

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

JOANNE STEPHANY GOIS DA SILVA

**UM PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
SOFTWARE WEB ORIENTADO À IMPLEMENTAÇÃO DE
REQUISITOS DE ACESSIBILIDADE PARA PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

**ITABAIANA
2026**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

JOANNE STEPHANY GOIS DA SILVA

**UM PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
SOFTWARE WEB ORIENTADO À IMPLEMENTAÇÃO DE
REQUISITOS DE ACESSIBILIDADE PARA PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Departamento de
Sistemas de Informação da
Universidade Federal de Sergipe
como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Barbosa Dósea

**ITABAIANA
2026**

Gois da Silva, Joanne Stephany.

Um Processo Para O Desenvolvimento De Software Web Orientado À Implementação De Requisitos De Acessibilidade Para Pessoas Com Deficiência Visual / Joanne Stephany Gois da Silva – Itabaiana: UFS, 2026.

56f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Sistemas de Informação, Curso de Sistemas de Informação, 2026.

1. Acessibilidade em Software. 2. Engenharia de Software - TCC. 3. Sistemas de Informação. I. Graduação.

JOANNE STEPHANY GOIS DA SILVA

**UM PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE
SOFTWARE WEB ORIENTADO À IMPLEMENTAÇÃO DE
REQUISITOS DE ACESSIBILIDADE PARA PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Departamento de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Sergipe (DSIITA/UFS) como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Itabaiana, 19 de Fevereiro de 2026

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Marcos Barbosa Dósea, Doutor
Orientador
DSI/ITA/UFS**

**Prof. Jose Aelio de Oliveira Junior, Doutor
DSI/ITA/UFS**

**Prof. Raphael Pereira de Oliveira, Doutor
DSI/ITA/UFS**

Dedico a família e amigos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à minha família e aos meus amigos pelo apoio constante durante esta jornada.

Expresso minha profunda gratidão ao professor Dr. Marcos Dósea, por ter aceitado o desafio de ser meu orientador e por toda a condução deste trabalho. Agradeço também aos professores Dr. Raphael Oliveira e Dr. José Aélío, por aceitarem o convite para participar da banca examinadora e pelas valiosas contribuições.

Aos docentes do curso de Sistemas de Informação, que compartilharam conhecimentos fundamentais para minha formação, e ao amigo Adilton, pelo auxílio indispensável nas questões burocráticas universitárias.

Sou imensamente grata aos meus pais, pelo apoio incondicional em todas as circunstâncias, e ao meu irmão, que foi o primeiro incentivo na minha trajetória com a tecnologia. Um agradecimento especial ao amor e acolhimento das famílias Viola e Gois, que foram essenciais em minha vida.

Aos colegas de faculdade, que tornaram a rotina acadêmica mais leve. Agradeço especialmente àqueles que dividiram comigo os desafios (e a perda da sanidade mental!) durante o curso: Kevenny, Ericles, Milena, Thiago, Kendy, Júlia e Mirely. À minha amiga Maria Eduarda, agradeço por estar ao meu lado muito antes desta jornada e por permanecer firme até aqui.

Poderia citar inúmeros nomes, mas as palavras não seriam suficientes para demonstrar minha gratidão por todo o apoio e compreensão recebidos. Esta pesquisa é, acima de tudo, uma demonstração de que é possível exercer o amor ao próximo por meio da empatia.

“Para a maioria das pessoas, a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis.”

Mary Pat Radabaugh

RESUMO

GOIS DA SILVA, Joanne Stephany. **Processo de Avaliação da Acessibilidade em Softwares Web: Para Pessoas com Deficiência Visual**. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Sistemas de Informação, Departamento de Sistemas de Informação, Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana, 2026.

A acessibilidade em softwares é essencial para garantir o acesso de pessoas com deficiência visual aos sistemas digitais. Embora existam diretrizes consolidadas e ferramentas de apoio, a acessibilidade ainda não é amplamente integrada aos processos de desenvolvimento de software. Este trabalho propõe e avalia um processo estruturado para a avaliação da acessibilidade em softwares Web, com foco em pessoas com deficiência visual. A pesquisa adotou a metodologia de pesquisa-ação, permitindo a aplicação prática do processo em projetos reais por meio do uso de ferramentas automatizadas de avaliação. Os resultados indicam que as ferramentas automatizadas são eficazes na identificação de falhas recorrentes de acessibilidade, principalmente relacionadas à ausência de rótulos e ao uso inadequado de elementos semânticos. Entretanto, observou-se que a simples identificação das falhas não garante sua correção, evidenciando a necessidade de integração da acessibilidade ao processo de engenharia de software.

Palavras-chave: Acessibilidade Web; Deficiência visual; Engenharia de software; Avaliação de acessibilidade; Softwares Web.

ABSTRACT

Accessibility in software is essential to ensure access to digital systems for visually impaired individuals. Although consolidated guidelines and support tools exist, accessibility is not yet fully integrated into software development processes. This work proposes and evaluates a structured process for assessing accessibility in web software, focusing on visually impaired individuals. The research developed an action-research methodology, allowing the practical application of the process in real projects through the use of automated evaluation tools. The results indicate that automated tools are effective in identifying recurring accessibility flaws, mainly related to the absence of labels and the inappropriate use of semantic elements. However, it was observed that simply identifying flaws does not guarantee their correction, highlighting the need to integrate accessibility into the software engineering process.

Keywords: Web Accessibility; Visual Impairment; Software Engineering; Accessibility Assessment; Software Web Development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas da Pesquisa-Ação	15
Figura 2 – Página principal do avaliador ASES	24
Figura 3 – Ilustração de funcionamento do AccScope	25
Figura 4 – Ilustração da saída do Axe-Core	26
Figura 5 – Ilustração de funcionamento do AccessLint	27
Figura 6 – Ilustração de funcionamento da ferramenta WAVE	28
Figura 7 – Ilustração de teste na Who Can Use	28
Figura 8 – Ilustração da avaliação demo fornecida pela Audioeye	29
Figura 9 – Atividades Fundamentais Para A Engenharia De Software	31
Figura 10 – Processo para Desenvolvimento de Software Acessível	36
Figura 11 – Compreensão do Acesslint	39
Figura 12 – Aprovação Ignorando bot	40
Figura 13 – Sugestão do Acesslint I	40
Figura 14 – Sugestão do Acesslint II	41
Figura 15 – Sugestão do Acesslint III	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação Entre Ferramentas de Avaliação de Acessibilidade	30
Tabela 2 – Comparação Entre os Trabalhos Relacionados	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARIA	Accessible Rich Internet Applications
eMAG	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico
FGV	Fundação Getulio Vargas
HTML	HyperText Markup Language
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM	International Business Machines Corporation
ID	Identificador
IHC	Interface Humano Computador
MVP	Minimum Viable Product
PcD	Pessoa com Deficiência
TI	Tecnologia da Informação
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivos específicos	14
1.2	METODOLOGIA	14
1.3	ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	ACESSIBILIDADE	18
2.2	DEFICIÊNCIA VISUAL E TECNOLOGIA	20
2.3	DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE E ACESSIBILIDADE	21
2.3.1	Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG)	22
2.3.2	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)	22
2.3.3	Atributos ARIA (<i>Accessible Rich Internet Applications</i>)	23
2.3.4	Implementação de Boas Práticas de Acessibilidade	23
2.3.5	Verificação de Estruturas e Semântica	24
2.4	FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE ACESSIBILIDADE	24
2.4.1	Avaliador de Acessibilidade de Sítios - ASES	24
2.4.2	AccScope	25
2.4.3	Verificação da Automação da Interface do Usuário	25
2.4.4	Axe-Core	25
2.4.5	AcessLint	26
2.4.6	WAVE Evaluation Tool	27
2.4.7	Who Can Use	28
2.4.8	Audioeye	29
2.4.9	Comparação entre ferramentas	30
2.5	ACESSIBILIDADE NO PROCESSO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE	30
3	TRABALHOS RELACIONADOS	33
4	PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE WEB ORIENTADO À IMPLEMENTAÇÃO DE REQUISITOS DE ACESSIBILIDADE PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL	35
4.1	ETAPAS DA AVALIAÇÃO	35
4.1.1	Etapa 1: Levantamento de Conformidade com ferramentas	36

4.1.2	Etapa 2: Identificação e Tratamento de Não Conformidades .	36
4.1.3	Etapa 3: Utilização de ferramentas e Análise de relatório . . .	37
4.1.4	Etapa 4: Configuração para Testes de Conformidade	37
4.1.5	Etapa 5: Validação Final de Acessibilidade	37
5	AVALIAÇÃO DO PROCESSO PROPOSTO	39
6	CONCLUSÕES	43
6.1	CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	44
6.2	AMEAÇAS À VALIDADE E LIMITAÇÕES DO ESTUDO	44
	Referências	45

1 INTRODUÇÃO

Acessibilidade, no contexto da sociedade digital contemporânea, é um princípio fundamental que transcende as barreiras físicas e permite que todas as pessoas, independentemente de suas capacidades físico-motoras, perceptivas, culturais e sociais, participem plenamente da vida em sociedade. Esse direito abrange o uso de transportes, serviços públicos, entretenimento, educação e também o acesso à todos os meios de comunicação, desde a televisão até sistemas de informação computadorizados, como a Internet (Nicholl (2001); Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994)).

De acordo com o relatório "*World Report on Disability*" da Organização Mundial da Saúde (OMS), é fundamental promover a inclusão de pessoas com deficiência. O relatório destaca a importância de remover barreiras físicas, comunicacionais e sociais para permitir que as pessoas com deficiência participem plenamente da sociedade. A necessidade de pensar em contextos específicos para proporcionar inclusão tecnológica à todos está em evolução juntamente à sociedade (Organization et al., 2011).

Entretanto, um estudo conduzido em 2022 aponta que menos de 1% dos sites passaram em um teste de acessibilidade para pessoas com deficiência feito em um estudo promovido pelo movimento Web para Todos, em parceria com a empresa BigDataCorp e com Núcleo de Informação e Coordenação do .br, vinculado ao Comitê Gestor da Internet (CGI.BR, 2022a).

Ainda de acordo com o estudo, foi possível afirmar que o desrespeito aos padrões *Web* é o erro mais comum, presente em 99% das páginas avaliadas pela plataforma. Isso significa que os sítios não seguem corretamente as regras da linguagem de marcação para a criação de páginas (HTML). Essas orientações são desenvolvidas pelo World Wide Web Consortium (W3C) (2018), consórcio internacional que desenvolve os padrões técnicos para a construção de sites (CGI.BR, 2022a).

Em setembro de 2022, dois estudos revelaram que os índices de acessibilidade digital da internet brasileira atingiram os piores patamares de sua história. O primeiro levantamento da TIC Web Acessibilidade / CeWeb.br demonstrou que apenas 0,7% dos portais e páginas sob o domínio gov.br (federais, estaduais e municipais) são plenamente acessíveis. Além disso, a quarta edição da pesquisa BigDataCorp / Movimento Web Para Todos constatou que somente 0,46% dos 21 milhões de *Websites* do país estão livres de barreiras para pessoas com deficiência, marcando o nível mais baixo já registrado desde a estreia desse trabalho em 2019 (CGI.BR, 2022b).

Visando melhorar a acessibilidade dos sites, já existem vários guias de boas práticas para acessibilidade digital. Por exemplo as Diretrizes de acessibilidade para conteúdo da Web (World Wide Web Consortium (W3C), 2018), que serve de base para diversos trabalhos como os de Paludo (2015), Honorato and Gonçalves (2022), CGI.BR (2023), Web

para Todos and Google (2022). Entretanto, as boas práticas para acessibilidade digital não deixam explícitas como devem ser aplicadas em um processo de desenvolvimento de software. Isso pode gerar dificuldades para muitas equipes de desenvolvimento e dificultar sua aplicação.

Neste contexto, o propósito central deste trabalho foi definir e validar um processo para avaliação de acessibilidade em softwares, com recomendações, que abarcam um processo bem definido de etapas de validação de acessibilidade durante o desenvolvimento. No processo, essa preocupação visa a criação de produtos digitais que sejam acessíveis e úteis para todos os usuários e espera-se a disseminação das diretrizes para a comunidade de desenvolvedores *Web*, instituições de ensino e outras partes interessadas.

1.1 OBJETIVOS

Elaborar e avaliar um processo integrado ao processo de desenvolvimento de software para avaliação e melhoria da acessibilidade em *softwares Web*.

1.1.1 Objetivos específicos

- Revisar a literatura existente relacionada a acessibilidade *Web*.
- Analisar processos de desenvolvimento de *softwares Web* com padrão de acessibilidade.
- Definir um processo de avaliação de acessibilidade integrado ao processo de desenvolvimento de software.
- Usar ferramentas para avaliar o processo de desenvolvimento para produtos acessíveis.

1.2 METODOLOGIA

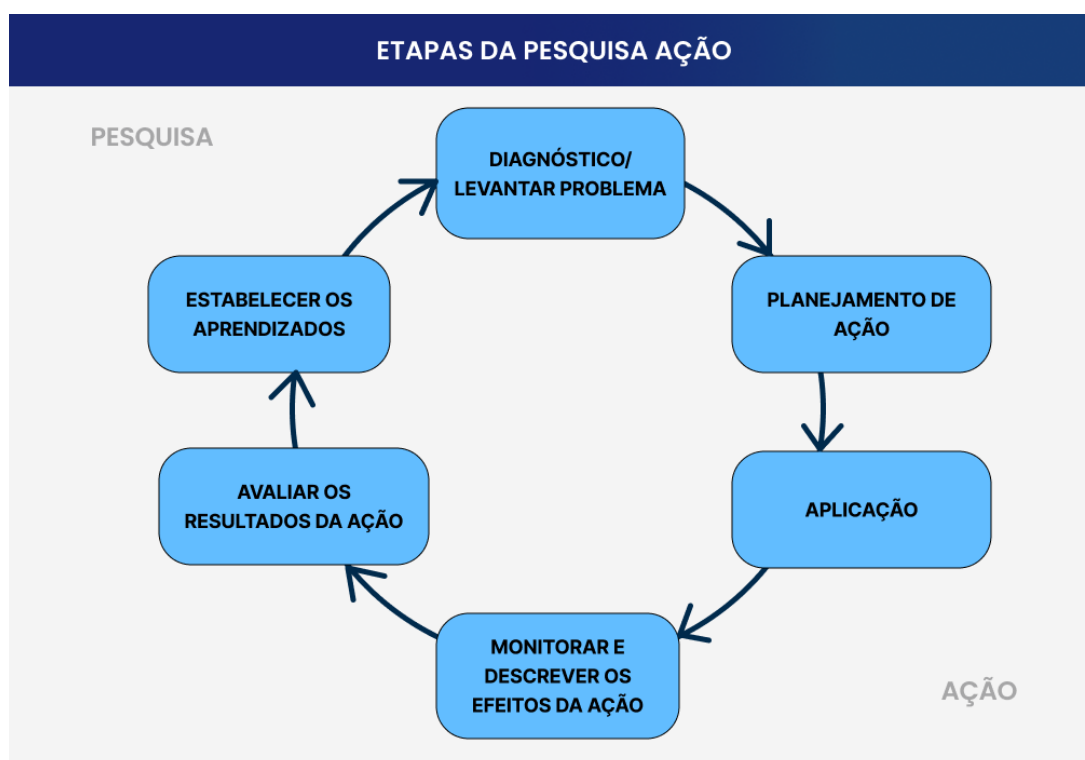
A seguir, são descritos detalhadamente os procedimentos e abordagens empregados para alcançar os objetivos propostos. Este trabalho utilizou os procedimentos da **pesquisa-ação**. Assim sendo, como o próprio termo indica, a pesquisa-ação visa unir a pesquisa à ação, ou seja, à prática. Com isso, entende-se o conhecimento e a compreensão como parte da prática, sendo, então, uma forma de se empregar a pesquisa em situações em que o pesquisador também possui uma inclinação prática e deseja melhorar a compreensão de uma teoria (Koerich and outros, 2009).

O atual trabalho utiliza pesquisa-ação prática, aplicando análise quantitativa. Nesse caso, o pesquisador escolhe ou projeta as mudanças a serem feitas, agindo mais como um artífice que utiliza sua experiência e conhecimento para alcançar os resultados desejados.

As decisões são informadas por suas concepções profissionais e objetivos específicos, visando melhorar a aprendizagem e o desenvolvimento (Grundy, 1982). É feita a utilização de diretrizes e ferramentas já existentes de forma que as mesmas sejam organizadas para melhorar o desenvolvimento de *softwares*, tendo o foco deste trabalho em acessibilidade para pessoas com deficiência visual.

A Figura 1 ilustra o processo de pesquisa-ação, que acordo com Dendasck (2021) é dividido em seis etapas: diagnóstico, planejamento da ação, aplicação, monitoramento, avaliação e aprendizado.

Figura 1 – Etapas da Pesquisa-Ação



Fonte: Autora (adaptado de Dendasck (2021))

A etapa de **diagnóstico** corresponde à identificação dos problemas primários que são as causas subjacentes do desejo de mudança da organização. Engloba a análise do problema organizacional complexo por meio de uma abordagem abrangente, ao invés de simplificá-lo ou reduzi-lo. Durante o diagnóstico, serão formuladas suposições teóricas, ou seja, hipóteses de trabalho, sobre a natureza da organização e o âmbito de seus desafios (Baskerville, 1999). Inicialmente a pesquisa deve consistir no levantamento das necessidades que as pessoas com deficiência visual têm, e em que os *softwares* atuais possuem carência, para isso foram realizadas buscas por pesquisas já existentes sobre o assunto e filtrado os que estavam mais alinhados com o foco desse estudo.

Após coletar dados de várias diretrizes, guias e *softwares* de análise de acessibilidade, com base na análise dos mesmos, o **planejamento de ação** está ao definir o escopo

do problema e elaborado um processo de boas práticas para ter um *software* acessível, fundamentado nas práticas com melhores resultados, e em quais momentos devem ser aplicadas o processo especificado.

A **aplicação** especifica ações que devem aliviar ou melhorar problemas primários de acessibilidade. Já com o escopo de ações definidas, a aplicação em *softwares* públicos é feita para que se tenha dados e resultados a se analisar.

Por conveniência, a aplicação do estudo foi realizada em projetos de *software* disponíveis no ¹repositório do professor Marcos Dósea. Além da variedade de soluções de software que resolvem problemas distintos, as soluções compartilham as mesmas definições arquiteturais. Para avaliação do processo desenvolvido, foi selecionado o projeto AjudAki. Tal escolha se dá devido a viabilidade de acesso e implementação nos repositórios acadêmicos, e funcionalidade adequada da ferramenta em pull requests.

A pesquisa foi conduzida com uma amostra de conveniência composta por discentes do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Campus Alberto Carvalho. Os participantes, com idades compreendidas entre 21 e 24 anos, possuíam embasamento técnico decorrente da vivência acadêmica em disciplinas fundamentais, como Engenharia de Software I e II, além de Sistemas Multimídia Interface Homem-Máquina.

O estudo ocorreu no intervalo de agosto de 2024 a julho de 2025, período no qual os sujeitos atuaram no desenvolvimento do projeto AjudAki, utilizando o repositório institucional do professor orientador para a submissão de código. No contexto da pesquisa-ação com abordagem quantitativa, o monitoramento focou na análise de 144 pull requests para avaliar a eficácia do processo de acessibilidade proposto e a resposta dos desenvolvedores às ferramentas automatizadas.

A etapa de **monitorar e descrever os efeitos** é utilizada para avaliar o impacto das ações ou intervenções implementadas durante a pesquisa. Nesta etapa, os pesquisadores coletam dados e informações para avaliar como as mudanças planejadas afetaram o contexto em que a pesquisa está ocorrendo. Essa avaliação ajuda a entender se as intervenções tiveram os efeitos desejados, permitindo ajustes e melhorias no processo, além de contribuir para a produção de conhecimento útil e aplicável (Baskerville, 1999). Assim, neste momento será descrito o resultado obtido após a aplicação nos projetos citados.

Em **avaliar os resultados** determina-se o sucesso das ações implementadas e para fornecer uma base para a tomada de decisões futuras. É essencial para garantir que as ações sejam baseadas em evidências e que contribuam para a melhoria do contexto ou problema em questão. A avaliação é a etapa que é feita uma análise sobre os resultados em relação a mudança implantada.(Susman and Evered, 1978). Sendo assim a avaliação será realizada através de um comparativo entre o resultado de *softwares* que aplicaram

¹ <https://github.com/marcosdosea>

o processo proposto de melhoria da acessibilidade e softwares no qual o processo não foi aplicado.

Com isso é possível **estabelecer os aprendizados** através da documentação dos resultados obtidos e levantamento dos pontos positivos, para que de fato o guia para avaliação da acessibilidade em *softwares* Web tenha efeito proveitoso. O modelo constará com exemplos e orientações claras para implementação.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA

As seções deste trabalho estão estruturados da seguinte forma: A Seção 2 apresenta o referencial teórico necessário para a compreensão da pesquisa, define acessibilidade no contexto tecnológico e discute a acessibilidade visual. Nela, apresentam-se ferramentas que auxiliam na detecção de barreiras em sítios, processos de desenvolvimento e conceitos de Interação Humano-Computador. Por fim, expõem-se outras propostas, guias e pesquisas de acessibilidade aplicadas ao cenário digital, estabelecendo as distinções em relação ao presente trabalho. Na sequência, a Seção 3 traz o estado da arte sobre acessibilidade digital e trabalhos correlatos que descrevem o problema e propõem soluções pertinentes. A Seção 4 detalha a abordagem do guia elaborado por esta pesquisa, explicitando as etapas do processo de avaliação de acessibilidade desenvolvido. A Seção 5 aborda os resultados obtidos por meio da aplicação prática do referido processo. Por fim, a Seção 6 traz uma síntese da análise dos resultados, os achados da pesquisa e as comparações com outros estudos, além das considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda temas que envolvem usabilidade, acessibilidade em *softwares* Web e Engenharia de Software. A Seção 2.1 discute o conceito de acessibilidade no contexto brasileiro. A Seção 2.2 aborda a problemática relacionada ao uso da Web por pessoas com deficiência visual. Na Seção 2.3, destaca-se a necessidade de desenvolver soluções que ofereçam experiências inclusivas; para tanto, analisam-se os princípios, diretrizes, conceitos e teorias subjacentes a essa abordagem. A Seção 2.4 apresenta ferramentas que auxiliam na criação de *software* Web que atendam às expectativas do público-alvo deste trabalho. Por fim, a Seção 2.5 expõe brevemente conceitos das áreas de Engenharia de Software e Interação Humano-Computador, visando a uma melhor compreensão da pesquisa.

2.1 ACESSIBILIDADE

A deficiência visual incidia em 3,4% da população brasileira; contudo, ao considerar indivíduos com alguma dificuldade nas habilidades pesquisadas, constatou-se que 18,8% da população apresentava dificuldades de visão (IBGE, 2017).

Dados do Censo 2022 do IBGE revelam que 14,4 milhões de pessoas — aproximadamente 7,1% da população brasileira com dois anos ou mais — possuíam algum tipo de deficiência ou dificuldade severa/moderada em ao menos uma das habilidades investigadas. Desse total, a dificuldade para enxergar foi a mais frequente, seguida pela dificuldade de locomoção. Entre os 14,4 milhões de pessoas com deficiência no país, 7,9 milhões apresentavam dificuldades visuais (IBGE, 2025).

Segundo a Cartilha de Acessibilidade na Web, fundamentada nas diretrizes do *World Wide Web Consortium* (World Wide Web Consortium (W3C), 2018), a acessibilidade pode ser descrita como a capacidade e a condição de tornar possível o acesso, a percepção e a compreensão, proporcionando oportunidades iguais, segurança e autonomia. Tal conceito aplica-se ao ambiente físico, sistemas de transporte, informação e comunicação — incluindo sistemas e tecnologias digitais —, bem como a outros serviços e instalações.

Para indivíduos com deficiência e aqueles com mobilidade reduzida, a acessibilidade mostra-se crucial para o alcance de uma vida independente e para a participação plena em todas as esferas sociais. Além disso, em diversos contextos, a acessibilidade oferece maior comodidade, facilidade de uso, agilidade, satisfação, segurança e eficiência, beneficiando a coletividade.

A título de exemplo, o Decreto Federal nº 5.296/2004, em seu artigo 8º, inciso I, estabelece:

I – acessibilidade: condição para utilização, com segurança e autonomia, total

ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida; (BRASIL, 2004)

O referido decreto abrange a acessibilidade à Web. Esta, conforme a *Web Accessibility Initiative* (Web Accessibility Initiative, 2023), significa que sites, ferramentas e tecnologias são desenvolvidos para que pessoas com deficiência possam perceber, interagir, navegar, entender e contribuir com o ambiente digital. De acordo com Ferlin et al. (2008), a acessibilidade na informática consiste na criação de condições que permitam a todos os indivíduos aproveitar os recursos oferecidos pelos computadores, superando barreiras tecnológicas que possam surgir na interação entre seres humanos e máquinas.

A Interação Humano-Computador (IHC) é uma disciplina dedicada ao projeto, implementação e avaliação de sistemas interativos voltados para o uso humano, bem como à compreensão dos fenômenos associados a essa interação (Barbosa and da Silva, 2010). A IHC busca garantir a qualidade da interação entre o usuário e o sistema por meio de quatro critérios essenciais: usabilidade, experiência do usuário, acessibilidade e comunicabilidade.

De acordo com Prates and Fernandes (2017), a IHC fundamenta-se em razões como:

- **Melhoria da qualidade de vida:** contribui para que os usuários utilizem os sistemas de forma mais eficiente e confortável;
- **Aumento da produtividade:** ao simplificar tarefas, permite que as atividades sejam realizadas de forma mais eficaz;
- **Redução de custos:** sistemas bem projetados sob a ótica da IHC podem reduzir custos de desenvolvimento e manutenção por serem mais intuitivos.

Segundo o Governo Digital (Gov, 2023), a acessibilidade digital constitui uma prioridade para a inclusão, consistindo na eliminação de barreiras na rede. O conceito pressupõe que sites e portais sejam projetados de modo que todas as pessoas possam perceber, entender, navegar e interagir de maneira efetiva com as páginas.

A implementação da acessibilidade digital democratiza o acesso, proporcionando inclusão digital e social. Além de que páginas acessíveis são mais facilmente indexadas por mecanismos de busca, são compatíveis com uma maior variedade de aplicativos, resultando em uma navegação mais fácil e rápida (Gov, 2023).

Visando à democratização do acesso à Web no Brasil, sancionou-se, em 6 de julho de 2015, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146), que torna obrigatória a inclusão de recursos de acessibilidade em *websites* operados por empresas com presença comercial no país ou por entidades governamentais. Conforme o Art. 63:

“É obrigatória a acessibilidade nos sítios da internet mantidos por empresas com sede ou representação comercial no País ou por órgãos de governo, para uso da pessoa com deficiência, garantindo-lhe acesso às informações disponíveis, conforme as melhores práticas e diretrizes de acessibilidade adotadas internacionalmente” (Brasil, 2015).

Com base nessa legislação, o governo brasileiro instituiu o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG), que consiste em um conjunto de recomendações para que a acessibilidade em sítios e portais governamentais seja conduzida de forma padronizada. Tal modelo serve como referencial técnico também para *softwares* não governamentais.

Contudo, para que a implementação de modelos como o eMAG seja efetiva, torna-se imprescindível compreender a pluralidade dos usuários. A eficácia de uma interface acessível está diretamente ligada ao entendimento das barreiras sensoriais e físicas que impedem o acesso à informação. Nesse contexto, a deficiência visual surge como um dos pontos centrais de estudo na IHC, exigindo que o desenvolvimento tecnológico acompanhe a compreensão das limitações e das potencialidades desse grupo, conforme detalhado a seguir.

2.2 DEFICIÊNCIA VISUAL E TECNOLOGIA

A pessoa com deficiência é definida como aquela que possui impedimentos de longo prazo, de natureza física, mental, intelectual ou sensorial os quais, em interação com diversas barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com os demais cidadãos. Tal conceito encontra-se expresso no Art. 1º da Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, aprovada pela Assembleia Geral da ONU em 2006.

A deficiência visual ocorre quando uma patologia ocular afeta o sistema visual e uma ou mais de suas funções (World Health Organization (WHO) Team, 2019). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), essa deficiência é caracterizada pela perda total ou parcial, congênita ou adquirida, da visão. O nível de acuidade visual determina a divisão em dois grupos principais:

- **Cegueira:** perda total da visão ou capacidade residual mínima, o que demanda o uso do Sistema Braille como meio principal de leitura e escrita;
- **Baixa visão (ou visão subnormal):** comprometimento do funcionamento visual mesmo após tratamentos ou correções ópticas. Indivíduos desse grupo podem realizar a leitura de textos impressos ampliados ou com o auxílio de recursos ópticos especiais.

A tecnologia atua como facilitadora da qualidade de vida e da inclusão social, proporcionando maior independência e participação em atividades diversas. No cenário con-

temporâneo, a presença tecnológica é onipresente; dados da 34^a edição da Pesquisa Anual do FGVcia indicam que, no Brasil, existem aproximadamente 1,2 *smartphones* por habitante, totalizando 249 milhões de dispositivos em uso. Ao somar *notebooks* e *tablets*, o montante atinge 364 milhões de dispositivos portáteis, ou 1,7 por habitante (Fundação Getulio Vargas (FGV), 2023).

Diante desses dados e considerando que a deficiência visual atinge uma parcela significativa da população brasileira (IBGE, 2017), evidencia-se a urgência de promover a inclusão digital. Atualmente, diversas tecnologias assistivas são empregadas para mitigar barreiras, tais como: leitores de tela, ampliadores de caracteres, softwares de reconhecimento de voz, tecnologias táteis e em Braille, além de ferramentas de reconhecimento de objetos e OCR (*Optical Character Recognition*).

Independentemente da condição física ou sensorial do usuário, a acessibilidade de um produto deve assegurar que o canal de informação seja capaz de se comunicar com qualquer perfil de público (Gomes et al., 2021). No âmbito da deficiência visual, a acessibilidade digital é balizada por padrões internacionais. O *World Wide Web Consortium* (W3C) é o órgão responsável pela coordenação e padronização das diretrizes de acessibilidade, cujas regras são adotadas globalmente por instituições governamentais e empresas do setor tecnológico. As orientações do W3C visam encorajar o desenvolvimento de ecossistemas digitais inclusivos, estabelecendo princípios fundamentais e métodos de implementação para os desenvolvedores (RODRIGUES et al., 2010).

2.3 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE E ACESSIBILIDADE

Ao tratar do desenvolvimento de software e acessibilidade, aborda-se a complexidade enfrentada pelos desenvolvedores em estabelecer parâmetros precisos sobre o nível de acessibilidade de um sistema.

A aplicação de diretrizes, como as do eMAG, busca viabilizar o que Tanaka (2009), fundamentado nos conceitos do grupo *Usability Junction* (2002), define como o desenvolvimento de sistemas de informação flexíveis o suficiente para acomodar as necessidades dos usuários, independentemente de idade, deficiência ou tecnologia utilizada, promovendo uma experiência equânime. Para que tal flexibilidade seja alcançada, torna-se necessário compreender as especificidades dos sujeitos que interagem com esses sistemas, com especial atenção às barreiras enfrentadas no contexto da deficiência visual.

Com o intuito de assegurar a acessibilidade digital, tanto órgãos governamentais quanto empresas privadas de *software* oferecem diretrizes e guias destinados a auxiliar profissionais na criação, adaptação, avaliação e correção de interfaces e serviços. Dessa forma, busca-se garantir o controle da navegação e o acesso integral, independentemente das habilidades físicas, sensoriais, culturais e sociais dos usuários.

2.3.1 Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG)

As Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) (World Wide Web Consortium (W3C), 2018) consistem em um conjunto de recomendações tecnologicamente independentes e critérios de sucesso que visam tornar o conteúdo da Web acessível e utilizável para pessoas com necessidades específicas. A base da acessibilidade digital fundamenta-se em quatro princípios fundamentais: perceptível, operável, compreensível e robusto.

Essas diretrizes são classificadas em três níveis de conformidade:

- **Nível A:** o sítio atinge um nível mínimo básico de acessibilidade, cumprindo todos os critérios de sucesso deste nível;
- **Nível AA:** representa o nível ideal a ser almejado, no qual o sítio atinge um grau aprimorado de acessibilidade, sendo acessível à maioria das pessoas na maior parte das situações;
- **Nível AAA:** nível mais elevado de acessibilidade, exigindo o cumprimento de todos os critérios dos níveis anteriores somados aos específicos deste patamar.

No documento supracitado, propõem-se recomendações para o desenvolvimento de sítios acessíveis, destacando-se:

- **Texto Alternativo:** fornecimento de descrições textuais para elementos não textuais (como imagens);
- **Legendas e Transcrições:** inclusão de recursos multimídia para acessibilidade auditiva;
- **Estrutura e Organização:** criação de uma hierarquia lógica para facilitar a navegação;
- **Navegação por Teclado:** garantia de que todas as funcionalidades operem sem o uso do mouse;
- **Contraste de Cores:** adoção de taxas de contraste adequadas para usuários com baixa visão;
- **Compatibilidade:** assegurar que o sistema funcione com diversas tecnologias assistivas, como leitores de tela.

2.3.2 Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)

O governo brasileiro disponibiliza o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG, 2014), um conjunto de recomendações que visa conduzir o processo de acessibilidade dos portais governamentais de forma padronizada. As diretrizes do eMAG

possibilitam que a incorporação da acessibilidade digital siga um padrão uniforme e de execução simplificada, alinhado às demandas nacionais e aos padrões globais.

Ressalta-se que o eMAG representa uma adaptação especializada das diretrizes internacionais WCAG voltada ao contexto governamental brasileiro, mantendo as práticas recomendadas internacionalmente. Adicionalmente, o Governo Federal disponibiliza os Padrões Web em Governo Eletrônico (ePWG, 2010), que consistem em boas práticas estruturadas em cartilhas para otimizar a prestação de serviços públicos digitais.

2.3.3 Atributos ARIA (*Accessible Rich Internet Applications*)

Os atributos ARIA são utilizados para suprir lacunas de acessibilidade em conteúdos dinâmicos e interativos que não possuem suporte completo pelos elementos HTML padrão. Tais atributos fornecem informações contextuais sobre a funcionalidade e o propósito dos elementos para as tecnologias assistivas.

World Wide Web Consortium (W3C) (2020a) descreve que a inclusão de atributos ARIA melhora significativamente a experiência do usuário ao permitir que desenvolvedores forneçam semântica adicional a elementos interativos. Entre os atributos mais comuns, destacam-se:

- **role**: define o papel específico do elemento (ex: *button*, *navigation*);
- **aria-label**: fornece uma descrição textual quando o rótulo visível é insuficiente;
- **aria-describedby**: oferece informações detalhadas sobre o propósito do componente.

Todavia, o emprego dessas especificações não deve ser visto como uma solução isolada, mas como parte de uma estratégia integrada ao ciclo de vida do *software* (Zeldman, 2017).

2.3.4 Implementação de Boas Práticas de Acessibilidade

A conformidade com boas práticas deve ser uma consideração constante durante o desenvolvimento do código. Aspectos cruciais incluem:

Texto Alternativo: O atributo `alt` em tags de imagem é essencial para usuários de leitores de tela. Segundo o World Wide Web Consortium (W3C) (2019), este deve ser suficientemente descritivo e evitar redundâncias em imagens meramente decorativas.

Formulários Acessíveis: Devem possuir rótulos (`<label>`) corretamente associados aos campos de entrada via atributo `for`. Conforme o World Wide Web Consortium (W3C) (2020b), é fundamental fornecer mensagens de erro claras e garantir a navegação lógica via teclado.

2.3.5 Verificação de Estruturas e Semântica

A utilização de *tags* HTML semânticas (como `<header>`, `<nav>`, `<main>`, `<footer>`) fornece contexto essencial para motores de busca e tecnologias assistivas (World Wide Web Consortium (W3C), 2014). Tais práticas organizam a informação de forma lógica, facilitando a compreensão da hierarquia do conteúdo por usuários com deficiência visual (Jones, 2019).

2.4 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE ACESSIBILIDADE

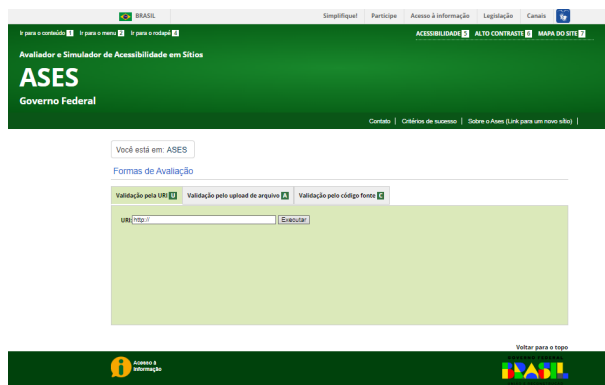
Esta seção apresenta ferramentas de avaliação de acessibilidade projetadas para auxiliar desenvolvedores, *designers* e profissionais de tecnologia da informação na garantia de produtos digitais inclusivos. Descreve-se o funcionamento de tais recursos, as formas de incorporação nos processos de desenvolvimento e o papel que desempenham na criação de *softwares* acessíveis.

2.4.1 Avaliador de Acessibilidade de Sítios - ASES

O ASES¹ é um validador automático de páginas que auxilia desenvolvedores durante a implementação e adequação de sítios. A ferramenta permite avaliar a acessibilidade com base em testes automáticos no código-fonte (X)HTML e em critérios de sucesso do Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG).

Para realizar a avaliação, é necessário fornecer a URL do sítio, realizar o *upload* do código-fonte ou colá-lo diretamente na área de edição. Ao concluir a análise, o ASES gera um relatório com uma pontuação de 0 a 100, indicando o nível de acessibilidade, além de uma lista de erros e avisos que demandam verificação manual. A Figura 2 apresenta a interface principal da ferramenta, evidenciando os métodos de validação disponíveis.

Figura 2 – Página principal do avaliador ASES



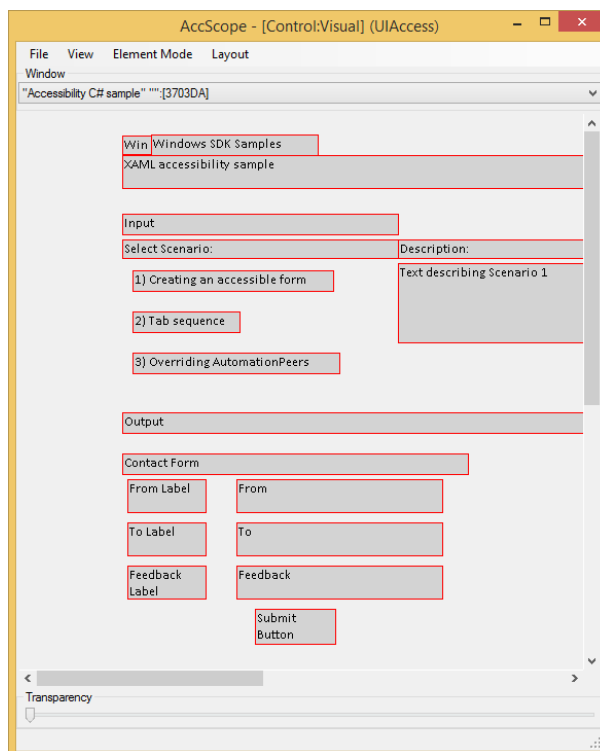
Fonte: Retirado de ASES

¹ Abreviatura de Avaliador de Acessibilidade de Sítios

2.4.2 AccScope

O AccScope possibilita a avaliação visual da acessibilidade de aplicativos durante as fases iniciais de projeto e desenvolvimento. Destina-se, especificamente, ao teste de cenários relacionados a leitores de tela (narradores), utilizando informações de automação da interface do usuário para identificar pontos de melhoria. A Figura 3 ilustra o funcionamento do AccScope exibindo a saída de um exemplo de acessibilidade XAML.

Figura 3 – Ilustração de funcionamento do AccScope



Fonte: Retirado de Ferramentas de acessibilidade – AccScope

2.4.3 Verificação da Automação da Interface do Usuário

A Verificação de Automação da Interface do Usuário (Verificação de UIA) é uma estrutura para testes manuais e automatizados da implementação da automação da interface do usuário em um controle ou aplicativo. A Verificação do UIA pode se integrar ao código de teste e realizar testes regulares automatizados ou verificações pontuais de cenários de automação sendo útil para verificar se as alterações em aplicativos com recursos estabelecidos não têm novos problemas ou regressões.

2.4.4 Axe-Core

Axe-Core é uma ferramenta de código aberto. Utilizada por empresas como Microsoft e Google, para para testes automatizados de UI da Web (Systems, 2023). Com Axe-Core

é possível fazer 3 tipos de testes de acessibilidade.

1. Automatizado - como quando um mecanismo de regras como axe-core, verifica ou analisa uma página da web em relação aos padrões de acessibilidade, como WCAG².
2. Semiautomático - às vezes chamado de teste guiado, como o Teste Guiado Inteligente (IGTs) em ax DevTools que depende de prompts de perguntas e respostas.
3. Manual – quando um especialista em acessibilidade usa tecnologia assistiva (como um leitor de tela) e experiências vividas para detectar barreiras de acessibilidade complexas que a automação não consegue detectar com segurança.

A Figura 4 mostra a ferramenta Axe-Core analisando a pagina e gerando um relatório no formato JSON, onde apresenta recomendações de correções ou melhorias.

Figura 4 – Ilustração da saída do Axe-Core

```

array ▶ 0 ▶ violations ▶ 0 ▶ nodes ▶ 0 ▶
::
::
:: ▶ failureSummary : Fix any of the following:\n
Required ARIA attribute not
present: aria-expanded
::
:: ▶ html : <input class=\"gLfyf gsfi\"
maxlength=\"2048\" name=\"q\" type=\"text\"
jsaction=\"paste:py29d\" aria-
autocomplete=\"both\" aria-
haspopup=\">false\" autocapitalize=\"off\"
autocomplete=\"off\" autocorrect=\"off\"
role=\"combobox\" spellcheck=\">false\"
title=\"Search\" value=\"\" aria-
label=\"Search\">
::
:: ▶ impact : critical
::
:: ▶ none [0]
::
:: ▶ target [1]
::
:: ▶ tags [3]
::
:: 0 : cat.aria
::
:: 1 : wcag2a
::
:: 2 : wcag412
::
:: ▶ 1 {7}
::
:: ▶ description : Ensures each page has at least one
mechanism for a user to bypass navigation
and jump straight to the content
::
:: ▶ help : Page must have means to bypass repeated blocks
::
:: ▶ helpUrl : https://dequeuniversity.com/rules/axe/3.1/bypa
ss?application=webdriverjs
::
:: ▶ id : bypass
::
:: ▶ impact : serious
::
:: ▶ nodes [1]
::
:: ▶ 0 {7}
::
:: ▶ all [0]
::
:: ▶ any [3]
::
:: ▶ failureSummary : Fix any of the following:\n No
valid skip link found\n Page
does not have a header\n Page
does not have a landmark region
::
:: ▶ html : <html itemscope=\"\"
itemtype=\"http://schema.org/WebPage\"
lang=\"en\" class=\"deque-axe-is-ready\">
::
:: ▶ impact : serious
::
::
::

```

Fonte: Retirado de Axe-Core

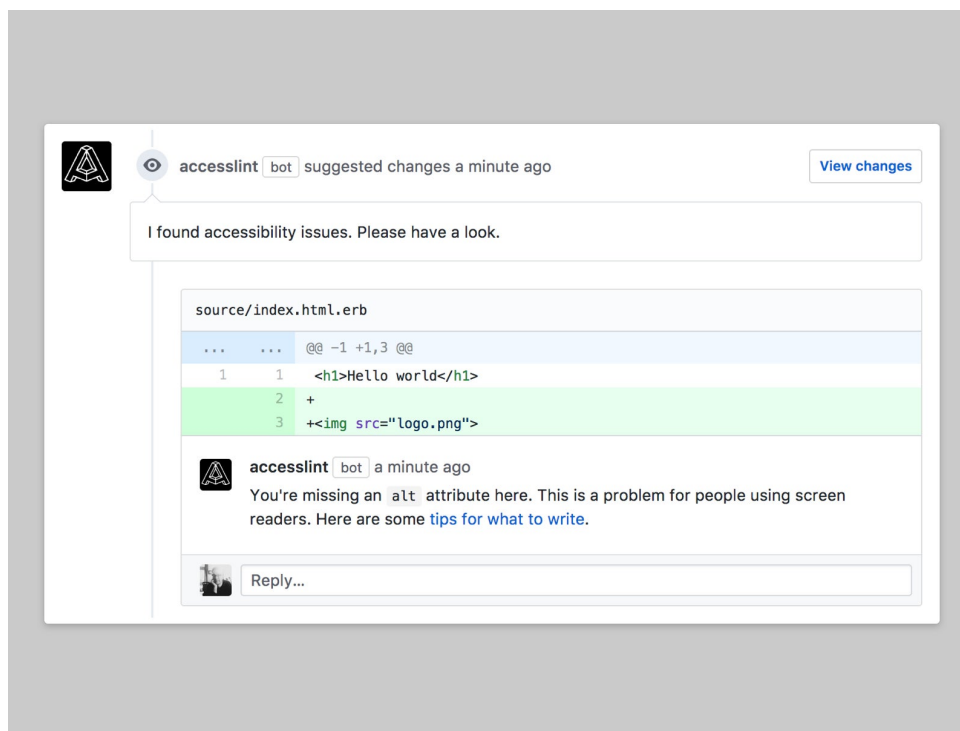
2.4.5 AccessLint

O AccessLint é uma aplicação integrada ao GitHub que identifica problemas de acessibilidade em *pull requests*. A ferramenta incorpora testes automatizados ao fluxo de

² WCAG - Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web

trabalho de desenvolvimento. Conforme ilustrado na Figura 5, ao abrir uma solicitação de alteração, o AccessLint analisa o código e comenta novos problemas detectados, proporcionando um *feedback* célere antes da publicação do código..

Figura 5 – Ilustração de funcionamento do AcessLint



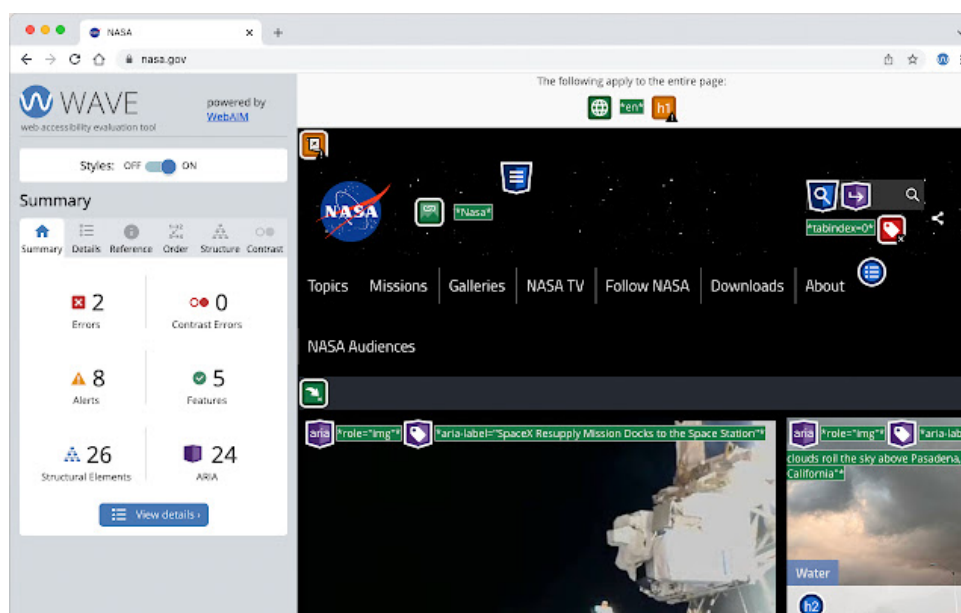
Fonte: Retirado de Acesslint

A revisão do AccessLint analisa a marcação nos tipos de arquivo suportados para problemas de elementos de formulário não rotulados, valor positivo para tabindex, imagens com texto alternativo ausente, nomes de atributos ARIA inválidos.

2.4.6 WAVE Evaluation Tool

O WAVE é uma ferramenta de avaliação desenvolvida pela WebAIM.org que fornece *feedback* visual ao injetar ícones e indicadores diretamente na página analisada (Figura 6). Embora não substitua a avaliação humana, a ferramenta facilita a identificação de erros e educa o desenvolvedor sobre questões de acessibilidade. Por operar como extensão de navegador, permitindo a avaliação segura de páginas da intranet, locais, protegidas por senha e outras páginas confidenciais.

Figura 6 – Ilustração de funcionamento da ferramenta WAVE

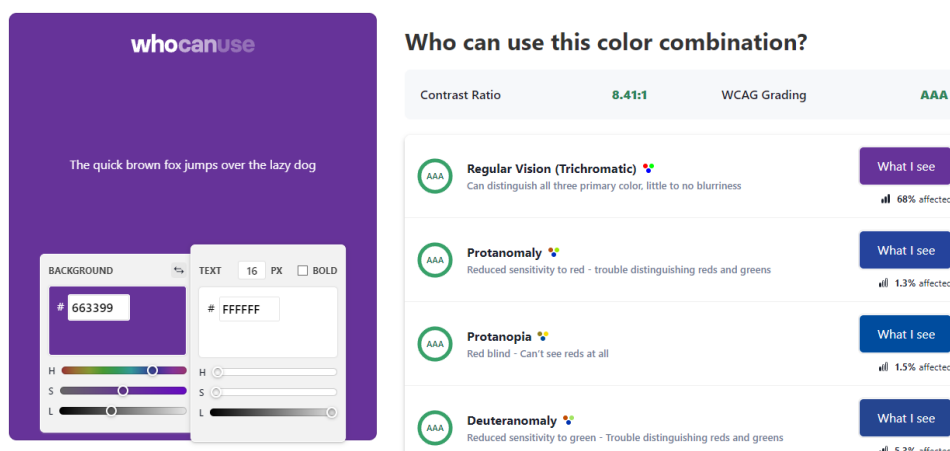


Fonte: Retirado de WAVE Evaluation Tool

2.4.7 Who Can Use

Esta ferramenta auxilia na compreensão de como o contraste de cores afeta pessoas com diferentes condições visuais. O recurso tem como objetivo sensibilizar *designers* e desenvolvedores, exemplificando a percepção visual de portadores de condições que dificultam a interpretação de cores, embora não se aplique a usuários com cegueira total. A Figura 7 apresenta o resultado de um teste de contraste entre duas cores, classificado conforme as diretrizes da WCAG.

Figura 7 – Ilustração de teste na Who Can Use



Fonte: Captura de tela retirada de Who Can Use

2.4.8 Audioeye

O AudioEye fornece análises de conformidade com normas como a ADA e a WCAG. Na versão gratuita, a ferramenta realiza testes automatizados que oferecem uma visão parcial dos problemas de acessibilidade e riscos legais. Além da automação, a plataforma oferece serviços de auditoria conduzidos por especialistas para cobrir critérios que exigem avaliação subjetiva. Na Figura 8 pode-se ver a tela do resultado da ferramenta ao inserir o URL³ do site que deseja fazer o teste. Os resultados obtidos exemplificam as violações encontradas, qual sua decorrência e quais critérios e normas infringem.

Figura 8 – Ilustração da avaliação demo fornecida pela Audioeye

The screenshot displays the 'Scan Results' interface for the URL <https://joannestephany.github.io/>. It reports **50 accessibility violations**. A 'Your Scan Status' box shows a progress: Page Scanned, Automated tests ran, and 50 Issues found. Below, the 'Your accessibility overview' section details the following categories:

- Accessibility (NOT ACCESSIBLE):** Your website is not accessible for assistive technology users or people with disabilities.
- Compliance (NOT COMPLIANT):** Your website is not compliant with laws like the Americans with Disabilities Act (ADA).
- Legal risk (HIGH):** Each of the 50 accessibility violations on this page exposes your business to the risk of legal action.
- Links (31 VIOLATIONS):** Clear, descriptive links help people with some visual and cognitive impairments navigate between webpages. Disabilities Affected by Violations: VISUAL, MOTOR. Violated WCAG Criteria: 1.4.1 Use of Color.
- Forms (8 VIOLATIONS):** Elements for user input, vital for tasks like contact forms, sign-ups, and surveys. Disabilities Affected by Violations: COGNITIVE. Violated WCAG Criteria: 3.3.2 Labels or Instructions.

Fonte: Autora (Captura de tela retirada de Audioeye)

Tanto as ferramentas citadas anteriormente, quando tantas outras que existem, algumas delas presentes na lista de ferramentas de avaliação de acessibilidade por World Wide Web Consortium (2023), são facilitadoras para programadores no processo de desenvolvimento, porém a ordem de uso, e aplicação se torna confusa por falta de especificação. Então, para gestão desses processos, será realizada uma pesquisa empírica que utiliza softwares já em desenvolvimento para implementação dessas boas práticas. Com base nos testes e resultados obtidos, será validado um processo normalizado de desenvolvimento de tecnologia acessível, no escopo das ferramentas e diretrizes abordadas.

³ O Uniform Resource Locator, é um termo técnico que foi traduzido para a língua portuguesa como "localizador uniforme de recursos". Um URL se refere ao endereço de rede no qual se encontra algum recurso informático

2.4.9 Comparação entre ferramentas

Por fim, considerando as comparações apresentadas na Tabela 1, podemos exemplificar as diferentes funções que as ferramentas apresentadas possuem modelo. Cada uma atuando ao seu modo para colaborar na garantia de um produto de software acessível. A escolha da ferramenta ideal depende diretamente da etapa do ciclo de vida de desenvolvimento e do perfil do avaliador. Ferramentas como o ASES e o Axe-Core são robustas para avaliações técnicas detalhadas, permitindo uma integração mais profunda com o fluxo de trabalho de desenvolvedores. Já o Wave e o Who Can Use destacam-se pela facilidade de uso e feedback visual imediato, sendo excelentes para designers e produtores de conteúdo que precisam validar rapidamente o contraste e a hierarquia visual. Por outro lado, o AccessLint foca na prevenção, atuando diretamente no código-fonte, o que reduz o custo de correção ao identificar falhas antes mesmo de a página ser publicada. Essa diversidade permite que a acessibilidade seja abordada tanto sob a ótica técnica quanto sob a ótica da experiência do usuário.

Tabela 1 – Comparação Entre Ferramentas de Avaliação de Acessibilidade

Funcionalidades	ASES	AccScope	Verificação UIA	Axe- Core	AcessLint	Wave	Who Can Use	Audioeye
Teste Automático	X	X	X	X	X	X		X
Teste Manual			X	X			X	
Verifica o Código-Fonte					X			
Verifica a Página Web	X	X	X	X		X		
Verifica Contraste							X	X
Disponível Online					X	X	X	X
Disponível Offline	X	X	X	X				
Gratuito	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Autora

2.5 ACESSIBILIDADE NO PROCESSO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE

Segundo Somerville (2011), a Engenharia de Software constitui uma disciplina relacionada a todos os aspectos da produção de *software*, desde os estágios iniciais de especificação do sistema até sua manutenção, após a entrada em operação. Ressalta-se que a Engenharia de Software, além de abranger os processos técnicos de desenvolvimento, relaciona-se ao gerenciamento de projetos e ao desenvolvimento de ferramentas e métodos de apoio à produção (Somerville, 2011).

Ainda conforme Somerville (2011), os atributos essenciais de um sistema de *software* bem projetado são:

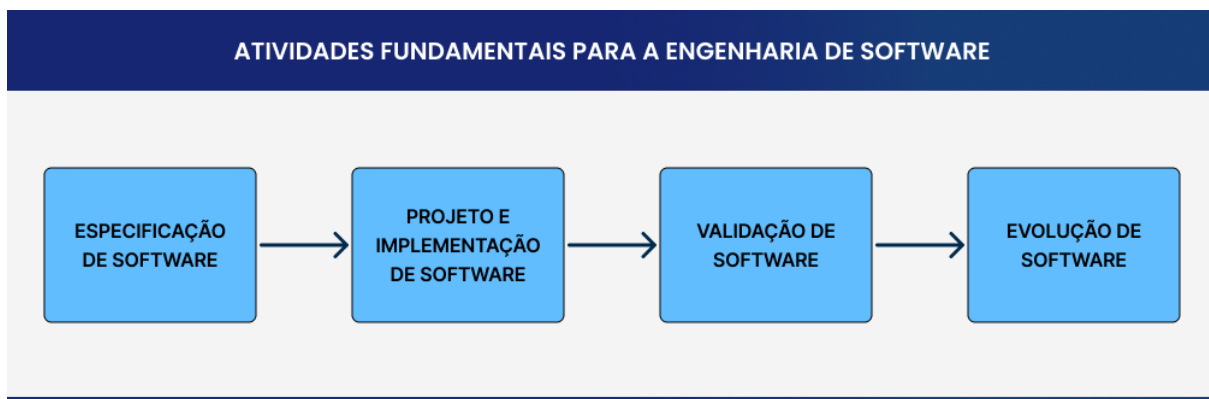
1. **Confiabilidade:** o sistema deve executar suas funções corretamente e sem falhas;

2. **Eficiência:** deve ser otimizado quanto ao uso de recursos, como memória e processamento;
3. **Manutenibilidade:** deve permitir manutenção e atualização simplificadas para atender a novas necessidades;
4. **Portabilidade:** deve ser capaz de operar em diferentes ambientes e plataformas;
5. **Usabilidade:** deve ser amigável ao usuário final, apresentando facilidade de aprendizado e uso.

A usabilidade é definida como a medida em que um produto pode ser utilizado por usuários específicos para alcançar objetivos determinados com eficácia, eficiência e satisfação, em um contexto de uso específico (International Organization for Standardization, 2010). O presente trabalho foca, primordialmente, no atendimento ao quesito de usabilidade..

Um processo de software é um conjunto de atividades e resultados associados que produzem um produto de software. Para a aplicação do guia proposto por este trabalho, é compreendido que existem diversos processos de software diferentes. Sabendo disto, indica-se o ciclo de quatro atividades, que estão representadas na Figura 9, sendo fundamentais para a engenharia de software: Especificação de software, onde a funcionalidade e as restrições do software são definidas; Projeto e implementação de software, na qual o software é produzido de acordo com as especificações; Validação de software, para garantir que atenda às demandas do cliente; e evolução de software, permitindo que o software se adapte às necessidades em constante mudança dos clientes (Somerville, 2011).

Figura 9 – Atividades Fundamentais Para A Engenharia De Software



Fonte: Autora (Adaptado de (Somerville, 2011))

Independentemente da abordagem metodológica, essas quatro tarefas constituem os pilares do processo de desenvolvimento (Somerville, 2011). Esta proposta utiliza tal conceito de atividades para definir as etapas de um projeto, podendo ser aplicada como um

*framework*⁴, o que facilita a adequação a modelos existentes e a inclusão da acessibilidade em sistemas Web.

A atividade de teste destina-se a demonstrar que um programa cumpre sua finalidade e a identificar defeitos antes do uso, enquanto a validação objetiva garantir o atendimento às expectativas do cliente (Somerville, 2011). No contexto da Web, a avaliação de acessibilidade busca identificar problemas mediante o uso de ferramentas e diretrizes, verificando se o indivíduo com deficiência interage com o sistema de forma satisfatória (Ramos and Dantas, 2017).

Os testes de acessibilidade são uma forma de avaliar se um software é acessível a todos os usuários, incluindo pessoas com deficiência. Eles são realizados para identificar e corrigir problemas de acessibilidade que podem impedir que essas pessoas usem o software. Os testes de acessibilidade avaliam se o *software* é inclusivo, sendo divididos em dois tipos principais:

- **Testes manuais:** realizados por pessoas com deficiência que avaliam o sistema utilizando seus próprios dispositivos e tecnologias assistivas;
- **Testes automatizados:** executados por ferramentas que utilizam *scripts* para verificar a conformidade com diretrizes de acessibilidade. Embora sejam mais céleres e apresentem menor custo, podem não ser tão abrangentes quanto os manuais.

As ferramentas de testes automatizados podem verificar diversos aspectos de acessibilidade, descritos por Nielsen (1994a), incluindo:

- **Visibilidade:** garantia de que o conteúdo seja perceptível a todos;
- **Usabilidade:** facilidade de uso geral;
- **Navegação:** fluidez no deslocamento entre as diferentes partes do sistema;
- **Interação:** naturalidade e intuitividade nas ações do usuário.

Em suma, a avaliação de acessibilidade é fundamental para garantir que todos os usuários, independentemente de suas deficiências, utilizem o *software* sem problemas. Eles são uma forma de promover a inclusão digital e garantir que todos tenham acesso à informação e aos serviços (Nielsen, 1994a).

⁴ *Framework* consiste em um conjunto de técnicas, ferramentas ou conceitos predefinidos utilizados para resolver problemas de um projeto ou domínio específico.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

De acordo com os objetivos deste trabalho, apresentam-se nesta seção estudos relacionados baseados em boas práticas para a implementação de *softwares* acessíveis.

Segundo a Cartilha de Acessibilidade Web da W3C:

“Se for aplicada a definição geral de acessibilidade ao ambiente específico da Web, pode-se dizer que se trata da possibilidade e da condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização, em igualdade de oportunidades, com segurança e autonomia, dos sítios e serviços disponíveis na Web. Porém, para abarcar a complexidade do conceito de acessibilidade na Web, existem alguns aspectos específicos que precisam ser considerados.” (World Wide Web Consortium (W3C), 2018)

A revisão bibliográfica inicial teve como objetivo investigar estudos que abordassem a criação de processos para o desenvolvimento de *software* acessível. A seguir, apresentam-se os trabalhos identificados nesta pesquisa.

O primeiro trabalho, intitulado *Acessibilidade na Web: Boas práticas para construir sites e aplicações Web*, de autoria de Ferraz (2020), reúne um conjunto de práticas pré-existentes para auxiliar pessoas com deficiência e apresenta ferramentas que facilitam a inclusão de PcD¹ no ambiente digital.

Por sua vez, o estudo proposto por Paludo (2015) aponta que a problemática da acessibilidade para usuários com deficiência visual reside no fato de muitos sítios não serem desenvolvidos com recursos que permitam a leitura por meio de sintetizadores de voz, dificultando a navegação. Contudo, o referido estudo apresenta técnicas e diretrizes para a construção de páginas acessíveis, sem especificar detalhadamente a aplicação prática para a solução do problema mencionado.

Seguindo a mesma linha de investigação sobre o desenvolvimento sem acessibilidade, Honorato and Gonçalves (2022) propôs um método de avaliação de usabilidade e acessibilidade que busca identificar as dificuldades encontradas por usuários com deficiência visual. O objetivo é aprimorar as aplicações para torná-las mais inclusivas, atendendo tanto às necessidades de pessoas com deficiência quanto a limitações de dispositivos.

Chalegre and de Lemos Meira (2011) desenvolveu uma metodologia para testes de acessibilidade voltada a usuários cegos em ambientes Web. No estudo, executaram-se testes e analisaram-se os resultados para identificar as necessidades específicas desse perfil, mantendo o foco na disciplina de testes de *software*.

Para estimular a inclusão digital, foi lançado o Guia de Boas Práticas para Acessibilidade Digital. Iniciativa conjunta entre Governo do Brasil e Embaixada Britânica, com

¹ PcD é a sigla para o termo 'Pessoa(s) com Deficiência'

coordenação do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br) por meio do Centro de Estudos sobre Tecnologias Web (CeWeb.br), o guia, disponível gratuitamente para toda a sociedade, tem por objetivo fornecer subsídios para que acessibilidade na Web possa ser incluída nas estratégias de transformação digital. No material, desenvolvedores poderão encontrar um passo a passo de como pensar no projeto desde o início, para colocar em prática um site acessível. Desde o planejamento, passando pelo desenvolvimento, fase de testes, até o monitoramento, ele ajudará os gestores a entender como se superam melhor as barreiras de acesso que podem existir (CGI.BR, 2023).

De forma análoga, o Movimento Web para Todos, em parceria com a Google, lançou o *Guia de acessibilidade digital para marcas diversas e inclusivas*. O documento apresenta conceitos, dicas e ferramentas de forma simplificada para auxiliar na criação de projetos digitais inclusivos (Web para Todos and Google, 2022). As produções supracitadas abordam, cada qual sob sua ótica, boas práticas para a promoção de uma Web acessível.

A Tabela 2 apresenta uma síntese de algumas características dos trabalhos referenciados, que fornecem uma visão sobre as diretrizes de acessibilidade e as melhores práticas para a implantação e/ou testes de acessibilidade, comparadas as de atual proposta apresentada.

Tabela 2 – Comparação Entre os Trabalhos Relacionados

Trabalhos	Aplicação de Acessibilidade	Teste de Acessibilidade	Processo para Implantação da Proposta
Ferraz (2020)	X		
Honorato and Gonçalves (2022)		X	X
Chalegre and de Lemos Meira (2011)		X	
CGI.BR (2023)	X		
Web para Todos and Google (2022)	X		
Proposta deste trabalho	X	X	X

Fonte: Autora

4 PROCESSO PARA O DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE WEB ORIENTADO À IMPLEMENTAÇÃO DE REQUISITOS DE ACESSIBILIDADE PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

A metodologia adotada nesta pesquisa desempenha um papel fundamental na condução de um estudo abrangente sobre a interseção entre engenharia de *software*, usabilidade e acessibilidade em *softwares* Web.

Este trabalho teve como foco a elaboração e a aplicação de um processo de avaliação e implementação da acessibilidade em softwares Web voltados a pessoas com deficiência visual, integrando diretrizes consolidadas, ferramentas automatizadas e conceitos da engenharia de software. Neste contexto usando especificamente a aplicação da ferramenta *AcessLint*. A pesquisa partiu do reconhecimento de que, embora existam normas, guias e tecnologias amplamente difundidas, a acessibilidade ainda não é incorporada de forma sistemática ao processo de desenvolvimento de software.

Aplicações *Web* tendem a ter atualizações e mudanças constantes, considerando a evolução rápida de *frameworks* e *feedbacks* de usuários relacionados a usabilidade. (Ricca and Tonella, 2001). Portanto, é crucial compreender as necessidades existentes para que possam ser abordadas de forma eficaz.

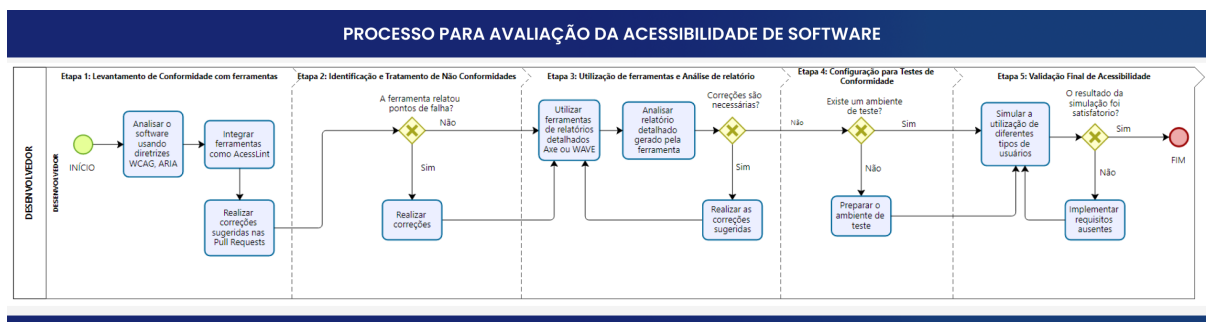
Com influência dos trabalhos apresentados na Seção 2, serão identificadas as necessidades previamente definidas, permitindo que uma solução apropriada seja proposta. Esta análise é feita para assegurar que o processo de desenvolvimento leve em consideração as exigências e expectativas dos usuários, e diretrizes existentes, especialmente no que tange à acessibilidade e à experiência do usuário.

4.1 ETAPAS DA AVALIAÇÃO

A acessibilidade na *web* universal envolve o uso de boas práticas de desenvolvimento, como a aplicação de semântica HTML correta, fornecimento de alternativas de texto para conteúdos visuais e auditivos, compatibilidade com tecnologias assistivas e interfaces responsivas. A integração contínua de acessibilidade no desenvolvimento da *web* é fundamental para garantir que as tecnologias emergentes sejam inclusivas desde o início, o que contribui para a democratização do acesso à informação e à criação de uma *web* verdadeiramente universal (Brajnik (2014)).

A Figura 10, é uma representação inicial do ciclo de tarefas que serão aplicadas no processo para a avaliação de acessibilidade visual em softwares, dentro destas tarefas existindo outras especificações.

Figura 10 – Processo para Desenvolvimento de Software Acessível



Fonte: Autora

Existe uma variedade de ferramentas e técnicas de testes, e na disposição da presente proposta será utilizada as que foram citadas na Seção 2.4. Limitando assim este trabalho ao escopo de validação com, apenas, as ferramentas citadas. Ademais, as etapas a seguir fazem parte da proposta apresentada pela autora.

4.1.1 Etapa 1: Levantamento de Conformidade com ferramentas

Na etapa inicial o código do *software* deve ser analisado antes mesmo do desenvolvimento. Os desenvolvedores de *software*, devem conhecer dos requisitos estabelecidos na fase de especificação, sendo o foco na acessibilidade a consideração das diretrizes de acessibilidade, como o Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), presente na Seção 2.3.1, ao criar interfaces e codificar funcionalidades. Isso pode envolver o uso de ARIA (Accessible Rich Internet Applications), visto na Seção 2.3.3, para melhorar a acessibilidade em aplicativos da Web.

4.1.2 Etapa 2: Identificação e Tratamento de Não Conformidades

Durante a etapa inicial do desenvolvimento, é feita a integração da ferramenta AccessLint, conforme apresentado na Seção 2.4.5. Essa ferramenta, utilizada no contexto da disciplina de Gerência de Configuração de Mudança, pode ser incorporada ao fluxo de trabalho no GitHub, pois realiza análises automáticas de acessibilidade em requisições de *pull request*.

Sua utilização contribui para que questões relacionadas à acessibilidade sejam avaliadas de forma contínua, concomitantemente ao processo de desenvolvimento. Dessa forma, os ajustes podem ser realizados ainda nas fases de elaboração e construção do software, promovendo melhorias progressivas ao longo de sua evolução.

A escolha do AccessLint justifica-se por sua facilidade de uso, integração direta ao repositório GitHub e disponibilidade gratuita. Além disso, sua aplicação previne que funcionalidades sejam incorporadas ao projeto sem a devida consideração aos requisitos

mínimos de acessibilidade, fortalecendo o compromisso com a qualidade e inclusão desde os primeiros estágios do ciclo de desenvolvimento.

4.1.3 Etapa 3: Utilização de ferramentas e Análise de relatório

Propõe-se que avaliação semiautomática ou manual constitui uma etapa crítica no processo de verificação de acessibilidade de *software*. Embora as ferramentas automatizadas ofereçam uma análise inicial eficiente, identificando problemas evidentes e violações a diretrizes estabelecidas, elas não são capazes de abranger todas as nuances e contextos de uso que impactam a experiência de pessoas com deficiência.

Neste sentido, ferramentas como Axe e WAVE, descritas nas Seções 2.4.4 e 2.4.6, são empregadas para realizar uma inspeção mais detalhada e flexível dos elementos da interface. Esses instrumentos geram relatórios com informações relevantes que, no entanto, exigem interpretação e complementação por parte do avaliador, especialmente no que diz respeito à usabilidade e à experiência do usuário final.

A aplicação dessa etapa pressupõe que o desenvolvedor ou analista responsável examine os resultados gerados, considerando o contexto funcional da aplicação. É fundamental verificar se os comportamentos observados nos testes correspondem de fato às expectativas do público-alvo, principalmente daqueles que utilizam tecnologias assistivas. A análise cuidadosa desses relatórios permite identificar barreiras não detectadas automaticamente, promovendo um refinamento mais preciso da acessibilidade do sistema.

4.1.4 Etapa 4: Configuração para Testes de Conformidade

Após a realização das etapas de verificação automática, semiautomática e manual, as ferramentas utilizadas fornecem relatórios com apontamentos de erros e sugestões de melhorias no código. Esta etapa consiste na análise criteriosa desses relatórios e na implementação das alterações recomendadas, sempre que tecnicamente viável.

A aplicação dessas correções visa não apenas a eliminação de barreiras identificadas, mas também a elevação do nível de conformidade com as diretrizes de acessibilidade, contribuindo para o aprimoramento da qualidade geral do *software*. A adoção de melhorias contínuas ao longo do processo reforça o compromisso com a inclusão e proporciona uma experiência mais equitativa para todos os usuários, independentemente de suas limitações.

4.1.5 Etapa 5: Validação Final de Acessibilidade

Levando em consideração que as melhorias propostas pelas avaliações automáticas e semiautomáticas tenham sido realizadas, é introduzida a avaliação manual. Essa, por sua vez, deve ser conduzida utilizando uma combinação de inspeção visual, navegação por teclado, e uso de leitores de tela, (já presente de forma nativa em alguns sistemas operacionais como Windows, MacOS, Ubuntu), para simular a experiência de diferentes usuários.

Essa abordagem é essencial para identificar problemas complexos, como a compreensão de conteúdo, a navegação intuitiva e a adequação do design a usuários com deficiências cognitivas.

A realização de avaliações, tanto manuais quanto semiautomáticas, passa por um processo bem definido que envolve a preparação do ambiente de teste, a realização dos testes, o registro dos resultados e uma nova avaliação após a aplicação das correções. Esse ciclo contínuo de análise e aprimoramento é feito para assegurar que o *software* seja realmente acessível a todos os usuários.

Segundo Nielsen (1994b), os testes com usuários reais são os mais fundamentais método de pesquisa de usabilidade, porque provê informações diretas sobre como as pessoas usam determinado produto digital e quais são os problemas exatos que ocorrem na interface testada.

Embora as avaliações manuais possam ser mais demoradas e exigir um maior nível de expertise, sua aplicação busca uma acessibilidade robusta. Além disso, a integração de avaliações semiautomáticas e manuais permite que o processo de desenvolvimento seja adaptável e responsivo às necessidades dos usuários, visando garantir um *software* que não apenas cumpra os requisitos técnicos, mas também proporcione uma experiência inclusiva e acessível.

Definida como a última etapa do processo, a avaliação manual também pode capturar erros, e fica à mercê do avaliador sugerir melhorias nesta fase. Após isto, o processo de avaliação é dado como finalizado.

Ao seguir as etapas descritas, espera-se estabelecer um fluxo de trabalho estruturado e eficiente para a verificação e melhoria da acessibilidade em sistemas de software. A combinação de ferramentas automáticas, semiautomáticas e análise manual permite uma abordagem abrangente, que contempla desde os primeiros estágios de desenvolvimento até os momentos finais de validação e refinamento. Mais do que atender a requisitos técnicos ou normativos, essas práticas reforçam o compromisso ético e social com a inclusão digital, promovendo o desenvolvimento de soluções mais justas, acessíveis e alinhadas aos princípios do desenho universal.

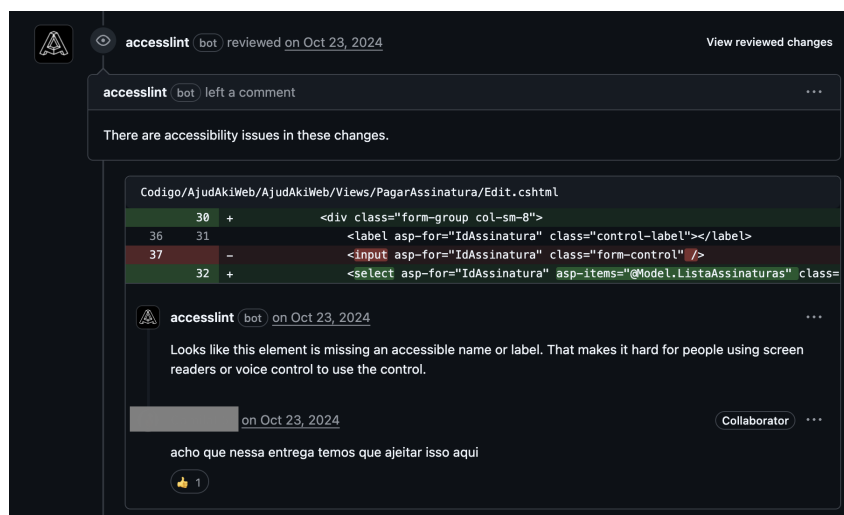
5 AVALIAÇÃO DO PROCESSO PROPOSTO

No presente trabalho foi possível avaliar as Etapas 1: Levantamento de Conformidade com ferramentas e 2: Identificação e Tratamento de Não Conformidades. Na qual a Etapa 1, é considerado , para que haja uma autoanálise, a experiencia dos desenvolvedores referente ao conhecimento adquirido em sala de aula, nas disciplinas Engenharia de Software, Tecnologias de Desenvolvimento para Internet e Sistemas Multimídia Interface Homem Máquina. Ainda que não, a ferramenta utilizada na próxima etapa do processo já faz a análise de maneira automatizada dos requisitos esperados.

Para a avaliação da Etapa 2, realizou-se um estudo de caso utilizando o projeto *AjudAki*, disponível no repositório do professor Marcos Dósea¹, empregando a ferramenta *AccessLint* como mecanismo automatizado de detecção de problemas em *pull requests*. Ao considerar as 144 *pull requests* analisadas, o *bot* registrou 103 ocorrências de problemas relacionados à acessibilidade, com destaque para falhas recorrentes de estrutura e de rotulagem.

A Figura 11 exemplifica uma situação em que a recomendação do *AccessLint* é apresentada de forma objetiva e indica a alteração necessária para a correção. Sendo a adição de `<label>` para que leitores de tela funcionem corretamente, o que foi visto na Seção 2.3.5.

Figura 11 – Compreensão do Accesslint



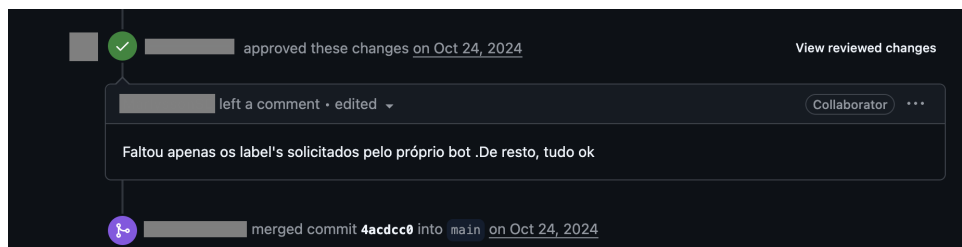
Fonte: Retirado de GitHub

Constatou-se, todavia, a existência de um segundo revisor que, conforme ilustrado na Figura 12, aceitou e finalizou a *pull request* sem a aplicação das alterações solicitadas. O

¹ Disponível em: github.com/marcosdosea/AjudAki

revisor responsável aprovou a requisição ciente da inconformidade, registrando apenas um aviso sobre a ausência da correção sugerida pelo *bot*.

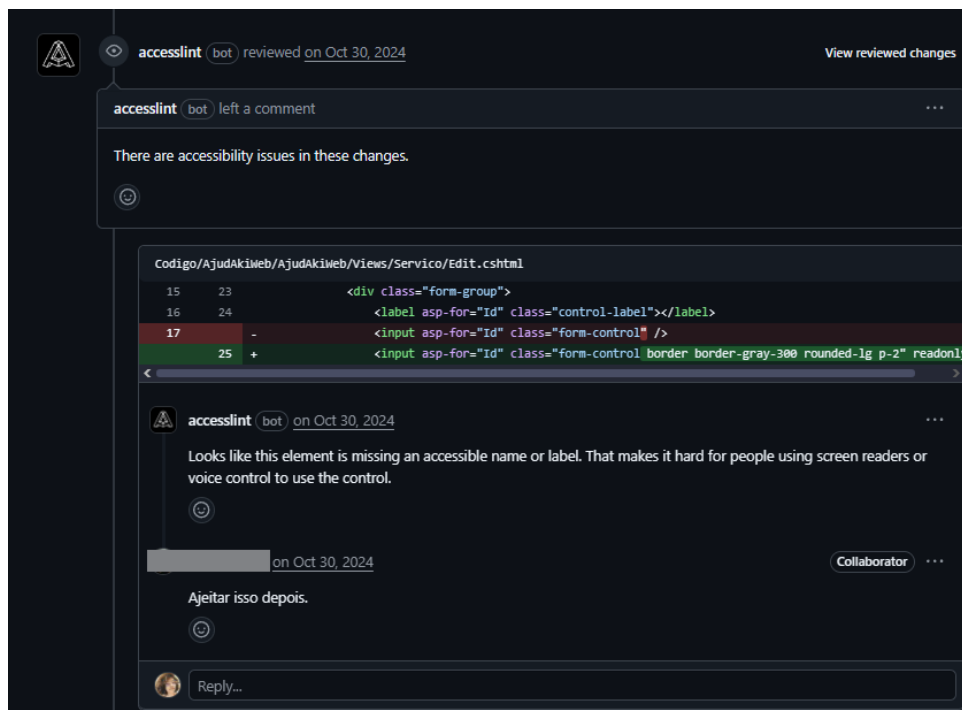
Figura 12 – Aprovação Ignorando bot



Fonte: Retirado de GitHub

Os resultados obtidos mostram que, apesar de haver a instrução detalhada do que deve ser feito, no estudo quanto pela própria ferramenta, a todas as 103 sugestões em *pull request* foram totalmente ignoradas, sendo com comentário alegando postergar serviço ou com aprovação de *pull request* sem revisão. E pode ser visto nas Figura 13 que as sugestões seguem um padrão de erros considerados simples de resolver, como novamente a ausência de label.

Figura 13 – Sugestão do Acesslint I



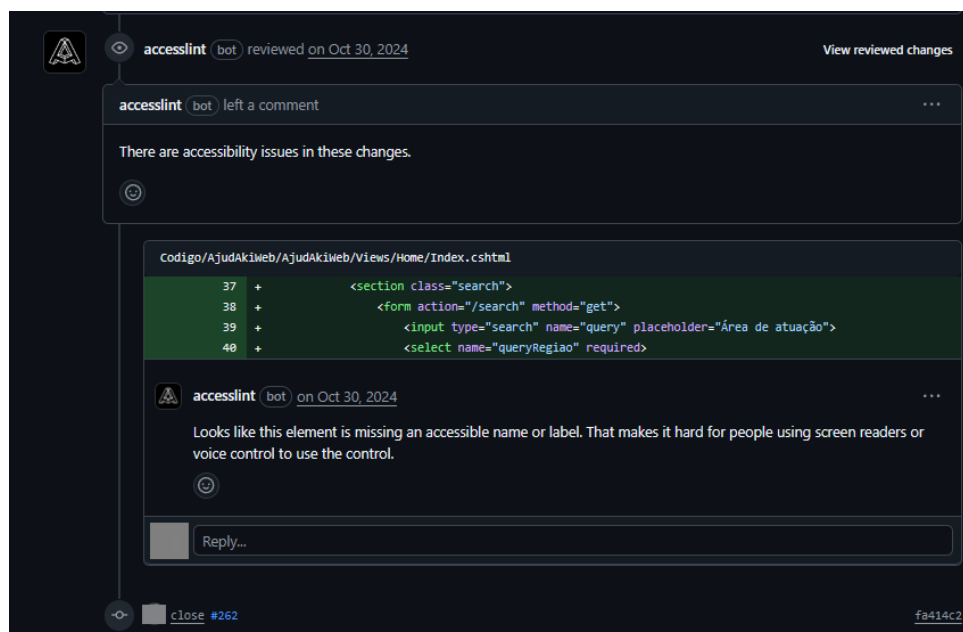
Fonte: Retirado de GitHub

E na Figura 14 os elementos `<input>` e `<select>` apresentados não possuem um rótulo `<label>` associado, o que compromete a identificação programática do campo por tecno-

logias assistivas. Segundo o World Wide Web Consortium (W3C) (2018), especificamente o Critério de Sucesso 4.1.2 (*Name, Role, Value*), todos os componentes de interface devem possuir: Nome acessível, papel semântico definido e valor programaticamente determinável

No exemplo analisado, o campo de busca utiliza apenas o atributo *placeholder*, o qual não substitui o elemento `<label>` para fins de acessibilidade. O *placeholder* não é anunciado de forma consistente por leitores de tela, desaparece quando o usuário inicia a digitação e não estabelece associação semântica explícita com o controle. Dessa forma, usuários de leitores de tela podem não compreender a finalidade do campo, o que prejudica a usabilidade e a autonomia.

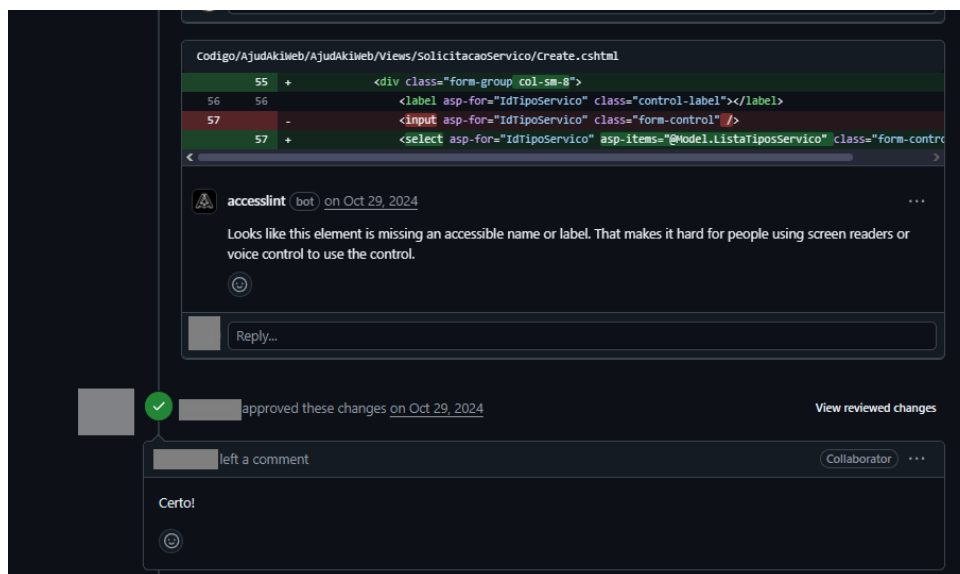
Figura 14 – Sugestão do Acesslint II



Fonte: Retirado de GitHub

Em sugestões explicitamente aprovadas, conforme pode ser visto na Figura 15, não foi aplicada a devida alteração necessária, que novamente apresenta complexidade baixa, associada a diretrizes que podem ser vistas nas Diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo da Web. Sendo assim, é possível relacionar que a *pull request* foi aprovada sem a revisão adequada, demonstrando algum nível de desinteresse na aplicação das sugestões de acessibilidade, ainda que a ferramenta Acesslint tenha sido desenvolvida para facilitar este processo, entregando a solução pronta para o desenvolvedor.

Figura 15 – Sugestão do Acesslint III



Fonte: Retirado de GitHub

A análise dos resultados obtidos no estudo de caso indica que a principal limitação observada não esteve no desenho do processo proposto, mas em sua aplicação prática junto à equipe de desenvolvimento. A Etapa 1, referente ao levantamento de conformidade por meio de ferramenta automatizada, foi executada com êxito, uma vez que o mecanismo empregado identificou 103 ocorrências de não conformidades em 144 *pull request*, demonstrando sua capacidade eficaz de detecção. A Etapa 2, por sua vez, foi parcialmente aplicada: embora as não conformidades tenham sido corretamente identificadas e descritas pela ferramenta, o tratamento efetivo dessas falhas não ocorreu, visto que as recomendações foram sistematicamente ignoradas ou postergadas, inclusive com aprovação de *pull request* contendo problemas já apontados.

Assim, não se pode afirmar que as etapas do processo analisadas, foram integralmente implementadas no contexto, pois a fase de correção e validação das melhorias propostas não foi consolidada. Diante desse cenário, entende-se a necessidade de fortalecimento de sua governança e acompanhamento inicial, com a adoção de mecanismos formais de controle, como bloqueio de *merge*² em caso de falhas críticas, definição de critérios mínimos obrigatórios de acessibilidade e sensibilização da equipe, a fim de assegurar sua efetiva incorporação à rotina de desenvolvimento.

² merge é o processo de unir duas ou mais ramificações (branches) de desenvolvimento de software em uma única

6 CONCLUSÕES

A aplicação prática do processo proposto demonstrou que ferramentas automatizadas, como o *AccessLint*, são eficazes na identificação de problemas recorrentes de acessibilidade, notadamente aqueles relacionados à ausência de rótulos (*labels*), ao uso inadequado de estruturas semânticas e a falhas de conformidade com as diretrizes WCAG. Tais resultados corroboram o estudo de Bi et al. (2022), o qual evidencia que a maioria das lacunas de acessibilidade em aplicações Web associa-se a problemas estruturais básicos, passíveis de detecção por mecanismos automáticos.

Entretanto, os resultados desta pesquisa indicam que a identificação automatizada de falhas não garante, isoladamente, a melhoria efetiva da acessibilidade. Durante a execução do processo no projeto *AjudAki*, observou-se que a totalidade das recomendações geradas pela ferramenta foi ignorada nas revisões de código, apesar de estarem devidamente documentadas. Tal comportamento evidencia uma lacuna entre a existência de diretrizes técnicas e sua efetiva adoção prática, aspecto também discutido por Paludo (2015), que ressalta a recorrência de sistemas desenvolvidos sem a devida consideração às necessidades de usuários com deficiência visual.

Os achados deste trabalho dialogam com a perspectiva de Honorato and Gonçalves (2022), que defendem métodos de avaliação capazes de identificar dificuldades reais enfrentadas pelos usuários. Conforme apontado pelos referidos autores, a aplicação isolada de boas práticas é insuficiente; requer-se um método organizado que permita avaliar, interpretar e agir sobre os problemas identificados. Nesse sentido, o processo proposto contribui ao estruturar tais práticas dentro do fluxo de desenvolvimento de *software*.

Os guias institucionais analisados, como o Guia de Boas Práticas para Acessibilidade Digital (CGI.BR, 2023) e o Guia de Acessibilidade Digital para Marcas Diversas e Inclusivas (CGI.BR, 2022a), enfatizam a relevância de considerar a acessibilidade desde o planejamento até o monitoramento. Os resultados obtidos confirmam essa premissa, demonstrando que a ausência de um processo governado compromete a efetividade das ferramentas, ainda que estas sejam tecnicamente robustas.

Em suma, conclui-se que a promoção da acessibilidade digital depende não apenas da disponibilidade de normas e ferramentas, mas de sua incorporação intrínseca à cultura de desenvolvimento. Em consonância com Bi et al. (2022), este trabalho reforça que a acessibilidade só se torna efetiva quando tratada como parte integrante da Engenharia de Software, exigindo compromisso técnico e metodológico das equipes.

6.1 CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

A principal contribuição deste trabalho reside na proposição de um **processo estruturado de avaliação de acessibilidade** integrado ao ciclo de desenvolvimento Web, com etapas claras de verificação e o uso de análise automatizada em *pull requests*. Diferentemente de abordagens que apresentam apenas ferramentas isoladas, esta pesquisa enfatiza a organização das práticas em um fluxo contínuo, o que eleva a probabilidade de tratamento das inconformidades durante a codificação.

6.2 AMEAÇAS À VALIDADE E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O presente estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados, configurando-se como ameaças à validade detalhadas a seguir:

- **Validade Externa (Generalização):** A pesquisa foi conduzida em ambiente acadêmico com amostra restrita de repositórios, o que limita a generalização para o contexto industrial, onde pressões de mercado e padrões operacionais diferem. A escassez de repositórios públicos externos que permitissem a visualização do *AccessLint* em funcionamento dificultou a ampliação da amostra.
- **Validade de Construção (Motivação):** Observou-se um risco relacionado à priorização das tarefas pelos participantes. Pela ausência de interferência coercitiva na rotina, a execução das correções propostas pode não ter recebido a mesma prioridade de um cenário de produção real, afetando os resultados finais.
- **Limitação de Execução Metodológica:** O estudo enfrentou uma interrupção precoce no ciclo de avaliação. O não cumprimento das correções sugeridas na Etapa 2 agiu como um fator limitante, impedindo a coleta de dados sobre a eficácia das inspeções manuais e dos testes com leitores de tela planejados para as fases finais.

Como continuidade desta pesquisa, sugere-se:

- Aplicar o processo em repositórios de projetos com manutenção ativa e equipes de maior porte;
- Complementar a avaliação automatizada com testes manuais e testes de usabilidade com usuários com deficiência visual;
- Definir critérios de aceite (*gates* de acessibilidade) que impeçam o *merge* em caso de falhas críticas, ou seja, obrigando a ação de correção;
- Ampliar o processo para contemplar outros perfis de deficiência e critérios específicos da WCAG.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050: Acessibilidade de Pessoas Portadoras de Deficiências a Edificações, Espaço, Mobiliário e Equipamento Urbanos. Norma Técnica, 1994.

Simone Diniz Junqueira Barbosa and Bruno Santana da Silva. *Interação Humano-Computador*. Série SBC, Sociedade Brasileira de Computação. Elsevier, Rio de Janeiro, 2010. ISBN 978-85-352-3418-.

R. L. Baskerville. Investigating information systems with action research. *Communications of the Association for Information Systems*, 2(1):19, 1999.

Tingting Bi, Xiaofeng Wang, Peng Liang, and Tomás Cruz. Accessibility in software practice: A practitioner’s perspective. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, 31(2):1–26, 2022. doi: 10.1145/3503508. Accessed on: October 15, 2025.

G. Brajnik. The role of accessibility in a universal web. *Proceedings of the 11th Web for All Conference*, 2014. doi: 10.1145/2596695.2596719. URL <https://doi.org/10.1145/2596695.2596719>.

BRASIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nº 10.048, de 8 de novembro de 2000, e nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, 2004. URL https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acesso em: 10 set. 2024.

Brasil. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm, 2015. Acesso em: 4 jun. 2023.

CGI.BR. Plataforma do ceWeb.br avalia a acessibilidade digital em mais de 300 mil páginas web do governo brasileiro, jun 2022a. URL <https://www.cgi.br/noticia/releases/plataforma-do-ceWeb-br-avalia-a-acessibilidade-digital-em-mais-de-300-mil-paginas-> Acessado em 1 de outubro de 2023.

CGI.BR. Internet no brasil atinge pior nível de acessibilidade digital, set 2022b. URL <https://www.nic.br/noticia/na-midia/internet-brasileira-atinge-pior-nivel-de-acessibilidade-digital/>. Acessado em 2 de outubro de 2023.

CGI.BR. Nic.br lança guia de acessibilidade digital em iniciativa conjunta com governo brasileiro e embaixada britânica, set 2023. URL <https://cgi.br/noticia/releases/>

nic-br-lanca-guia-de-acessibilidade-digital-em-iniciativa-conjunta-com-governo-bras
Acessado em 1 de outubro de 2023.

Virgínia Carvalho Chalegre and Silvio Romero de Lemos Meira. Uma metodologia de teste de acessibilidade para usuários cegos em ambientes web, 2011.

Carla Viana Dendasck. A pesquisa-ação e as suas contribuições para a ciência metodológica: aspectos gerais. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 11(11):118–135, novembro 2021. ISSN 2448-0959. doi: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/a-ciencia-metodologica. URL <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/a-ciencia-metodologica>.

eMAG. emag – modelo de acessibilidade em governo eletrônico versão 3.1, 2014. URL <http://emag.governoeletronico.gov.br/>. Acessado em 04 de Junho de 2023.

ePWG. epwg – padrões web em governo eletrônico, 2010. URL <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-digital/padroes-Web-em-governo-eletronico>. Acessado em 04 de Junho de 2023.

Willian Ferlin, Avanilde Kemczinski, Isabela Gasparini, Maria do Carmo, and Duarte Freitas. Uma ferramenta para avaliação de ambientes e-learning quanto aos aspectos da acessibilidade visual. *XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2008.

R. Ferraz. *Acessibilidade na Web: Boas práticas para construir sites e aplicações acessíveis*. Casa do Código, 2020. ISBN 9786586110166. URL <https://books.google.com.br/books?id=pCbhDwAAQBAJ>.

Fundação Getulio Vargas (FGV). Uso de ti no brasil: País tem mais de dois dispositivos digitais por habitante, revela pesquisa, 2023. URL <https://mwpt.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Guia-de-acessibilidade-digital-WPT-e-Google.pdf>.

Taynar Sousa Gomes, Reinaldo César de M. Gomes, and Luciana de Q. L. Gomes. Critérios para avaliação de softwares educacionais voltados para pessoas com deficiência visual. In *Anais do VI Congresso sobre Tecnologias na Educação (CTRL+E)*, pages 235–244. Sociedade Brasileira de Computação, 2021.

Gov. Governo digital. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-digital>, 2023. Acessado em 04 de Junho de 2023.

S. J. Grundy. Three modes of action research. *Curriculum Perspectives*, 2(3):23–34, 1982. URL <https://stars.library.ucf.edu/cirs/1665/>.

Samuel Dantas Honorato and Aieser Ferreira Gonçalves. Método de avaliação de usabilidade e acessibilidade para inclusão digital de pessoas com deficiência visual. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/19700/1/METODOS_

DE_AVALIACAO_DE_USABILIDADE_E_ACESSIBILIDADE_PARA_INCLUSAO_DIGITAL_DE_PESSOAS_COM_DEFICIENCIA_VISUAL.pdf, 2022. Acesso em: 4 jun. 2023.

IBGE. Pessoas com deficiência. <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>, 2017. Acesso em: 03 Set. 2023.

IBGE. Censo 2022: Brasil tem 14,4 milhões de pessoas com deficiência, 05 2025. URL <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/43463-censo-2022-brasil-tem-14-4-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia>. Acesso em: 22 02 2026.

International Organization for Standardization. *ISO 9241-210:2010: Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*. International Organization for Standardization, Geneva, 2010.

J. Jones. *Modern HTML & CSS*. TechPress, New York, 2019.

M. S. Koerich and outros. Pesquisa-ação: ferramenta metodológica para a pesquisa qualitativa. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, 11(3):717–723, 2009.

A. R. J. Nicholl. O ambiente que promove a inclusão: conceitos de acessibilidade e usabilidade. *Revista Assentamentos Humanos*, 3(2):49–60, 2001.

J. Nielsen. *Usability Inspection Methods*. Nielsen Norman Group, New York, 1994a. URL <https://www.nngroup.com/books/usability-inspection-methods/>.

J. Nielsen. *Usability Engineering*. Interactive Technologies. Elsevier Science, 1994b. ISBN 9780125184069. URL <https://books.google.com.br/books?id=95As20F67f0C>.

World Health Organization et al. *World report on disability*. World Health Organization, 2011.

Ana Paula Heck Paludo. Interação humano-computador: construção de sites com acessibilidade para pessoas com deficiência visual, 2015. URL <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13384>.

Marcos Prates and Daniel Fernandes. *Interação Humano-Computador: princípios e práticas*. Novatec Editora, 2017.

A. L. B. M. Ramos and A. E. V. B. Dantas. Internet para todos: uma abordagem metodológica para avaliação multidimensional da acessibilidade web. *Revista Mangaio Acadêmico*, 2(1):1–11, 2017.

- F. Ricca and P. Tonella. Analysis and testing of web applications. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering*, pages 25–34. IEEE, 2001. URL <https://dl.acm.org/doi/10.5555/381473.381476>.
- Andréa dos Santos RODRIGUES, Guido Lemos de SOUZA FILHO, and José Antônio BORGES. Acessibilidade na internet para deficientes visuais, 2010. URL <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/textos/guido.doc>.
- Ian Somerville. *Software Engineering - 9th edition*. Addison-Wesley, Massachusetts, 2011.
- G. I. Susman and R. D. Evered. An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly*, 1:582–603, 1978.
- Deque Systems. Axe® accessibility testing tools. <https://www.deque.com/axe/>, 2023. URL <https://www.deque.com/axe/>. Data de Acesso: 01 de outubro de 2023.
- Eduardo Hideki Tanaka. *Metodo baseado em heurísticas para avaliação de acessibilidade em sistemas de informação*. PhD thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2009. URL <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1611532>. Tese (Doutorado) - Instituto de Computação.
- Web Accessibility Initiative. Web accessibility initiative (wai), 2023. URL <https://www.w3.org/WAI/>. Acessado em 6 de outubro de 2023.
- Web para Todos and Google. Guia de acessibilidade digital para marcas diversas e inclusivas, 2022. URL <https://mwpt.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Guia-de-acessibilidade-digital-WPT-e-Google.pdf>.
- World Health Organization (WHO) Team. *World Report on Vision*. World Health Organization, Geneva, October 8 2019. ISBN 978-92-4-151657-0.
- World Wide Web Consortium. Web accessibility evaluation tools list. <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>, 2023. URL <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>.
- World Wide Web Consortium (W3C). *Html5: A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML*, 2014. URL <https://www.w3.org/TR/html5/>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- World Wide Web Consortium (W3C). *Web content accessibility guidelines (wcag) 2.1*. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>, 2018. W3C Recommendation. Acesso em: 13 fev. 2026.
- World Wide Web Consortium (W3C). *Alt text*, 2019. URL <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/quickref/#text-alternatives>. Acesso em: 14 ago. 2024.

World Wide Web Consortium (W3C). Accessible rich internet applications (aria), 2020a. URL <https://www.w3.org/TR/wai-aria/>. Accessed: 2024-08-14.

World Wide Web Consortium (W3C). Forms, 2020b. URL <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/quickref/#forms>. Acesso em: 14 ago. 2024.

J. Zeldman. *Designing with Web Standards*. A Book Apart, San Francisco, 2017.