas, diretrizes e heurísticas têm sido elaboradas para orientar o desenvolvimento de sistemas interativos mais acessíveis [Barbosa and Silva 2010], incorporando princípios de usabilidade, acessibilidade e experiência do usuário, com base em práticas consolidadas [Abascal and Nicolle 2005].

As normas são tipicamente permanentes, enquanto as diretrizes são mais flexíveis e evoluem com novas descobertas, podendo até mesmo se tornar padrões formais ao longo do tempo [Abascal and Nicolle 2005]. Elas podem ser genéricas (aplicáveis a qualquer sistema) ou específicas (voltadas para tecnologias ou contextos particulares) [Barbosa and Silva 2010]. No entanto, diretrizes genéricas muitas vezes falham em contemplar as particularidades de sistemas especializados [Quiñones et al. 2018].

Por isso, é importante desenvolver diretrizes adaptadas a contextos específicos, como os IDEs para estudantes cegos. Essas diretrizes podem melhorar a interação, ampliar o uso dos recursos e tornar o aprendizado de programação mais inclusivo, preparando esses usuários para a atuação profissional.

3. Trabalhos Relacionados

Diversos estudos têm investigado as dificuldades enfrentadas por estudantes com deficiência visual em cursos de Computação. Alguns analisam os desafios de forma geral, enquanto outros focam especificamente nas barreiras relacionadas ao aprendizado de programação e ao desenvolvimento de software. Baker et al. (2019), constataram que os estudantes enfrentam obstáculos que abrangem desde o acesso a materiais e a execução de atividades até dificuldades de interação com os professores. Embora mencionem problemas na utilização de IDEs, os autores não aprofundam a análise dessas questões. Robe

et al. (2020), apontaram dificuldades decorrentes da seleção inadequada de recursos pedagógicos para o ensino dos conceitos das disciplinas de programação. Alves et al. (2022) constataram dificuldades ligadas à acessibilidade de materiais e recursos tecnológicos, às metodologias de ensino, à comunicação interpessoal, à exposição de conteúdos visuais e à qualificação dos profissionais envolvidos no processo educativo.

Mealin e Murphy-Hill (2012) identificaram que as principais dificuldades enfrentadas por programadores cegos estão na complexidade de uso e nas limitações de acessibilidade dos IDEs. Segundo os autores, tais desafios podem decorrer da falta de treinamento durante a formação acadêmica, comprometendo a capacidade desses profissionais de utilizar as ferramentas de forma eficaz em suas atividades. Mountapmbeme et al. (2022), por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), identificaram desafios relacionados à produtividade de programadores com deficiência visual e à aprendizagem de programação por estudantes nessa condição. Entre as dificuldades apontadas, destacam-se a compreensão, depuração, navegação, edição e *skimming*² de código.

Embora esses estudos contribuam para a compreensão das dificuldades enfrentadas por estudantes com deficiência visual nos cursos de Computação, eles não apresentam soluções práticas para esses desafios. Nesse contexto, reforça-se a necessidade de elaborar diretrizes de acessibilidade para IDEs, adaptadas às demandas de estudantes cegos. Tais diretrizes podem contribuir para o acesso igualitário aos recursos essenciais para o aprendizado de programação e, ao mesmo tempo, promover uma experiência mais inclusiva e acessível.

4. Metodologia

Esta pesquisa se caracteriza por uma abordagem qualitativa, pois busca compreender os significados e contextos dos dados, analisando experiências e percepções dos participantes [Gerhardt and Silveira 2009, Gibbs 2009]. Quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, focando na geração de conhecimento para solução prática de problemas [Gerhardt and Silveira 2009, Thiollent 2022]. Em relação aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois visa oferecer uma visão geral sobre o tema estudado [Gil et al. 2002].

Para garantir a conformidade com aspectos éticos, todas as etapas da pesquisa que envolvem a participação de seres humanos foram submetidas e aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto Federal Farroupilha (IFFar), conforme Pareceres Consubstanciados n.º 54297421.9.0000.5574 e n.º 68361023.1.0000.5574.

4.1. Especificação das Diretrizes

A elaboração das diretrizes apresentadas nesse trabalho seguiu a metodologia proposta por Quiñones et al. (2018), que apresenta um processo formal de desenvolvimento e validação de diretrizes de usabilidade e/ou *User eXperience* (UX), incluindo oito estágios: (1) Estágio Exploratório; (2) Estágio Experimental; (3) Estágio Descritivo; (4) Estágio Correlacional; (5) Estágio de Seleção; (6) Estágio de Especificação; (7) Estágio de Validação; e, (8) Estágio de Refinamento.

²Barreiras identificadas para obter uma visão geral do código e identificar recursos como dobra de código. Como não foi identificada uma tradução que preservasse adequadamente o significado original do termo "*skimming*", optou-se por mantê-lo em inglês.

Esta metodologia não é voltada especificamente para a definição de diretrizes de acessibilidade, mas foi escolhida por oferecer um protocolo de pesquisa bem definido e estruturado [Quiñones et al. 2018]. Além disso, trata-se de uma metodologia flexível, que permite a repetição de um ou mais estágios, a sobreposição e execução simultânea de determinados estágios, assim como a interrupção de etapas para possibilitar o retorno a fases anteriores do processo.

A Figura 1 ilustra a sequência dos estágios da metodologia proposta por Quiñones et al. (2018) aplicada na pesquisa descrita neste estudo. A investigação foi conduzida em dois ciclos iterativos: no primeiro ciclo, todos os estágios da metodologia foram executados, exceto o Estágio Experimental³; no segundo ciclo, apenas os Estágios de Validação e Refinamento foram repetidos.

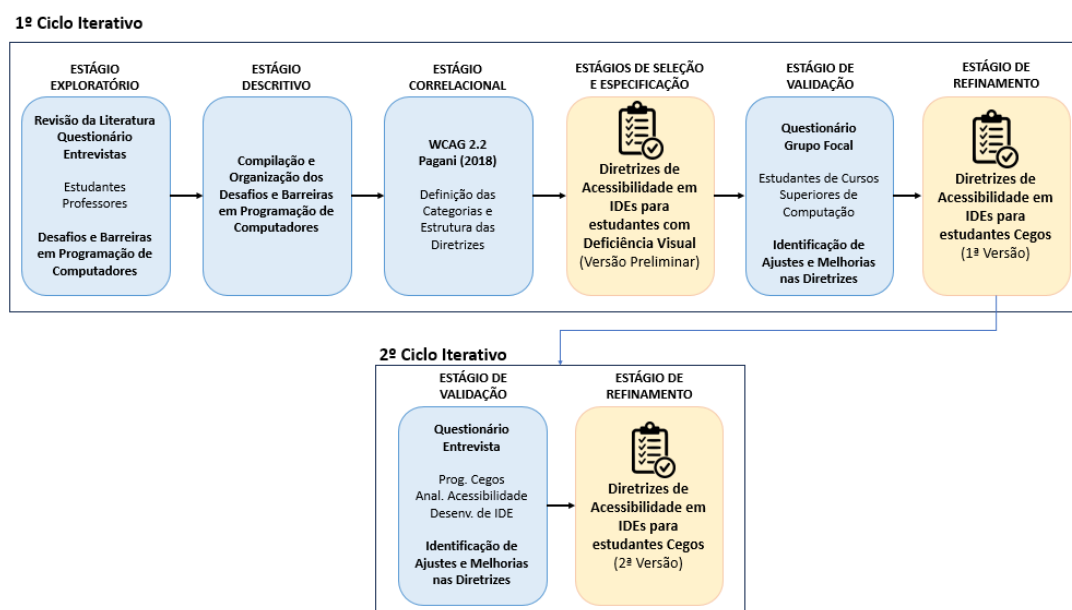


Figura 1. Metodologia adotada para a elaboração das Diretrizes (Adaptado de [Quiñones et al. 2018])

O processo de especificação das diretrizes iniciou com a realização do Estágio Exploratório. Nesta etapa, buscou-se identificar os principais recursos de TA utilizados por pessoas com deficiência visual para interagir com sistemas digitais (destacando-se os leitores de tela [Zen 2022, Zen 2023]) e os principais desafios enfrentados por eles ao aprender a programar, executar tarefas relacionadas à programação de computadores e interagir com IDEs. No Estágio Descritivo, esses dados foram organizados visando selecionar e destacar tópicos relacionados à programação baseada em texto e ao uso do leitor de tela como recurso de TA.

No Estágio Correlacional, foram definidas a organização, a estrutura e o estilo de redação das recomendações. Os Estágios de Seleção e de Especificação, por sua vez, foram conduzidos de forma conjunta, com base nos resultados obtidos nos Estágios Exploratório, Descritivo e Correlacional. Essas etapas envolveram a definição das categorias

³Estágio opcional, onde é preciso decidir se será necessário realizar novos experimentos para coletar informações complementares que ainda não tenham sido identificadas [Quiñones et al. 2018]).

para classificar as diretrizes e a elaboração do texto que compôs a versão preliminar das recomendações.

O conteúdo das recomendações foi, então, submetido a dois ciclos dos Estágios de Validação e Refinamento. A técnica escolhida para avaliar o conteúdo das diretrizes foi parecer especializado, que consiste em consultar especialistas, pesquisadores ou profissionais a respeito da utilidade, eficiência e eficácia de um conjunto de heurísticas voltadas à avaliação de determinado produto [Quiñones et al. 2018]. Com base nos resultados obtidos em cada etapa do Estágio de Validação, as diretrizes foram revisadas, ajustadas e aprimoradas no Estágio de Refinamento.

4.2. Categorização das Diretrizes

Para reduzir a complexidade das informações coletadas, Quiñones et al. (2018) recomendam organizar as diretrizes em categorias que agrupem recomendações relacionadas a aspectos específicos. Seguindo essa orientação, foram definidas oito categorias, com base nos resultados obtidos no Estágio Exploratório.

A definição das categorias foi realizada por meio de uma abordagem combinada, tanto dedutiva quanto indutiva. A abordagem dedutiva foi aplicada quando as evidências coletadas estavam diretamente relacionadas às categorias previamente identificadas na revisão da literatura, definidas por Mountapmbeme et al. (2022): (1) Compreensão do Código; (2) Depuração de Código; (3) Navegação no Código; (4) Edição de Código; e, (5) *Skimming* de Código. A abordagem indutiva, por sua vez, foi utilizada para agrupar informações oriundas do Estágio Exploratório que não se enquadravam nas categorias preexistentes. A partir dessa análise, emergiram inicialmente as seguintes categorias adicionais: (6) Compreensão da Saída; (7) Sobrecarga Auditiva; e, (8) Leitura de Código-Fonte.

As categorias definidas organizam um conjunto de barreiras e limitações enfrentadas por estudantes com deficiência visual na interação com IDEs. Cada categoria contemplou uma ou mais diretrizes que reúnem recomendações voltadas ao desenvolvimento de ambientes de programação acessíveis para esse público.

4.3. Estrutura das Diretrizes

Visando fornecer orientações para analistas e desenvolvedores durante o processo de criação e aprimoramento de IDEs, de modo a torná-los mais acessíveis às necessidades dos estudantes com deficiência visual, as Diretrizes de Acessibilidade foram estruturadas com base na organização adotada pelas *Web Content Accessibility Guidelines 2.2*, [WCAG 2.2 2023], e pelo modelo de Britto and Pizzolato (2018), adotando o seguinte formato [Zen 2024]:

- **Descrição da Diretriz:** apresenta um resumo da recomendação;
- **Crítérios de sucesso:** declarações testáveis que visam verificar se o conteúdo satisfaz a diretriz;
- **Por que fazer?** importância da orientação para reduzir barreiras de interação para pessoa com deficiência visual;
- **Como fazer?** sugestões de implementação da recomendação; e,
- **Fonte:** referências bibliográficas utilizadas como base para a elaboração das diretrizes.

A partir da definição da estrutura de cada diretriz, foi elaborado o conjunto preliminar de recomendações, apresentado na Tabela 1. O documento completo está disponível no link: <https://shre.ink/tDyv>.

5. Validação e Refinamento das Diretrizes

A validação constitui uma etapa fundamental no processo de elaboração de diretrizes, uma vez que elas podem apresentar contradições e incoerências. Por isso, é essencial verificar sua solidez e confiabilidade [Nicolle 2001]. Para essa etapa, Quiñones et al. (2018) recomendam escolher entre três técnicas: (1) Avaliação heurística, onde especialistas em Interação Humano Computador (IHC) identificam problemas de usabilidade [Barbosa and Silva 2010]; (2) Avaliação por especialistas, que se baseia na experiência e no julgamento de profissionais com conhecimento em uma determinada área de atuação [Quiñones et al. 2018]; e, (3) Teste de usuário, que busca identificar possíveis problemas por meio de observação e análise da interação dos usuários com um sistema ou produto [Barbosa and Silva 2010].

Tabela 1. Organização Preliminar das Categorias e Diretrizes

Categoria	Diretrizes
1. Compreensão do Código	Diretriz 1.1 Semântica
2. Depuração de Código	Diretriz 2.1 Informações sobre erros Diretriz 2.2 Variáveis e constantes Diretriz 2.3 Marcadores e Pontos de Interrupção
3. Navegação no Código	Diretriz 3.1 Rótulos Diretriz 3.2 Ampliação e contraste Diretriz 3.3 Movimentação pelo código Diretriz 3.4 Contexto e nível de escopo Diretriz 3.5 Estratégias de navegação Diretriz 3.6 Numeração de linhas Diretriz 3.7 Atalhos Diretriz 3.8 Ajuda e Documentação
4. Edição de Código	Diretriz 4.1 Espaçamento Diretriz 4.2 Autocompletar Diretriz 4.3 Comentários
5. <i>Skimming</i> de Código	Diretriz 5.1 Dobra de Código Diretriz 5.2 Visão geral do código
6. Compreensão da Saída	Diretriz 6.1 Validação da interface gráfica
7. Sobrecarga Auditiva	Diretriz 7.1 Alertas sonoros
8. Leitura de Código-fonte	Diretriz 8.1 Idioma Diretriz 8.2 Leitura contextual

Na pesquisa descrita neste artigo, o conjunto de recomendações foi avaliado em dois ciclos do Estágio de Validação (Figura 1), utilizando a técnica de avaliação por especialistas. Essa etapa contou com a participação de estudantes e profissionais com diferentes experiências no domínio da aplicação. Todos os dados foram coletados com consentimento dos participantes, que concordaram em ter suas respostas utilizadas desde que se garantisse o seu completo anonimato.

5.1. 1ª Etapa de Validação e Refinamento das Diretrizes

A primeira fase do Estágio de Validação contou com a participação de 20 estudantes matriculados em Cursos Superiores da área de Computação do IFFar. Um dos estudantes possuía baixa visão e já havia contribuído em etapas anteriores da pesquisa. A escolha dos outros 19 participantes se deu por conveniência [Gil et al. 2002], uma vez que a pesquisadora responsável já havia ministrado a disciplina de IHC para esses estudantes e, portanto, eles já possuíam conhecimento dos principais conceitos e métodos de avaliação relacionados à área e à acessibilidade de interfaces. Os estudantes também demonstravam domínio avançado de conceitos e técnicas de programação, além de experiência com diferentes IDEs. Ressalta-se que esses estudantes recebem uma formação que os qualifica a atuar futuramente no desenvolvimento de ferramentas computacionais (inclusive IDEs), o que os torna aptos a contribuir de maneira relevante com esta pesquisa.

As técnicas adotadas para a coleta de dados foram: (1) questionário, que possibilita a obtenção de informações de forma padronizada e em larga escala [Gil et al. 2002]; e, (2) grupo focal, que favorece a coleta de múltiplas perspectivas por meio de discussões em grupo, conduzidas por um moderador [Kind 2004].

Inicialmente, os participantes receberam um link para o questionário de validação das diretrizes: <https://shre.ink/toXg>. O questionário foi estruturado em seções, iniciando pelo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que precisava ser aceito para que o participante pudesse dar prosseguimento ao preenchimento. Em seguida, foram coletados dados sobre o perfil dos participantes: deficiência visual; curso em que estavam matriculados; e, percentual de disciplinas concluídas até o momento do preenchimento do questionário.

As seções subsequentes apresentavam detalhes a respeito da organização das diretrizes e, em seguida, os textos de cada recomendação acompanhados de perguntas destinadas a avaliá-las. Para cada uma das 21 diretrizes, os participantes responderam a uma questão objetiva, com escala *Likert*⁴ de 5 pontos, e a uma questão aberta para comentários, justificativas ou sugestões. A seção final do questionário havia três perguntas sobre a percepção dos participantes quanto à estrutura e organização geral das recomendações. Uma delas, que também utilizava escala *Likert* de 5 pontos, avaliava clareza, consistência, aplicabilidade e contribuição para decisões de *design* inclusivo. As demais permitiam que o participante fizesse sugestões de inclusão, exclusão ou melhorias na organização e redação das recomendações.

Após preencher o questionário, os mesmos estudantes foram convidados a participar de um grupo focal. Treze deles concordaram em participar. A atividade, iniciada com a leitura do TCLE e do Termo para Uso da Imagem e/ou Som da Voz (TUIV), foi dividida em duas etapas: uma tarefa prática e uma discussão sobre a experiência e sua relação com as Diretrizes.

A primeira tarefa consistia na realização de um exercício prático de programação, no qual os estudantes, organizados em duplas ou trios, deveriam criar uma classe em linguagem Java⁵ para exibir os números pares de 1 a 10. A atividade foi propositalmente

⁴Escala de resposta em que os participantes especificam seu nível de concordância com uma afirmação [Gil et al. 2002].

⁵<https://www.java.com/pt-BR/>

simples, considerando o domínio prévio dos participantes sobre lógica, linguagem de programação e uso do IDE.

Os estudantes escolheram um “programador” em cada grupo para elaborar e implementar a lógica do problema. Esse programador não tinha acesso ao monitor, e recomendou-se que utilizasse a técnica *think aloud*⁶, a fim de relatar suas decisões e dificuldades. Os demais participantes observaram e registraram informações como o tempo de execução e os erros cometidos durante a tarefa, além de verificar se ela foi concluída com sucesso, sem interferir. Cada programador dispunha de 15 minutos para realizar a atividade. Após a tarefa, foi realizada uma discussão sobre as dificuldades enfrentadas e as diretrizes avaliadas.

Finalizada esta etapa do Estágio de Validação, passou-se ao Estágio de Refinamento, no qual a versão preliminar das recomendações foi revisada e aprimorada, resultando na 1ª versão das Diretrizes de Acessibilidade em IDEs para Estudantes Cegos (disponível em: <https://shre.ink/tDiI>). A análise dos resultados e seu impacto na decisão de direcionar o conteúdo das recomendações exclusivamente para estudantes cegos são apresentados na Seção 6.

5.2. 2ª Etapa de Validação e Refinamento das Diretrizes

O 2º ciclo do Estágio de Validação contou com a participação de especialistas no domínio da aplicação, que analisaram a 1ª versão das Diretrizes de Acessibilidade em IDEs para Estudantes Cegos. O grupo de participantes incluiu dois egressos e um estudante do Curso Superior de Computação, todos com deficiência visual, sendo que este último atua profissionalmente como programador há mais de 2 anos. Além disso, participaram um analista de acessibilidade que trabalha na *Google* do Brasil, cego, e um professor envolvido no desenvolvimento da IDE Portugol Studio⁷ [Noschang 2014].

Esses participantes foram recrutados devido à relevância de sua experiência para uma avaliação crítica e detalhada das Diretrizes de Acessibilidade, contribuindo com opiniões fundamentadas em suas experiências e conhecimentos especializados. Os participantes foram recrutados por meio de contatos dos pesquisadores, listas de e-mails e divulgações em redes sociais e grupos especializados.

Os participantes receberam por e-mail documento em PDF contendo o texto das recomendações, além dos links para a página *web* com o conteúdo das diretrizes e para o questionário de avaliação, que seguia a mesma estrutura do questionário utilizado no 1º ciclo do Estágio de Validação. Para responder ao questionário, era necessário primeiro concordar com o TCLE. Um dos participantes, analista de acessibilidade, optou por uma entrevista em vez de responder ao questionário. A sessão foi gravada e transcrita para análise, com consentimento formal (TCLE e TUIV) do participante.

Esta etapa da avaliação teve como objetivo avaliar se as recomendações abrangiam as necessidades de acessibilidade vivenciadas por esses usuários ao utilizarem e/ou atuarem no desenvolvimento de IDEs e a percepção dos mesmos em relação ao conjunto de recomendações.

⁶Técnica na qual se solicita que o participante verbalize em voz alta o que está pensando e fazendo durante a interação [Barbosa and Silva 2010].

⁷<https://univali-lite.github.io/Portugol-Studio/>

Após a conclusão desta etapa, o conteúdo das recomendações passou novamente pelo Estágio de Refinamento, onde foi revisado e aprimorado, conforme descrito na Seção 6, resultando na 2ª versão das Diretrizes de Acessibilidade em IDEs para Estudantes Cegos (disponível em: <https://shre.ink/tDiQ>).

6. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados obtidos nas duas etapas dos Estágios de Validação e Refinamento das diretrizes, e descreve como esses dados contribuíram para o aprimoramento do conteúdo das recomendações. De modo geral, os participantes avaliaram positivamente a clareza, utilidade e relevância das diretrizes, reconhecendo seu potencial para orientar boas decisões de design e favorecer o desenvolvimento de soluções mais inclusivas.

Além disso, todos os participantes destacaram a relevância do trabalho realizado, enfatizando que as recomendações foram bem construídas e fundamentadas em experiências reais vivenciadas por pessoas cegas. Ainda assim, foram identificados pontos específicos que exigiam revisão, bem como sugestões de exclusão e inclusão de conteúdos para aprimorar o material.

Após o primeiro ciclo do Estágio de Validação, os resultados evidenciaram a ausência de dados suficientes para embasar diretrizes específicas voltadas a estudantes com baixa visão. Isso ocorreu devido à baixa participação desse público no Estágio Exploratório (Figura 1) e ao foco da pesquisa nos desafios enfrentados por usuários de leitores de tela (tecnologia comumente utilizada por estudantes cegos). Recursos de TA específicos para usuários com baixa visão, como lupas, não foram analisados com a profundidade necessária para serem abordados nas recomendações. Diante disso, optou-se por direcionar as diretrizes exclusivamente às necessidades e preferências de estudantes cegos, com ênfase nos desafios relacionados ao uso de leitores de tela.

Diante desta decisão, o título do documento foi alterado para Diretrizes de Acessibilidade em IDEs para Estudantes Cegos, e todas as menções a “estudantes com deficiência visual” foram substituídas por “estudantes cegos”. Além disso, a Diretriz 3.2 (Ampliação e contraste), integrante da Categoria 3 (Navegação no Código), voltada especificamente a estudantes com baixa visão, foi suprimida.

A Categoria 6 (Compreensão da Saída) também passou por ajustes, para incluir sugestões dos participantes sobre a oferta de mecanismos acessíveis que apoiem estudantes cegos na construção de interfaces gráficas. A Diretriz 6.1 foi renomeada para “Construção de Interface Gráfica” e reformulada para incluir orientações específicas sobre este tema. A antiga Diretriz 6.1 (Validação da interface gráfica) passou a ser a Diretriz 6.2. Para refletir melhor o novo escopo, a Categoria 6 teve seu título alterado de “Compreensão da Saída” para “Interface Gráfica de Usuário”, ampliando a abrangência das recomendações incluídas.

As alterações foram avaliadas pelos participantes do segundo ciclo do Estágio de Validação, o que resultou na identificação de diversos pontos que exigiram ajustes e adequações no conteúdo das recomendações, a fim de melhor atender às demandas desses estudantes. As modificações foram realizadas considerando não apenas a clareza e a precisão das diretrizes, mas também sua efetividade prática e seu potencial para promover uma experiência de programação mais inclusiva.

Durante essa revisão, identificou-se a necessidade de destacar conexões entre diretrizes relacionadas, inserindo um tópico "IMPORTANTE" para orientar a consulta cruzada entre elas. Por fim, realizou-se uma revisão final para eliminar ambiguidades e corrigir aspectos gramaticais, aprimorando ainda mais a clareza do texto. A Tabela 2 apresenta o conjunto final de 21 diretrizes, organizadas nas oito categorias definidas após os dois ciclos do Estágio de Refinamento (Figura 1).

Além do conjunto de recomendações principal, foi incluída no documento uma seção intitulada "Outras Recomendações", que destaca a importância de permitir que os recursos de acessibilidade sejam configurados conforme as preferências individuais de seus usuários. Nesta seção, também é recomendado que o sistema possibilite a ativação ou desativação desses recursos a qualquer momento e, quando possível, de forma automática, com base no perfil do usuário em uso.

Tabela 2. Organização Final das Categorias e Diretrizes

Categoria	Diretrizes
1. Compreensão do Código	Diretriz 1.1 Semântica
2. Depuração de Código	Diretriz 2.1 Informações sobre erros Diretriz 2.2 Variáveis e constantes Diretriz 2.3 Pontos de interrupção
3. Navegação no Código	Diretriz 3.1 Rótulos Diretriz 3.2 Movimentação pelo código Diretriz 3.3 Contexto e nível de escopo Diretriz 3.4 Estratégias de navegação Diretriz 3.5 Numeração de linhas Diretriz 3.6 Atalhos Diretriz 3.7 Ajuda e Documentação
4. Edição de Código	Diretriz 4.1 Espaçamento Diretriz 4.2 Autocompletar Diretriz 4.3 Comentários
5. <i>Skimming</i> de Código	Diretriz 5.1 Dobra de Código Diretriz 5.2 Visão geral do código
6. Interface Gráfica de Usuário	Diretriz 6.1: Construção de Interface Gráfica Diretriz 6.2 Validação da interface gráfica
7. Sobrecarga Auditiva	Diretriz 7.1 Alertas sonoros
8. Leitura de Código-fonte	Diretriz 8.1 Idioma Diretriz 8.2 Leitura contextual

7. Considerações Finais

Este estudo detalhou a elaboração de um conjunto de recomendações direcionadas ao desenvolvimento de IDEs acessíveis a estudantes cegos, no intuito de fornecer orientações claras e aplicáveis a analistas, desenvolvedores e pesquisadores envolvidos na concepção dessas ferramentas. O objetivo inicial era desenvolver recomendações para atender estudantes com diversos tipos de deficiência visual. No entanto, decidiu-se focar exclusivamente em estudantes cegos, uma vez que as necessidades e preferências dos estudantes

com baixa visão, assim como os recursos de TA utilizados por eles, não foram explorados com a profundidade necessária para serem incorporados neste documento.

As recomendações passaram por dois ciclos dos Estágios de Validação e Refinamento. A diversidade de perspectivas trazidas pelos estudantes de Computação e pelos especialistas no domínio da aplicação foi essencial para adequar as diretrizes às necessidades e preferências de estudantes cegos no contexto do ensino de programação e uso de IDEs. No primeiro ciclo, os resultados apontaram para a necessidade de incluir uma nova diretriz e remover outra. No segundo ciclo, os resultados obtidos possibilitaram um alinhamento mais consistente das recomendações às necessidades dos estudantes cegos. Esse processo resultou em ajustes que contribuíram para o aprimoramento, a clareza e a efetividade prática das diretrizes para promover uma experiência de programação mais inclusiva.

Acredita-se que as diretrizes elaboradas cumprem seu papel ao auxiliar e fomentar o desenvolvimento de IDEs mais acessíveis, orientando o desenho de interfaces e funcionalidades que considerem as necessidades específicas dos estudantes cegos e promovendo práticas mais inclusivas no campo da tecnologia. Entre as contribuições do estudo para a área de Informática na Educação, destaca-se o fortalecimento de uma formação acadêmica mais equitativa, ampliando as oportunidades de participação e aprendizado de estudantes cegos em cursos de Computação. Além disso, o conteúdo das diretrizes evidencia as barreiras de interação enfrentadas pelos estudantes no processo de aprendizagem da programação, contribuindo para o entendimento dessas dificuldades e auxiliando os professores na escolha de ferramentas e metodologias mais adequadas a esse público.

Algumas perspectivas para pesquisas futuras incluem a realização do Estágio Experimental, previsto na metodologia proposta por Quiñones et al. (2018), que pode aprofundar a compreensão dos desafios enfrentados por estudantes cegos no uso de IDEs, gerando novos requisitos de acessibilidade para o desenvolvimento desses sistemas. Além disso, a realização de ciclos adicionais dos Estágios de Validação e Refinamento, com a participação de especialistas em avaliação heurística e desenvolvedores de IDEs, contribuiria para o aprimoramento contínuo das diretrizes.

Melhorias na apresentação e disponibilização das diretrizes também são necessárias, pois atualmente elas estão acessíveis apenas por meio de um documento estático hospedado no *GitHub*⁸. A criação de um *website* dedicado poderia facilitar o acesso para professores, analistas, desenvolvedores e pesquisadores interessados.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e do IFFar, contando também com o auxílio de ferramentas baseadas em Inteligência Artificial para a revisão gramatical e textual.

Referências

- Abascal, J. and Nicolle, C. (2005). Moving towards inclusive design guidelines for socially and ethically aware hci. *Interacting with computers*, 17(5):484–505.
- Albusays, K., Ludi, S., and Huenerfauth, M. (2017). Interviews and observation of blind software developers at work to understand code navigation challenges. In *Proceedings*

⁸<https://github.com/>

- of the 19th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 91–100.
- Alves, L. F. e. a. (2022). Estudantes com deficiência visual em computação: participação, perspectivas e desafios enfrentados. In *Anais do II Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 67–76. SBC.
- Baker, Catherine M e Bennett, C. L. e. L. R. E. (2019). Educational experiences of blind programmers. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 759–765.
- Barbosa, S. and Silva, B. (2010). *Interação humano-computador*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Beda, J. S. e. a. (2022). Acessibilidade sob desenho universal para ambientes virtuais de aprendizagem: um mapeamento de critérios e desafios. In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 680–693. SBC.
- Britto, T. C. P. and Pizzolato, E. B. (2018). Gaia: uma proposta de um guia de recomendações de acessibilidade de interfaces web com foco em aspectos do autismo. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 26(2).
- Burton, M. J. e. a. (2021). The lancet global health commission on global eye health: vision beyond 2020. *The Lancet Global Health*, 9(4):e489–e551.
- CAT, C. d. A. T. (2009). Tecnologia assistiva. *Brasília: Corde*.
- da Silva, Cláudia Ferreira e Ferreira, S. B. L. e. R. J. F. M. (2016). Whatsapp accessibility from the perspective of visually impaired people. In *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–10.
- Geraldo, R. J. (2016). *Um auxílio à navegação acessível na web para usuários cegos*. PhD thesis, São Carlos (SP): Teses de Doutorado em Ciências da Computação e Matemática Computacional da Universidade de São Paulo.
- Gerhardt, T. E. and Silveira, D. T. (2009). Métodos de pesquisa. universidade aberta do brasil–uab/ufrgs. *Porto Alegre: Editora da UFRGS*, page 120.
- Gibbs, G. (2009). *Análise de dados qualitativos: coleção pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Bookman.
- Gil, A. C. et al. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*, volume 4. São Paulo: Atlas.
- Hadwen-Bennett, Alex e Sentance, S. e. M. C. (2018). Making programming accessible to learners with visual impairments: a literature review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 2(2):3–13.
- INEP (2024). *Censo da Educação Superior 2023*. Ministério da Educação, Diretoria de Estatísticas Educacionais, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (Accessed on 05/08/2023).
- Khan, Akif e Khusro, S. (2019). Blind-friendly user interfaces—a pilot study on improving the accessibility of touchscreen interfaces. *Multimedia Tools and Applications*, 78(13):17495–17519.
- Kind, L. (2004). Notas para o trabalho com a técnica de grupos focais. *Psicologia em revista*, 10(15):124–138.

- Mattheiss, E. e. a. (2017). User-centred design with visually impaired pupils: A case study of a game editor for orientation and mobility training. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 11:12–18.
- Mealín, S. and Murphy-Hill, E. (2012). An exploratory study of blind software developers. In *2012 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, pages 71–74. IEEE.
- Mendonça, A. e. a. (2008). *Alunos cegos e com baixa visão. Orientações curriculares*. DGIDC/DSEEASE.
- Mountapmbeme, A., Okafor, O., and Ludi, S. (2022). Addressing accessibility barriers in programming for people with visual impairments: A literature review. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 15(1):1–26.
- Murillo-Morales, T. and Miesenberger, K. (2020). Audial: A natural language interface to make statistical charts accessible to blind persons. In *International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, pages 373–384. Springer.
- Nicolle, Collette e Abascal, J. (2001). *Inclusive design guidelines for HCI*. CRC Press.
- Noschang, L. F. e. a. (2014). Portugol studio: Uma ide para iniciantes em programação. In *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 1–10. SBC.
- ONU, O. d. N. U. (2024). Objetivos de desenvolvimento sustentável. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. (Accessed on 01/02/2024).
- Paciello, M. (2000). *Web accessibility for people with disabilities*. Kansas, USA: CRC Press.
- Porte, M. d. S. and Trindade, J. D. R. (2022). Barreiras tecnológicas: um fator limitador na acessibilidade das pessoas com deficiência. *Texto Livre*, 14.
- Quiñones, D., Rusu, C., and Rusu, V. (2018). A methodology to develop usability/user experience heuristics. *Computer standards & interfaces*, 59:109–129.
- Rajaselvi, M. e. a. (2021). A survey of programming editors for the visually impaired. *Accessed: Aug*, 12.
- Robe, R., Salton, B. P., and Bertagnolli, S. (2020). Recursos pedagógicos para o ensino de programação de estudantes com deficiência visual: uma revisão sistemática da literatura. *RENOTE*, 18(1).
- Sharma, M. R. (2020). A short communication on computer programming languages in modern era.
- Thiollent, M. (2022). *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Cortez.
- WCAG 2.2, W. W. W. C. (2023). Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.2. (Accessed on 01/03/2023).
- Zen, E. (2024). *Diretrizes de Acessibilidade em Ambientes de Desenvolvimento Integrado para Estudantes Cegos*. Tese (Doutorado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Pelotas, RS, Brasil.
- Zen, E. e. a. (2022). Assistive technology to assist the visually impaired in the use of icts: A systematic literature review. In *XVIII Brazilian Symposium on Information Systems*, pages 1–8.

Zen, E. e. a. (2023). Tecnologia assistiva para auxiliar a interação entre pessoas com deficiência visual e sistemas computacionais: Um mapeamento sistemático da literatura. *iSys - Brazilian Journal of Information Systems*, 16(1):6:1–6:27.