



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

**Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Departamento de Computação e Sistemas**

**Análise Comparativa de Ferramentas
Automatizadas de Avaliação de
Acessibilidade *Web* baseadas nas
WCAG 2.2**

Matheus Silva Corradi

**TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO**

ORIENTAÇÃO:
Lucinéia Souza Maia

**Julho, 2026
João Monlevade—MG**

Matheus Silva Corradi

**Análise Comparativa de Ferramentas
Automatizadas de Avaliação de Acessibilidade
Web baseadas nas WCAG 2.2**

Orientador: Lucinéia Souza Maia

Monografia apresentada ao curso de Sistemas de Informação do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para aprovação na Disciplina “Trabalho de Conclusão de Curso II”.

Universidade Federal de Ouro Preto

João Monlevade

Julho de 2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C823a Corradi, Matheus Silva.

Análise comparativa de ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade web baseadas nas WCAG 2.2. [manuscrito] / Matheus Silva Corradi. - 2026.

60 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Lucinéia Souza Maia.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Sistemas de Informação .

1. Heurística - Avaliação. 2. Interação humano-computador - Avaliação. 3. Sites da Web - Acessibilidade. 4. Universidades e faculdades - Brasil - Sistemas de informação. I. Maia, Lucinéia Souza. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 004.738.5:004.5

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6/2431



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO E SISTEMAS



FOLHA DE APROVAÇÃO

Matheus Silva Corradi

Análise Comparativa de Ferramentas Automatizadas de Avaliação de Acessibilidade Web baseadas nas WCAG 2.2

Monografia apresentada ao Curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada em 28 de julho de 2026.

Membros da banca

Professora Doutora Lucinéia Souza Maia - Orientadora - Departamento de Computação e Sistemas - UFOP
Professor Doutor Fernando Bernardes de Oliveira - Departamento de Computação e Sistemas - UFOP
Professora Doutora Gilda Aparecida de Assis - Departamento de Computação e Sistemas - UFOP

Lucinéia Souza Maia, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 24 de agosto de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Lucineia Souza Maia, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/08/2026, às 17:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1173705** e o código CRC **ED06AE65**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.010219/2026-51

SEI nº 1173705

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: (31)3808-0819 - www.ufop.br

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais, irmãos e amigos

Agradecimentos

Gostaria de dedicar estas palavras a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para minha trajetória acadêmica. Cada gesto de apoio, incentivo e compreensão foi essencial para que eu chegasse até aqui, e sou profundamente grato por isso.

Ao meu pai, minha eterna admiração e agradecimento. Sua dedicação inabalável e seus incontáveis sacrifícios foram fundamentais para minha formação, não apenas como estudante, mas como ser humano. Seu exemplo de força e resiliência me ensinou que a determinação supera qualquer obstáculo.

À minha mãe, cujo amor e paciência foram meu alicerce em todos os momentos. Sua presença constante e suas palavras de encorajamento me deram forças para seguir em frente, mesmo diante dos desafios. Você sempre acreditou em mim, mesmo quando eu duvidei de mim mesmo, e por isso, minha gratidão será eterna.

Aos meus irmãos, que sempre foi uma fonte de apoio e motivação. Minha jornada acadêmica foi, em grande parte, impulsionada pelo desejo de ser um bom exemplo para você. Sua confiança em mim e nossa conexão são tesouros que levarei para a vida toda.

À minha noiva, Thais, merece um agradecimento especial. Seu apoio incondicional, sua paciência e seu amor tornaram cada desafio mais leve e cada conquista ainda mais especial. Nos momentos difíceis, sua presença foi meu refúgio, sempre me incentivando e acreditando em mim, mesmo quando eu duvidava. Ter você ao meu lado fez toda a diferença nessa jornada, e sou imensamente grato por cada gesto de carinho, cada palavra de encorajamento e por todo o amor que compartilhamos. Essa vitória também é sua.

À professora Lucinéia, minha orientadora, meu mais sincero reconhecimento. Seu conhecimento, paciência e comprometimento foram essenciais para o desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso. Obrigado por acreditar no meu potencial e por me guiar com tanta dedicação.

E, por fim, à minha república, Piscina Churrasco e Cerveja, minha segunda família nesses anos de faculdade. A convivência, as histórias e os momentos inesquecíveis vividos ao lado de vocês tornaram essa experiência ainda mais enriquecedora. João Monlevade se tornou lar graças a vocês, e sou imensamente grato por isso.

Aos avaliadores que dedicaram seu tempo à inspeção heurística deste trabalho, Nicole da Silva Pedrosa, Thaís Souto, Vivian Cristina, Filipe Nunes, Saulo Henrique, Nicolas de Oliveira e Caio Felício de Souza, meu sincero agradecimento pela disponibilidade e pelo cuidado dedicado a cada avaliação.

A todos que fizeram parte dessa caminhada, meu sincero obrigado. Levo cada

aprendizado e cada memória com carinho, certo de que essa jornada foi ainda mais especial por ter sido compartilhada com vocês.

“Uma vida sem desafios não vale a pena ser vivida.”

— *Sócrates*

Resumo

Ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade *Web* são amplamente utilizadas para verificar a conformidade de *sites* com as diretrizes WCAG, mas divergem entre si quanto aos resultados que produzem e à experiência de uso que oferecem. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa de ferramentas gratuitas e *online* de avaliação automatizada de acessibilidade *Web*: WAVE, Skynet Technologies Accessibility Checker e AccessibilityChecker.org. Para isso, conduziu-se um estudo de caso estruturado em quatro etapas (Definição, Planejamento, Operação e Análise), aplicado a quatro páginas do domínio da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) com perfis heterogêneos quanto aos tipos de elementos que as compõem, como formulários, imagens, *links* e menus de navegação. Três objetivos específicos orientaram o trabalho: aplicar as ferramentas a cada página, registrando os resultados obtidos; contrastar esses resultados para uma mesma página; e comparar a usabilidade das ferramentas por meio de avaliação heurística, com base nas dez heurísticas de Nielsen. Os resultados indicam que os valores reportados divergem substancialmente entre ferramentas e entre páginas, e que todas apresentam problemas de usabilidade de naturezas distintas, incluindo inconsistências internas de severidade catastrófica em duas delas. Conclui-se que as ferramentas avaliadas não se distinguem por uma hierarquia de qualidade, e que a escolha entre elas deve considerar qual limitação é mais tolerável para o contexto de uso pretendido. Como contribuição, este trabalho oferece um método replicável de comparação, extensível a outras ferramentas e a versões futuras das diretrizes de acessibilidade.

Palavras-chaves: Acessibilidade *Web*. WCAG 2.2. Ferramentas automatizadas de avaliação. Avaliação heurística. Usabilidade.

Abstract

Automated Web accessibility evaluation tools are widely used to verify the conformance of sites with the WCAG guidelines, but they diverge from one another regarding the results they produce and the user experience they offer. In this context, this work aims to carry out a comparative analysis of free and online automated Web accessibility evaluation tools: WAVE, Skynet Technologies Accessibility Checker, and AccessibilityChecker.org. To this end, a case study was conducted, structured in four stages (Definition, Planning, Operation, and Analysis), applied to four pages within the domain of the Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) with heterogeneous profiles regarding the types of elements that compose them, such as forms, images, links, and navigation menus. Three specific objectives guided the work: applying the tools to each page and recording the results obtained; contrasting these results for the same page; and comparing the usability of the tools through a heuristic evaluation, based on Nielsen's ten heuristics. The results indicate that the values reported diverge substantially between tools and between pages, and that all of them present usability problems of different natures, including internal inconsistencies of catastrophic severity in two of them. It is concluded that the evaluated tools are not distinguished by a quality hierarchy, and that the choice between them should consider which limitation is more tolerable for the intended context of use. As a contribution, this work offers a replicable comparison method, extensible to other tools and to future versions of the accessibility guidelines.

Key-words: *Digital accessibility. WCAG 2.2. Automated evaluation tools. Heuristic evaluation. Usability.*

Lista de ilustrações

Figura 1 – Delineamento da Metodologia.	16
Figura 2 – Tela Inicial do WAVE.	28
Figura 3 – Exemplo de resultado da avaliação no WAVE.	29
Figura 4 – Tela Inicial da <i>Skynet Technologies Accessibility Checker</i>	29
Figura 5 – Exemplo de resultado da avaliação no <i>Skynet Technologies Accessibility Checker</i>	30
Figura 6 – Tela Inicial da <i>AccessibilityChecker.org</i>	30
Figura 7 – Exemplo de resultado da avaliação no <i>AccessibilityChecker.org</i>	31
Figura 8 – Página de atendimento à imprensa	32
Figura 9 – O Organograma da UFOP	33
Figura 10 – Página de autenticação	34
Figura 11 – Página do Colegiado de Sistemas de Informação (COSI)	35
Figura 12 – Número de erros reportados por ferramenta, por página avaliada.	44
Figura 13 – Ocorrências de heurísticas violadas, por ferramenta.	46
Figura 14 – Distribuição das respostas por grau de severidade, por ferramenta.	48

Lista de Quadros

Figura 1 – Páginas selecionadas para avaliação e seus perfis de conteúdo.	35
Figura 2 – Modelo de registro dos resultados por página.	36
Figura 3 – Dez heurísticas de usabilidade de Nielsen.	38
Figura 4 – Resultados da avaliação da página de atendimento à imprensa.	40
Figura 5 – Resultados da avaliação da página do organograma da PROPLAF. . .	41
Figura 6 – Resultados da avaliação da página de autenticação.	41
Figura 7 – Resultados da avaliação da página do Colegiado de Sistemas de Infor- mação (COSI).	41
Figura 8 – Ocorrências de heurísticas violadas, por ferramenta.	42
Figura 9 – Distribuição das respostas por grau de severidade, por ferramenta. . . .	43
Figura 10 – Distribuição dos avaliadores por ferramenta.	43
Figura 11 – Severidade média das respostas, por ferramenta.	49

Lista de abreviaturas e siglas

COSI Colegiado do Curso de Sistemas de Informação

CSS Cascading Style Sheets

UFOP Universidade Federal de Ouro Preto

URL *Uniform Resource Locator*

W3C *World Wide Web Consortium*

WAI *Web Accessibility Initiative*

WCAG *Web Content Accessibility Guidelines*

Sumário

	Lista de Quadros	9
1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa/problema	14
1.2	Objetivos	15
1.3	Metodologia	15
1.4	Organização do trabalho	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Acessibilidade Web	19
2.1.1	WCAG - Web Content Accessibility Guidelines	20
2.2	Ferramentas de avaliação de acessibilidade Web	21
2.3	Usabilidade	22
2.3.1	Avaliação Heurística	23
3	TRABALHOS RELACIONADOS	25
4	DESENVOLVIMENTO	27
4.1	Definição	27
4.1.1	Objeto de estudo: as ferramentas	27
4.1.2	Ferramentas selecionadas neste estudo	27
4.1.3	Páginas avaliadas	31
4.2	Planejamento	35
4.2.1	Protocolo de aplicação das ferramentas	36
4.2.2	Protocolo de comparação de resultados	36
4.2.3	Protocolo de avaliação de usabilidade	37
4.3	Operação	39
4.3.1	Avaliações de acessibilidade	39
4.3.2	Avaliação de usabilidade	42
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	44
5.1	Consistência dos resultados entre ferramentas	44
5.2	Usabilidade das ferramentas	46
6	CONCLUSÃO	50
7	TRABALHOS FUTUROS	52

REFERÊNCIAS	53
APÊNDICES	56
APÊNDICE A – ROTEIRO DE TAREFAS	57
APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE REGISTRO DE PROBLEMAS DE USABILIDADE	59

1 Introdução

A acessibilidade *Web* interessa-se em possibilitar a condição de alcance de todos os usuários da *Internet* aos conteúdos que ela oferece. Desse modo, ao oferecer conteúdos acessíveis na *Web*, é possível para todos os usuários perceber, entender, navegar e interagir com a *Web* (W3C, 2018). No entanto, garantir que uma interface atenda plenamente a esses requisitos de interação exige processos de verificação. É nesse cenário que o diagnóstico de barreiras digitais se torna indispensável, servindo como a ponte entre as diretrizes teóricas de inclusão e a sua aplicação prática no desenvolvimento de sistemas. Assim, para mensurar o nível de conformidade de uma página e identificar falhas de acessibilidade, recorre-se a métodos de avaliação de acessibilidade *Web*.

Avaliação de acessibilidade *Web* pode ser conduzida de duas formas complementares: automatizada e manual. As ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade *Web* verificam, de forma programática, se um *site* atende aos critérios estabelecidos pela diretriz adotada como referência, apontando os pontos de não conformidade e orientando os ajustes necessários para corrigi-los. (W3C, 2006) Já a avaliação manual, que pode ser realizada com um especialista em acessibilidade *Web* e/ou com usuários, emprega técnicas como validação multiplataforma do sistema, testando-o em navegadores de diferentes versões; teste do comportamento da página mediante a desativação de folhas de estilo Cascading Style Sheets (CSS) e *scripts JavaScript*; avaliação semântica do conteúdo considerando a ausência de elementos visuais, suprimindo o carregamento de imagens ou operando o sistema via navegadores em modo texto; uso de simuladores de tecnologias assistivas; testes de cores e validadores de marcação. (W3C, 2006) Além disto, um *checklist* com os critérios de alguma recomendação poderá ser feito para permear esta avaliação realizada pelo especialista em acessibilidade (MAIA, 2010). O *World Wide Web Consortium* (W3C) reconhece que uma avaliação completa e confiável de acessibilidade *Web* exige a combinação das duas abordagens, uma vez que nenhuma ferramenta automatizada é capaz de verificar todos os critérios de sucesso das *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) de forma isolada (FREIRE et al., 2008).

A avaliação com ferramentas automatizadas ocupa um papel central na prática de desenvolvimento *Web* acessível, pois permite identificar rapidamente um conjunto expressivo de problemas de acessibilidade sem a necessidade de conhecimento especializado aprofundado. Contudo, diferentes ferramentas automáticas podem apresentar resultados divergentes e inconsistentes quando aplicadas a um mesmo *site*, devido às diferenças em seus algoritmos de interpretação das diretrizes WCAG (ABOU-ZAHRA, 2005). Somado a essa variabilidade técnica, observa-se uma barreira prática: a escassez de profissionais com o perfil multidisciplinar necessário para conduzir avaliações manuais. A carência de

especialistas competentes para interpretar nuances de experiência do usuário e critérios subjetivos de acessibilidade sobrecarrega a dependência dos processos automatizados. Diante disso, compreender as capacidades e limitações de cada ferramenta torna-se essencial para que desenvolvedores, pesquisadores e criadores de conteúdo *Web* possam conduzir avaliações mais completas e fundamentadas (FREIRE et al., 2008).

1.1 Justificativa/problema

A avaliação automatizada de acessibilidade *Web* representa uma abordagem de baixo custo e alta praticidade para identificar problemas de conformidade com as diretrizes WCAG 2.2. Ao contrário de avaliações manuais conduzidas por especialistas, que demandam tempo e conhecimento técnico aprofundado, ferramentas automatizadas permitem que desenvolvedores e criadores de conteúdo realizem avaliações rápidas diretamente no navegador, sem a necessidade de configurações complexas. Essa facilidade torna a avaliação automatizada especialmente relevante em contextos com recursos limitados, como pequenas equipes de desenvolvimento, instituições públicas e projetos acadêmicos, em que a realização de avaliações manuais completas pode ser inviável (FREIRE et al., 2008).

A adoção de ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade contribui diretamente para a melhoria da qualidade dos *sites*, pois permite que erros sejam identificados e corrigidos de forma iterativa ao longo do processo de desenvolvimento (W3C, 2018). Ao apontar violações das diretrizes WCAG 2.2, como falta de foco no teclado, *links* sem propósito claro, ou problemas com redimensionamento de texto, essas ferramentas orientam desenvolvedores na adoção de boas práticas de acessibilidade, mesmo sem formação especializada na área. Desse modo, a avaliação com ferramentas automatizadas funciona como uma primeira linha de defesa contra barreiras de acessibilidade, tornando o processo de desenvolvimento e alinhado às exigências legais (SONZA et al., 2013).

Cada ferramenta adota um conjunto próprio de regras, critérios e métodos de detecção, o que resulta em diferenças tanto na quantidade quanto nos tipos de problemas identificados. Essa inconsistência representa um problema prático significativo: um *site* pode ser avaliado como adequadamente acessível por uma ferramenta e, ao mesmo tempo, apresentar diversas violações quando analisado por outra. Sem uma compreensão clara dessas divergências, desenvolvedores e pesquisadores podem tomar decisões equivocadas sobre o nível real de acessibilidade de um *site*, comprometendo a confiabilidade do processo de avaliação (FREIRE et al., 2008).

Além da divergência nos resultados, as ferramentas de avaliação de acessibilidade também diferem significativamente em termos de usabilidade. Aspectos como interface visual, clareza dos relatórios gerados e facilidade de uso para usuários não técnicos variam consideravelmente entre as ferramentas disponíveis. Uma ferramenta que gera

relatórios técnicos densos e de difícil interpretação pode ser pouco útil para gestores, *designers* ou criadores de conteúdo que não possuem formação em desenvolvimento *Web*. Essa disparidade de usabilidade influencia diretamente na adoção das ferramentas e, consequentemente, na qualidade das avaliações realizadas (ABASCAL et al., 2019). Diante disso, a seguinte questão foi colocada: como se comparam ferramentas gratuitas e *online* de avaliação automatizada de acessibilidade quanto à consistência dos resultados e à usabilidade de suas *interfaces* e relatórios?

1.2 Objetivos

O objetivo geral desse Trabalho de Conclusão de Curso é: realizar uma análise comparativa de ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade *Web*.

Os objetivos específicos são:

- (1) Aplicar as ferramentas selecionadas a cada uma das quatro páginas definidas, registrando os erros, alertas, verificações manuais e pontuações reportados.
- (2) Contrastar os resultados para uma mesma página avaliada.
- (3) Comparar a usabilidade das ferramentas selecionadas por meio de avaliação heurística.

1.3 Metodologia

Este trabalho caracteriza-se, como uma pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimentos direcionados à solução de um problema específico (PRODANOV; FREITAS, 2013): a ausência de uma análise comparativa sistematizada entre ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade *Web*. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, uma vez que visa proporcionar maior familiaridade com o tema. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa exploratória assume, em geral, as formas de pesquisa bibliográfica e estudo de caso, o que se aplica diretamente à condução deste trabalho.

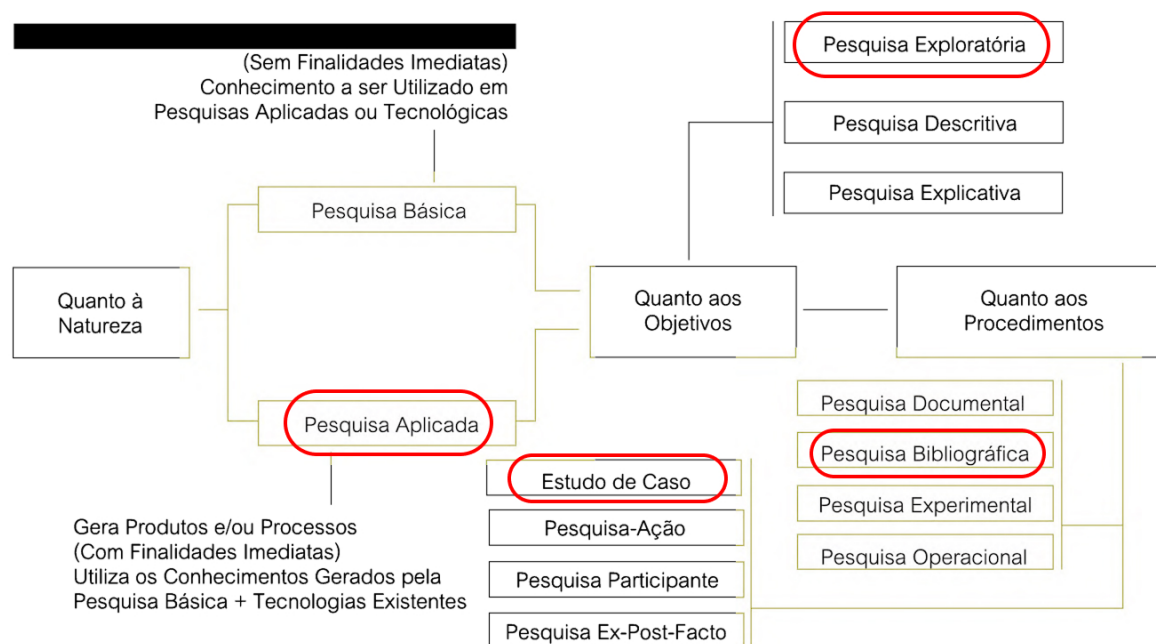
A pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho tem como objetivo fundamentar teoricamente a análise comparativa proposta; assim, foram levantados e analisados materiais já publicados sobre acessibilidade *Web*, diretrizes WCAG 2.2 e ferramentas automatizadas de avaliação. Já o estudo de caso, no contexto deste trabalho, consiste na aplicação das ferramentas selecionadas sobre um conjunto de páginas *Web* previamente definido, permitindo a coleta, o registro e a comparação sistemática dos dados gerados por cada ferramenta.

O desenvolvimento deste estudo de caso seguirá o Processo de Experimentação proposto por Wohlin et al. (2005), adaptado para o contexto de estudo de caso. Esse

processo é organizado em quatro etapas: (1) Definição, na qual são especificados os objetos de estudo e os *sites* que serão utilizados como base para a avaliação; (2) Planejamento, em que são definidos os protocolos de aplicação das ferramentas, de comparação dos resultados e de avaliação da usabilidade; (3) Operação, correspondente à aplicação das ferramentas nos *sites* selecionados e ao registro dos resultados; e (4) Análise, etapa em que os dados coletados são interpretados e confrontados para responder à questão de pesquisa.

A Figura 1 apresenta o delineamento da metodologia.

Figura 1 – Delineamento da Metodologia.



Fonte: adaptada de (PRODANOV; FREITAS, 2013)

O universo deste trabalho compreende as ferramentas de avaliação de acessibilidade Web listadas pelo W3C no seu repositório oficial <<https://www.w3.org/WAI/test-evaluate/tools/list/>>, totalizando 119 ferramentas disponíveis no momento da coleta (14/05/2026). Para a definição da amostra, foram aplicados quatro filtros sucessivos: (1) idioma — inglês e português, garantindo que o idioma não represente uma barreira técnica na interpretação dos resultados pelo avaliador; (2) custo e tipo — foram selecionadas as ferramentas gratuitas e do tipo *online*; (3) conformidade com as diretrizes — suporte às WCAG 2.2, padrão de referência deste trabalho; e (4) critério qualitativo — seleção manual das ferramentas resultantes.

Ao final desse processo, a amostra consiste em 4 ferramentas: WAVE¹, SKYNET

¹ WAVE. WAVE Web Accessibility Evaluation Tools. 2026. Disponível em: <<https://wave.webaim.org/>>. Acesso em: 14 de mai. 2026.

TECHNOLOGIES², AccessibilityChecker.org³, TabNav⁴

Das ferramentas selecionadas nesta etapa, o TabNav não foi incorporado à análise comparativa: embora gratuito e funcional, ele libera apenas duas verificações por página a cada mês, o que inviabilizaria submeter as quatro páginas selecionadas dentro do cronograma de coleta previsto para este trabalho — tratando-se, portanto, de uma decisão de viabilidade, e não de uma exclusão por deficiência técnica da ferramenta. A análise comparativa apresentada nos capítulos seguintes considera, portanto, as ferramentas efetivamente aplicadas às páginas definidas na Seção 4.1.3.

Os testes foram conduzidos no navegador Google Chrome, em ambiente acadêmico da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Como insumos para o estudo de caso, optou-se por avaliar um conjunto de quatro páginas distintas do domínio institucional da UFOP, em vez de uma única página. Essa escolha decorre de dois fatores: Em primeiro lugar, a utilização de páginas com perfis funcionais e estruturais heterogêneos amplia a representatividade da avaliação, expondo as ferramentas a diferentes tipos de conteúdo e de elementos de interface, como formulários, imagens, *links*, menus de navegação e estruturas textuais. Em segundo lugar, a avaliação de múltiplas páginas é determinante para o segundo objetivo específico deste trabalho, pois permite verificar se as eventuais divergências entre as ferramentas se mantêm consistentes ou variam conforme o perfil da página analisada (FREIRE et al., 2008).

As páginas selecionadas foram: a página de atendimento à imprensa (<<https://ufop.br/comunicacao/atendimento-a-imprensa>>), estruturada em torno de um formulário de solicitação acompanhado de conteúdo textual; a página de organograma (<<https://prof.ufop.br/organograma>>), que reúne conteúdo de natureza estrutural e imagética, particularmente desafiador para a avaliação automatizada (VIGO; BROWN; CONWAY, 2013); a página de autenticação (<<https://www.ufop.br/autenticacao>>), escolhida por concentrar elementos de formulário e de entrada de dados; e a página do Colegiado de Sistemas de Informação (COSI) do DECSI (<<https://decsi.ufop.br/colegiado/cosi>>), que reúne conteúdo textual extenso organizado em listas e concentra grande volume de *links* e documentos, perfil representativo de páginas informativas institucionais.

1.4 Organização do trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

² SKYNET TECHNOLOGIES. 2026. Disponível em: <<https://www.skynettechnologies.com/accessibility-checker>>. Acesso em: 14 de mai. 2026.

³ AccessibilityChecker.org. 2026. Disponível em: <<https://www.accessibilitychecker.org/>>. Acesso em: 14 de mai. 2026.

⁴ TabNav. 2026. Disponível em: <<https://tabnav.com/accessibility-checker>>. Acesso em: 14 de mai. 2026.

O Capítulo 1 apresenta a contextualização do problema, a justificativa, os objetivos e a metodologia adotada para a condução do estudo.

O Capítulo 2 estabelece a fundamentação teórica do trabalho, abordando os conceitos de acessibilidade digital, as diretrizes WCAG 2.2, as ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade *web* selecionadas para o estudo e os princípios de usabilidade e avaliação heurística.

O Capítulo 3 apresenta os trabalhos relacionados, discutindo estudos similares e posicionando a contribuição deste trabalho em relação à literatura existente.

O Capítulo 4 descreve o desenvolvimento do estudo de caso, detalhando o protocolo de aplicação das ferramentas e os procedimentos de coleta de dados.

O Capítulo 5 apresenta e discute os resultados obtidos a partir da comparação entre as ferramentas avaliadas.

O Capítulo 6 expõe as conclusões do trabalho, organizadas segundo o problema, o objetivo geral e os objetivos específicos, aponta direções para trabalhos futuros, decorrentes das limitações identificadas.

2 Fundamentação Teórica

Este capítulo tem por objetivo estabelecer uma base para o contexto do trabalho e está organizada em quatro seções. A primeira seção aborda o conceito de acessibilidade *Web*, discutindo sua relação com a usabilidade e as principais barreiras de acesso enfrentadas por diferentes perfis de usuários. A segunda seção trata dos padrões de acessibilidade *Web* propostos pelo *World Wide Web Consortium* (W3C), com ênfase na *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG). Já a terceira seção apresenta as ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade *Web*, destacando as ferramentas selecionadas para o estudo realizado neste trabalho. Por fim, a seção quatro aborda a usabilidade e explica sobre o método de avaliação Heurística, que será usado com especialistas da área.

2.1 Acessibilidade *Web*

A acessibilidade digital consiste na eliminação de barreiras que impedem ou dificultam o acesso de pessoas com diferentes perfis a conteúdos, serviços e tecnologias disponíveis em ambientes digitais (BRASIL, 2024). Nesse contexto, trata-se de assegurar que interfaces, sistemas e aplicações sejam projetados para múltiplos dispositivos de uso geral, como computadores, smartphones e tablets, permitindo que todas as pessoas possam perceber, compreender, navegar e interagir de forma efetiva com as informações disponíveis. A literatura destaca que a acessibilidade digital está intrinsecamente ligada à inclusão social, na medida em que possibilita a participação de indivíduos com diferentes tipos de deficiência, limitações temporárias ou restrições socioculturais em atividades cotidianas mediadas pela tecnologia, como educação, trabalho, serviços públicos e consumo (SONZA et al., 2013). Contudo, embora o ecossistema digital abranja uma vasta gama de plataformas e ecossistemas de *hardware*, este trabalho delimita seu escopo na acessibilidade *Web*, concentrando-se nos critérios e diretrizes que regem as páginas e aplicações estruturadas para a rede mundial de computadores.

A acessibilidade *Web* permite reunir diferentes necessidades, preferências e situações do usuário (W3C, 2018), diminuindo barreiras que impedem o acesso das pessoas ao conteúdo *Web*, além de adequar o *site* às leis e regulamentações de acessibilidade *Web* e aumentar a sua audiência (PADDISON; ENGLEFIELD, 2002).

Entre as principais recomendações de acessibilidade publicadas pelo W3C destaca-se as *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG). Atualmente na versão 2.2, definem um conjunto de diretrizes e critérios de sucesso organizados em princípios e níveis de conformidade, que funcionam como base para avaliação e certificação da acessibilidade de páginas e aplicações (W3C, 2023).

2.1.1 WCAG - *Web Content Accessibility Guidelines*

Em 1997, o W3C criou a *Web Accessibility Initiative* (WAI) com o objetivo de supervisionar e ampliar a conscientização sobre acessibilidade na *web*, garantindo que esse tema fosse considerado no desenvolvimento de padrões de tecnologia e de ferramentas *web* (SLOAN, 2006). Nesse contexto, a WAI passou a coordenar grupos de trabalho responsáveis por elaborar diretrizes técnicas, recomendações e recursos de apoio voltados à remoção de barreiras de acesso para pessoas com deficiência na *Web*, em colaboração com empresas, organizações de pessoas com deficiência, pesquisadores e representantes de governos (W3C, 2024). Entre os resultados mais relevantes desse esforço está a publicação, em 1999, da primeira versão da WCAG 1.0, que passou a servir como referência para a promoção da acessibilidade de conteúdos *web* e fundamentou as versões posteriores da família WCAG adotadas por normas e ferramentas de avaliação em todo o mundo (W3C, 2018).

Após a publicação da WCAG 1.0, em 1999, o W3C lançou versões subsequentes da próxima geração da família, incluindo a WCAG 2.0 em 2008, a WCAG 2.1 em 2018 e a WCAG 2.2 em 2023, mantendo compatibilidade entre as versões e ampliando gradualmente o conjunto de critérios de sucesso (W3C, 2018; W3C, 2023). Mais recentemente, o W3C tem desenvolvido a WCAG 3.0, ainda em fase de elaboração, que propõe um novo modelo de estrutura e de avaliação da acessibilidade digital, com foco ampliado em diferentes tipos de conteúdo, dispositivos e necessidades de usuários (W3C, 2026).

Independentemente da versão, as WCAG mantêm uma mesma estrutura interna, organizada em torno de quatro princípios fundamentais, segundo os quais o conteúdo *web* deve ser perceptível, operável, compreensível e robusto (W3C, 2023). Cada princípio desdobra-se em diretrizes, que estabelecem objetivos gerais de acessibilidade, e cada diretriz, por sua vez, é detalhada em critérios de sucesso enunciados testáveis, como o critério 1.4.3 (*Contrast Minimum*), que permitem verificar objetivamente se o conteúdo atende à recomendação.

A cada critério de sucesso associa-se um dos três níveis de conformidade, que se relacionam de forma cumulativa quanto ao impacto sobre o acesso ao conteúdo *Web*: o nível A reúne os critérios cuja não implementação pode impossibilitar o acesso ao conteúdo para alguns usuários; o nível AA acrescenta-se ao nível A e reúne critérios cuja ausência pode dificultar esse acesso, de modo que uma página em conformidade com o nível AA deve satisfazer também todos os critérios do nível A; e o nível AAA, o mais abrangente, exige a satisfação cumulativa dos critérios dos níveis A, AA e AAA Maia (2010).

Cabe observar que, neste trabalho, os critérios e níveis das WCAG são utilizados como referência para a análise das ferramentas, não constituindo, em si, objeto de aprofundamento; apresentam-se aqui apenas os elementos necessários à compreensão das avaliações realizadas.

2.2 Ferramentas de avaliação de acessibilidade Web

As ferramentas de avaliação de acessibilidade *web* analisam páginas e aplicações em busca de violações às diretrizes estabelecidas por padrões como a WCAG, mostrando os problemas identificados e sugestões de correção. Essas ferramentas podem ser oferecidas como extensões de navegador, serviços *on-line* ou bibliotecas integradas ao processo de desenvolvimento, permitindo verificar aspectos estruturais do código, contraste de cores, rotulagem de formulários, entre outros elementos que impactam a experiência de usuários com deficiência (FREIRE et al., 2008). O uso de validadores automáticos contribui para tornar a avaliação de acessibilidade mais rápida e sistemática, especialmente em *sites* com grande volume de páginas, ainda que seus resultados precisem ser complementados por inspeções manuais e testes com usuários reais (MAIA, 2010).

As ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade *web* podem ser classificadas segundo três dimensões principais: formato de entrega, nível de automação e escopo de análise.

Quanto ao formato de entrega, as ferramentas se apresentam como serviços *on-line*, extensões de navegador, aplicações *desktop* ou bibliotecas integradas ao processo de desenvolvimento (FREIRE et al., 2008). Ferramentas *online* dispensam instalação e permitem que qualquer usuário realize avaliações diretamente pelo navegador, mediante o fornecimento de uma *Uniform Resource Locator* (URL), o que as torna especialmente adequadas em contextos com recursos limitados, como pequenas equipes de desenvolvimento, instituições públicas e projetos acadêmicos (W3C, 2018). Extensões de navegador, por sua vez, operam integradas ao ambiente de desenvolvimento e permitem inspecionar páginas em tempo real, inclusive aquelas que exigem autenticação. Bibliotecas e ferramentas de linha de comando, voltadas à integração em *pipelines* de desenvolvimento contínuo, sendo mais adequadas a equipes com perfil técnico aprofundado.

Quanto ao nível de automação, as ferramentas se dividem em totalmente automatizadas, que analisam o código da página sem qualquer intervenção do avaliador, e semiautomatizadas, que combinam verificações automáticas com instruções de revisão manual para critérios que não podem ser avaliados computacionalmente (VIGO; BROWN; CONWAY, 2013). Neste trabalho, o foco recai sobre ferramentas totalmente automatizadas, por permitirem uma comparação objetiva e controlada entre os resultados gerados.

Quanto ao escopo de análise, as ferramentas podem avaliar uma única página por vez ou realizar varreduras em *sites* completos, percorrendo múltiplas páginas de forma automatizada. Essa distinção impacta diretamente o tempo de execução, a profundidade da avaliação e a comparabilidade dos resultados entre ferramentas distintas (FREIRE et al., 2008).

Apesar de sua utilidade prática, as ferramentas automatizadas apresentam limita-

ções inerentes ao seu funcionamento. A principal delas diz respeito à cobertura parcial dos critérios de sucesso das WCAG. [Vigo, Brown e Conway \(2013\)](#) identificaram que ferramentas automáticas são capazes de detectar entre 30% e 40% dos problemas de acessibilidade existentes em uma página, sendo incapazes de avaliar aspectos que dependem de julgamento humano.

Entre os critérios não verificáveis automaticamente estão a qualidade semântica do texto alternativo em imagens, uma ferramenta pode confirmar a existência do atributo *alt*, mas não avaliar se sua descrição é significativa; a lógica da ordem de leitura do conteúdo; a clareza da linguagem utilizada e a adequação de elementos interativos ao contexto de uso ([W3C, 2018](#)).

Outra limitação relevante é a ocorrência de falsos positivos e falsos negativos nos relatórios gerados. Falsos positivos correspondem a itens sinalizados como erro que, após inspeção manual, revelam-se acessíveis; falsos negativos são problemas reais que a ferramenta não detecta ([VIGO; BROWN; CONWAY, 2013](#)). Essa variabilidade é agravada pelo fato de que diferentes ferramentas adotam conjuntos distintos de regras e critérios para interpretar as diretrizes WCAG, o que pode gerar diagnósticos divergentes quando aplicadas a um mesmo site ([FREIRE et al., 2008](#)). Diante dessas limitações, o próprio W3C recomenda que a avaliação automatizada seja utilizada como ponto de partida, e não como método exclusivo, devendo ser complementada por inspeções manuais e testes com usuários reais ([W3C, 2018](#)).

2.3 Usabilidade

No desenvolvimento de sistemas *web*, acessibilidade e usabilidade são conceitos complementares que orientam a qualidade da interação entre usuários e interfaces digitais ([FREIRE et al., 2008](#)). A acessibilidade está relacionada à possibilidade de qualquer pessoa, independentemente de suas capacidades físicas, sensoriais, cognitivas ou socioculturais, acessar e utilizar conteúdos e serviços digitais sem barreiras injustificadas ([PACIELLO, 2000](#)). Nesse sentido, páginas e aplicações *web* acessíveis devem ser projetadas de modo que usuários com diferentes perfis consigam perceber as informações, operar os componentes de interface, compreender a navegação e interagir com o sistema de forma eficaz.

A usabilidade, por sua vez, diz respeito ao grau em que um sistema pode ser utilizado por usuários específicos para alcançar objetivos determinados com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso definido ([PUHRETMAIR; MIESENBERGER, 2005](#)). Em *interfaces web*, esse conceito envolve aspectos como facilidade de aprendizagem, previsibilidade de comportamento, consistência de elementos visuais e de navegação, além da redução de erros e frustrações durante a interação. Enquanto a acessibilidade enfatiza a eliminação de barreiras que impedem determinados grupos de usuários de acessar um

sistema, a usabilidade foca na qualidade da experiência de uso para todos que já conseguem acessá-lo (PUHRETMAIR; MIESENBERGER, 2005).

2.3.1 Avaliação Heurística

A avaliação heurística é um método de inspeção de usabilidade desenvolvido por Nielsen e Molich (1990), no qual especialistas examinam uma interface e julgam sua conformidade com um conjunto de princípios de usabilidade reconhecidos, denominados heurísticas. Diferentemente dos testes com usuários reais, que exigem recrutamento, planejamento e execução controlada, a avaliação heurística é conduzida por avaliadores com conhecimento em *design* de *interfaces* e interação humano-computador, o que a torna um método de baixo custo e alta praticidade para identificar problemas de usabilidade em estágios variados do ciclo de desenvolvimento (NIELSEN, 1994).

O método consiste, essencialmente, na inspeção individual de uma interface por cada avaliador, que percorre os fluxos de interação e registra os problemas observados, relacionando-os às heurísticas violadas. Recomenda-se que a avaliação seja conduzida por um grupo de três a cinco especialistas, uma vez que um único avaliador tende a identificar apenas uma fração dos problemas presentes. De acordo com Nielsen (1994), um avaliador individual detecta, em média, entre 35% e 40% dos problemas de usabilidade de uma interface; com três avaliadores, esse índice sobe para aproximadamente 60%, e com cinco, para cerca de 75%. A utilização de múltiplos avaliadores é, portanto, essencial para ampliar a cobertura da inspeção e reduzir vieses individuais (NIELSEN, 1992).

Em sua versão mais amplamente adotada, o método se organiza em torno das dez heurísticas propostas por Nielsen (1994), consolidadas a partir do trabalho original de Nielsen e Molich (1990) e revisadas com base em análises empíricas de centenas de problemas de usabilidade. São elas: (1) visibilidade do estado do sistema, princípio segundo o qual a interface deve manter o usuário informado sobre o que está ocorrendo, por meio de *feedback* adequado e em tempo oportuno; (2) correspondência entre o sistema e o mundo real, que determina que a linguagem utilizada deve ser familiar ao usuário, adotando palavras, frases e conceitos do cotidiano, em vez de termos técnicos internos ao sistema; (3) controle e liberdade do usuário, que prevê a disponibilização de saídas claramente sinalizadas para desfazer ações realizadas por engano; (4) consistência e padrões, que estabelece que os usuários não devam ser obrigados a inferir se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa; (5) prevenção de erros, que prioriza o *design* cuidadoso capaz de evitar a ocorrência de erros antes de exibir mensagens de aviso; (6) reconhecimento em vez de memorização, que recomenda a minimização da carga cognitiva do usuário, tornando objetos, ações e opções visíveis no próprio contexto de uso; (7) flexibilidade e eficiência de uso, que defende a disponibilização de atalhos para usuários experientes sem prejudicar a experiência de iniciantes; (8) estética e *design* minimalista, que

orienta a exclusão de informações irrelevantes ou raramente necessárias, pois cada unidade adicional de conteúdo compete com as demais por atenção; (9) ajuda ao reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros, que exige que as mensagens de erro sejam expressas em linguagem simples, indiquem precisamente o problema e sugiram uma solução; e (10) ajuda e documentação, que recomenda a disponibilização de material de suporte facilmente acessível e direcionado às tarefas do usuário (NIELSEN, 1994).

Para além das heurísticas em si, o processo de avaliação heurística segue uma estrutura definida Nielsen (1994). Na etapa de preparação, são delimitados o escopo da avaliação, as tarefas que serão percorridas pelos avaliadores e o perfil esperado dos especialistas. Na etapa de avaliação propriamente dita, cada especialista inspeciona a interface de forma independente, registrando os problemas encontrados e associando-os às heurísticas violadas. Recomenda-se que cada sessão de inspeção tenha duração de uma a duas horas, e que o avaliador percorra a interface ao menos duas vezes: na primeira passagem, obtendo uma visão geral do fluxo de interação; na segunda, focando nos elementos individuais e nos detalhes da interface (NIELSEN, 1992). Por fim, na etapa de consolidação, os resultados individuais são reunidos, duplicatas são removidas e cada problema é classificado conforme sua severidade, utilizando uma escala que varia de zero (não é um problema de usabilidade) a quatro (catástrofe de usabilidade que deve ser corrigida obrigatoriamente antes do lançamento) (NIELSEN, 1994).

A relação entre avaliação heurística e acessibilidade tem sido explorada na literatura, sendo reconhecido que os princípios de usabilidade e os critérios de acessibilidade se complementam na promoção de uma experiência digital inclusiva (PADDISON; ENGLEFIELD, 2002). Nesse sentido, Abascal et al. (2019) destacam que ferramentas de avaliação de acessibilidade podem, elas mesmas, apresentar barreiras de usabilidade que comprometem sua adoção por avaliadores não especializados. Uma ferramenta que gera relatórios técnicos densos, com terminologia pouco acessível ou navegação confusa, pode ser subutilizada mesmo quando tecnicamente superior às alternativas. Esse aspecto justifica a aplicação da avaliação heurística não apenas a *sites* e aplicações *web*, mas também às próprias ferramentas de avaliação de acessibilidade.

3 Trabalhos Relacionados

Nesta seção, serão apresentados alguns estudos e iniciativas anteriores que se alinham com o tema central deste trabalho. A análise de trabalhos relacionados fornece um panorama das abordagens adotadas e destaca as lacunas existentes na literatura, justificando assim a relevância e a contribuição deste trabalho.

[Freire et al. \(2008\)](#) conduziram um levantamento de grande escala com 613 profissionais envolvidos em projetos de desenvolvimento *web* em todas as regiões do Brasil, com o objetivo de investigar o nível de consciência sobre acessibilidade e o uso de técnicas adequadas no processo de desenvolvimento. O estudo foi complementado por avaliações automatizadas dos *sites* desenvolvidos pelos participantes, utilizando métricas de acessibilidade aplicadas sobre a ferramenta Hera 2.0, permitindo correlacionar o perfil declarado pelos desenvolvedores com o nível real de acessibilidade das páginas produzidas por eles. Os resultados revelaram que a percepção de acessibilidade ainda era bastante limitada no cenário brasileiro e que o treinamento técnico isolado é insuficiente, sendo necessário promover uma conscientização mais ampla sobre as barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência.

[Pacheco et al. \(2016\)](#) realizaram uma análise comparativa entre três ferramentas de avaliação de acessibilidade *web* — TAW, ASES e AccessMonitor — utilizadas como referência oficial no Prêmio Nacional de Acessibilidade na *Web*. A metodologia do estudo avaliou cada ferramenta sob critérios derivados do guia de seleção de ferramentas do W3C, considerando aspectos como características dos relatórios gerados, abrangência tecnológica suportada e documentação disponível. Os testes foram conduzidos sobre a página principal do *site* dos Jogos Paralímpicos Rio 2016, o que permitiu comparar diretamente os resultados produzidos por cada ferramenta sobre um mesmo objeto de avaliação. Os resultados evidenciaram diferenças relevantes tanto na quantidade de problemas reportados quanto no formato de apresentação dos relatórios, ainda que todas as ferramentas tomassem as WCAG 2.0 como referência. A proximidade metodológica com o presente trabalho é direta: [Pacheco et al. \(2016\)](#) adotaram a mesma estratégia de aplicar múltiplas ferramentas a um único *site* e comparar os resultados, diferenciando-se por utilizarem ferramentas e uma versão das diretrizes distintas das empregadas neste estudo.

[Oliveira \(2024\)](#) realizou um estudo comparativo de ferramentas de avaliação automática de acessibilidade *Web* no contexto do desenvolvimento do *Potius*, aplicativo para acompanhamento de sessões do Tribunal Superior do Trabalho (TST). O trabalho parte de uma limitação identificada na prática: o avaliador utilizado pela equipe, o ASES (*Avaliador e Simulador de Acessibilidade em Sítios*), baseia-se no eMAG 3.1, padrão do governo brasi-

leiro publicado em 2014 e defasado em relação às WCAG, padrão internacional mantido pelo W3C. O autor investigou a compatibilidade entre os critérios de sucesso do ASES e os das WCAG 2.0, constatando que a ferramenta cobre apenas 72% dos 25 critérios de nível A do padrão internacional, deixando sem cobertura automática critérios relevantes como 1.3.3 (*Características Sensoriais*), 1.4.1 (*Utilização de Cores*) e 3.3.1 (*Identificação do Erro*). A partir desse diagnóstico, cinco ferramentas alternativas foram selecionadas para comparativo com o ASES — AccessMonitor, *Accessibility Insights for Web*, *Equal Access Accessibility Checker*, *HTML_CodeSniffer* e QualWeb. Os resultados reforçam a recomendação, já presente na literatura, de utilizar mais de um avaliador simultaneamente para ampliar a cobertura de problemas, uma vez que diferentes ferramentas detectaram diferentes violações para as mesmas páginas. Entre as ferramentas analisadas, o *Accessibility Insights for Web* e o *Equal Access Accessibility Checker* destacaram-se pelo conjunto de características avaliadas, menor número de limitações de uso e melhor desempenho nos critérios de transparência.

Cabe observar que os três estudos anteriormente discutidos concentram-se na comparação da cobertura e da consistência dos resultados produzidos pelas ferramentas avaliadas, sem examinar a experiência de uso que essas ferramentas oferecem a quem as opera. Abascal et al. (2019) preenchem parcialmente essa lacuna ao destacar que as próprias ferramentas de avaliação de acessibilidade podem apresentar barreiras de usabilidade capazes de comprometer sua adoção, sobretudo por avaliadores não especializados, uma vez que relatórios técnicos densos, terminologia pouco acessível ou navegação confusa podem levar à subutilização de ferramentas tecnicamente superiores. Nenhum dos estudos relacionados, contudo, conduziu uma avaliação heurística sistemática das interfaces das ferramentas comparadas. É essa lacuna que o terceiro objetivo específico deste trabalho busca preencher, ao submeter as ferramentas selecionadas a uma inspeção heurística formal, complementando a comparação técnica de cobertura e consistência com uma perspectiva centrada na experiência do avaliador.

4 Desenvolvimento

Este capítulo descreve o desenvolvimento do estudo de caso conduzido para responder à questão de pesquisa proposta. A organização das seções acompanha as quatro etapas do Processo de Experimentação de Wohlin et al. (2005), adaptado ao contexto de estudo de caso conforme apresentado na metodologia (Seção 1.3): a Seção 4.1 trata da **Definição**, especificando os objetos de estudo e as páginas avaliadas; a Seção 4.2 apresenta o **Planejamento**, com os protocolos de aplicação das ferramentas, de comparação dos resultados e de avaliação da usabilidade; e a Seção 4.3 descreve a **Operação**, correspondente à aplicação das ferramentas e ao registro dos resultados. A etapa de **Análise** é apresentada no Capítulo 5, dedicado à interpretação e discussão dos dados dos objetivos específicos do trabalho.

4.1 Definição

A etapa de Definição estabelece os elementos que delimitam o estudo de caso: as ferramentas automatizadas que constituem o objeto da análise comparativa e as páginas *web* que servem de base para a aplicação dessas ferramentas. A especificação clara desses elementos é condição necessária para a replicabilidade do estudo e para a comparabilidade dos resultados obtidos (WOHLIN et al., 2005).

4.1.1 Objeto de estudo: as ferramentas

O objeto central deste estudo de caso são as ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade *web* selecionadas a partir dos critérios descritos na metodologia. Nesta etapa do trabalho, a aplicação efetiva recaiu sobre três ferramentas: WAVE, Skynet Technologies Accessibility Checker e AccessibilityChecker.org.

4.1.2 Ferramentas selecionadas neste estudo

Conforme mencionado na Seção 1.3, foram escolhidas três ferramentas para compor o estudo comparativo: WAVE¹, SKYNET TECHNOLOGIES², AccessibilityChecker.org³.

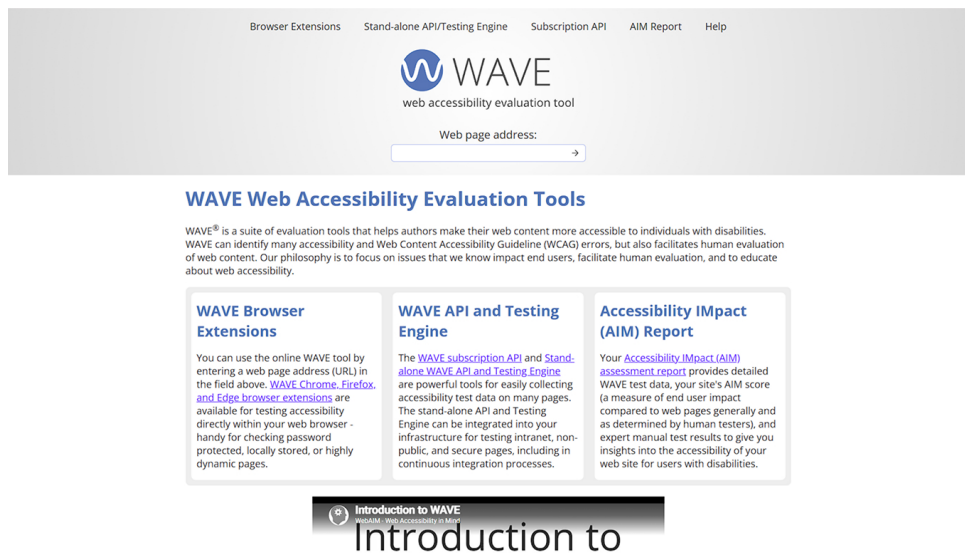
¹ WAVE. WAVE Web Accessibility Evaluation Tools. 2026. Disponível em: <<https://wave.webaim.org/>>. Acesso em: 14 de mai. 2026.

² SKYNET TECHNOLOGIES. 2026. Disponível em: <<https://www.skynettechnologies.com/accessibility-checker>>. Acesso em: 14 de mai. 2026.

³ AccessibilityChecker.org. 2026. Disponível em: <<https://www.accessibilitychecker.org/>>. Acesso em: 14 de mai. 2026.

O WAVE (*Web Accessibility Evaluation Tool*), desenvolvido pela WebAIM, é uma das ferramentas de avaliação de acessibilidade *web* mais consolidadas na literatura e na prática profissional (FREIRE et al., 2008). Disponível como serviço *online* gratuito, como mostra a Figura 2 a ferramenta sobrepõe ícones visuais diretamente sobre a página avaliada, indicando erros, alertas, elementos estruturais e problemas de contraste de forma contextualizada como mostra a Figura 3. Essa abordagem visual facilita a identificação da localização exata dos problemas no *layout* da página, tornando os resultados potencialmente mais claros mesmo para avaliadores sem formação técnica aprofundada, na medida em que ferramentas de avaliação de acessibilidade, para cumprir seu papel, também precisam observar princípios de usabilidade em sua própria interface (ABASCAL et al., 2019).

Figura 2 – Tela Inicial do WAVE.



Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no site WebAIM (WebAIM, 2026).

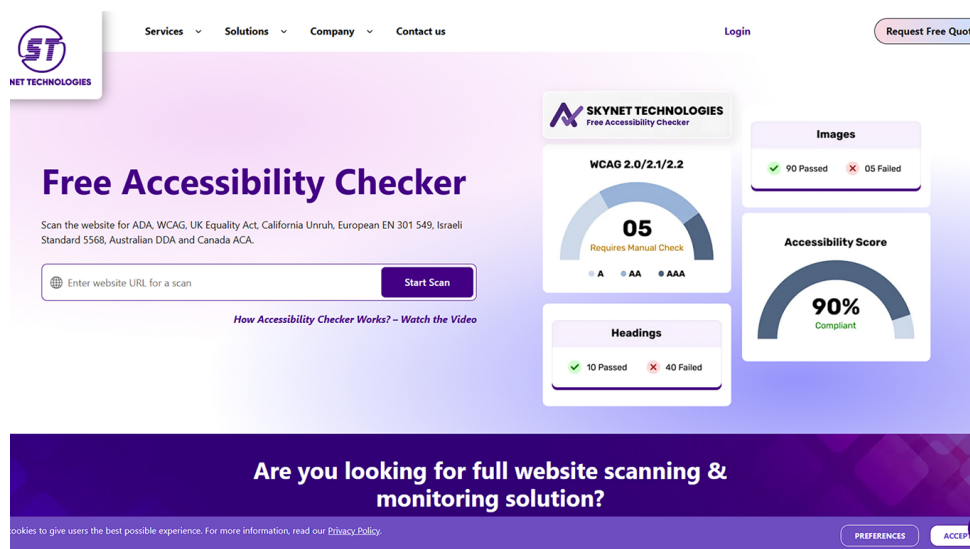
A Figura 3 ilustra esse comportamento aplicado à página de atendimento à imprensa da UFOP, com os ícones de erro e alerta sobrepostos diretamente sobre os elementos correspondentes.

Figura 3 – Exemplo de resultado da avaliação no WAVE.



Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no site WebAIM (WebAIM, 2026).

Já o *Skynet Technologies Accessibility Checker* é uma ferramenta *online* gratuita que analisa páginas *web*, como mostra a Figura 4, e gera relatórios organizados por categorias temáticas, como legibilidade, formulários, elementos clicáveis, gráficos e documentos. A ferramenta apresenta os resultados em formato de painel visual, indicando itens aprovados, reprovados e aqueles que requerem auditoria manual, com referência explícita aos critérios das WCAG 2.0, 2.1 e 2.2, como mostra a Figura 5.

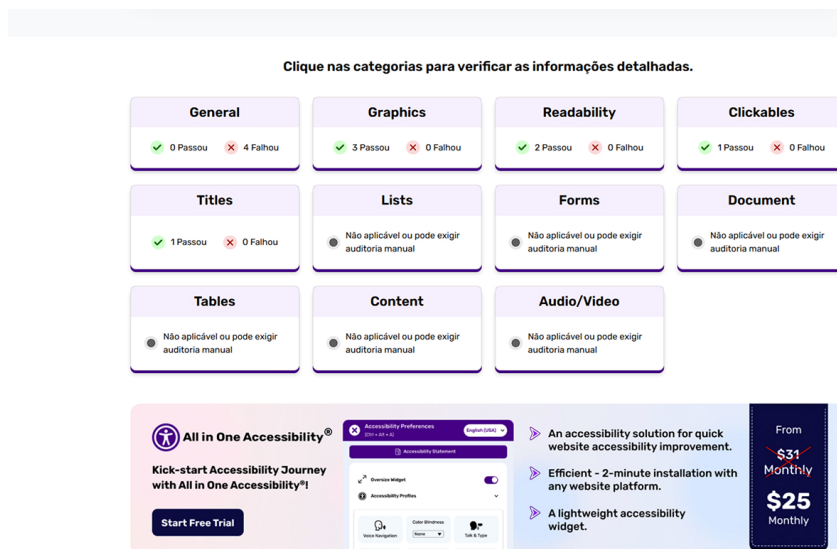
Figura 4 – Tela Inicial da *Skynet Technologies Accessibility Checker*.

Fonte: Captura de tela realizada pelo autor na ferramenta da Skynet Technologies (Skynet Technologies, 2026).

Aplicada à mesma página, a ferramenta organiza os resultados em painéis temáticos,

indicando quantos itens foram aprovados e reprovados em cada categoria, como ilustra a Figura 5.

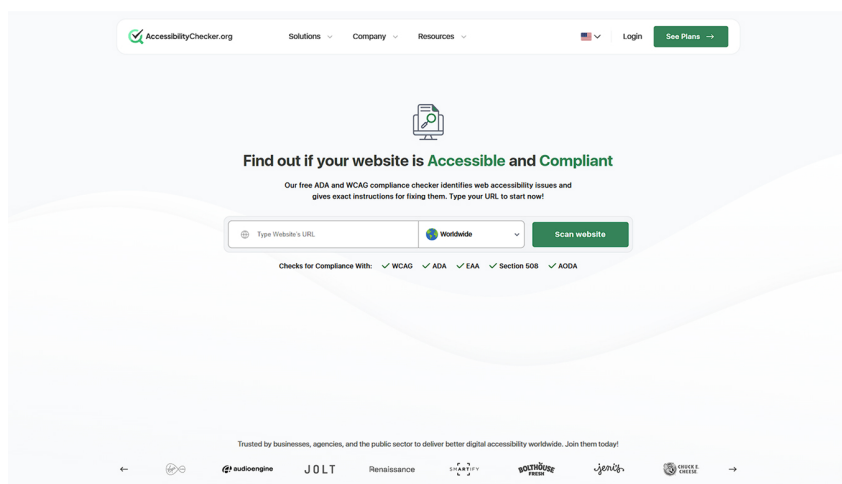
Figura 5 – Exemplo de resultado da avaliação no *Skynet Technologies Accessibility Checker*.



Fonte: Captura de tela realizada pelo autor na ferramenta da Skynet Technologies (Skynet Technologies, 2026).

Por fim o *AccessibilityChecker.org* é uma ferramenta *online* gratuita que avalia páginas *web* com base nas diretrizes WCAG 2.2, como mostra a Figura 6 apresentando os resultados em um painel estruturado que distingue questões críticas, auditorias aprovadas, auditorias manuais obrigatórias e itens não aplicáveis, como mostra a Figura 7. A ferramenta referencia diretamente os critérios de sucesso violados, oferecendo orientações de correção para cada problema identificado (W3C, 2023).

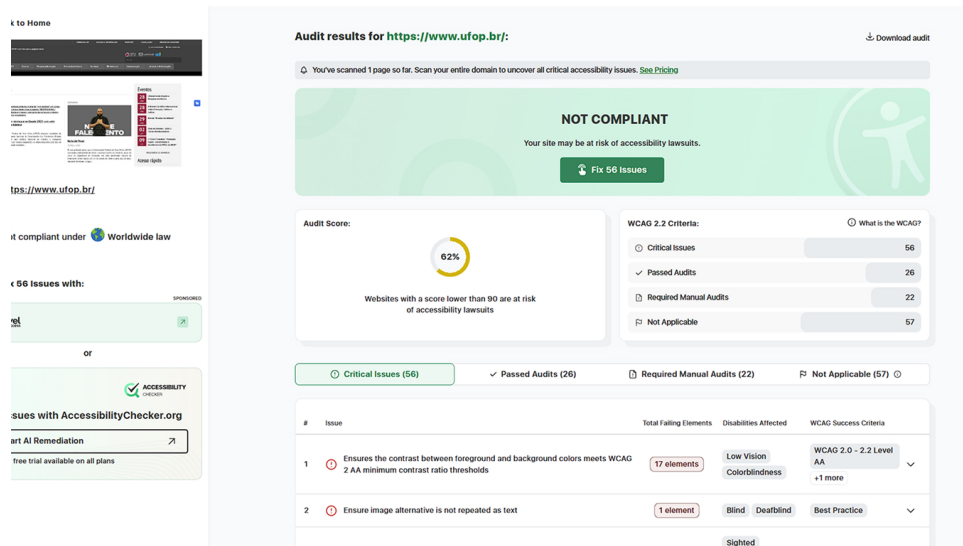
Figura 6 – Tela Inicial da *AccessibilityChecker.org*.



Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no site AccessibilityChecker.org (AccessibilityChecker.org, 2026).

O relatório gerado para a mesma página detalha cada critério violado, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Exemplo de resultado da avaliação no *AccessibilityChecker.org*.



A seleção dessas três ferramentas buscou garantir heterogeneidade nos formatos de relatório e na experiência de uso, de modo a enriquecer a análise comparativa proposta neste trabalho e possibilitar uma discussão mais abrangente sobre as capacidades e limitações de cada abordagem.

A exclusão operacional do TabNav desta rodada de avaliações, já justificada na Seção 1.3, é retomada como limitação de escopo no Capítulo 6, e a possibilidade de sua incorporação futura no Capítulo 7.

Dessa forma, a análise comparativa apresentada nas seções seguintes considera as três ferramentas efetivamente aplicadas sobre as páginas definidas na Seção 4.1.3.

4.1.3 Páginas avaliadas

Conforme estabelecido na metodologia (Seção 1.3), o estudo de caso adota como base de avaliação um conjunto de quatro páginas distintas do domínio da UFOP, selecionadas por apresentarem perfis funcionais e estruturais heterogêneos. Esta seção detalha a caracterização de cada uma dessas páginas, explicitando os tipos de conteúdo e os elementos de interface que as compõem.

A seleção final dessas páginas envolveu, na prática, testar previamente diversas URLs do domínio da UFOP, uma vez que nem toda página é processável pelas ferramentas simultaneamente: em alguns casos, uma mesma URL foi avaliada com sucesso por algumas das ferramentas e apresentou falha de processamento em outra, sem que as ferramentas

indicassem a causa. As quatro páginas apresentadas a seguir são, portanto, o resultado desse processo de triagem, e não uma amostra aleatória do domínio.

A página de atendimento à imprensa⁴ referenciada na Figura 8 estrutura-se em torno de um formulário de solicitação, composto por campos de texto, listas de seleção, campo de data, área de mensagem e um mecanismo de verificação (*captcha*), além de uma seção textual introdutória e dos elementos de cabeçalho e rodapé comuns ao portal. Esse perfil favorece a avaliação de critérios relacionados à rotulagem e identificação de campos de formulário, à indicação de campos obrigatórios, ao contraste e ao propósito de *links*.

Figura 8 – Página de atendimento à imprensa

gouv.br

COMUNICAÇÃO ACESSO À INFORMAÇÃO PARTICIPE LEGISLAÇÃO ÓRGÃOS DO GOVERNO

Alunos da Graduação Alunos da Pós-Graduação Técnicos Administrativos Docentes Internacional

Universidade Federal de Ouro Preto

Atendimento à Imprensa

Espaço destinado aos veículos e profissionais de imprensa que desejam solicitar fontes ou informações sobre pesquisas, assuntos e eventos. Campos em negrito são de preenchimento obrigatório.

Veículo: Buscar: Novo

Nome do veículo: Filtar

Contato:

Nome:

Cidade: UF:

Fone comercial: área: número: ramal:

E-mail:

Assunto:

Solicitação:

Deadline: às Data: dd/mm/aaaa (ex: 10/10/2010), horas: hh:mm (ex: 10:10)

Cópia para:

apenas e-mails (separados por vírgula,). Exemplo: email1@email.com, email2@email.com

Confirmação:

Solicitar atendimento

Acesso à Informação

Ouvidoria

Dados Abertos

Transparência Pública

REUNI

Conflito de Interesses

Telefones e Endereços

Horários de atendimento

Autenticação de Documentos

UFOP em Números

Acessibilidade

Auditoria

Universidade Federal de Ouro Preto

R. Diogo de Vasconcelos, 122.

Plaza - Ouro Preto

Minas Gerais

CEP 35402-163

UFOP

Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no site da UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto, 2026a).

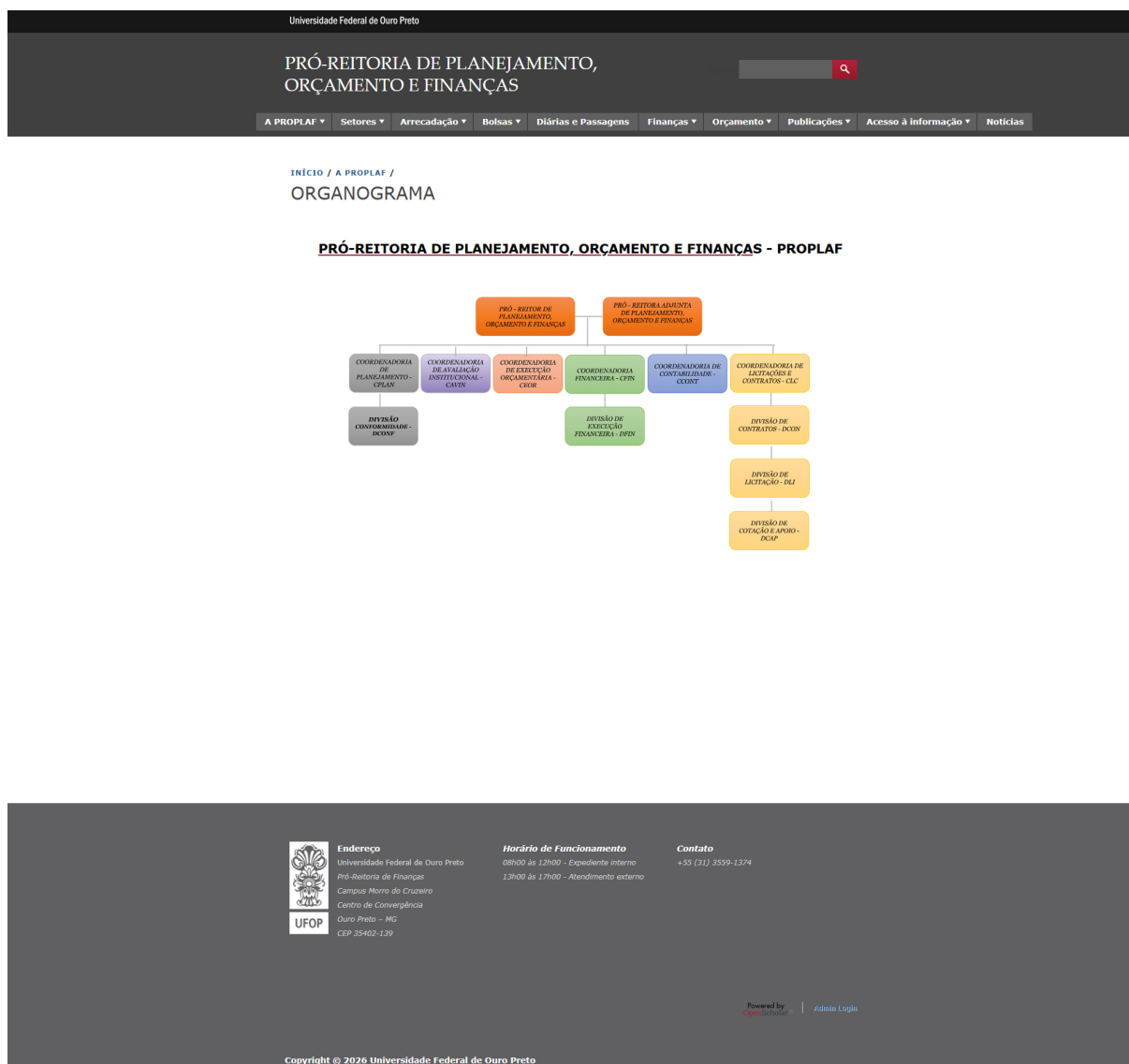
A página de organograma⁵ referenciada na Figura 9 apresenta conteúdo de natureza predominantemente imagética e diagramática, estruturado como um organograma hierárquico em que as unidades organizacionais são representadas por blocos conectados e diferenciados por cores. Esse formato constitui um caso particularmente desafiador para a

⁴ UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. Atendimento à Imprensa. 2026. Disponível em: <<https://ufop.br/comunicacao/atendimento-a-imprensa>>. Acesso em: 18 de jun. 2026.

⁵ UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. Organograma. 2026. Disponível em: <<https://prof.ufop.br/organograma>>. Acesso em: 18 de jun. 2026.

avaliação automatizada, na medida em que critérios como a adequação do texto alternativo, o uso da cor como único meio de transmitir informação e a ordem de leitura dependem de julgamento humano e não são plenamente verificáveis por meios automáticos (VIGO; BROWN; CONWAY, 2013).

Figura 9 – O Organograma da UFOP

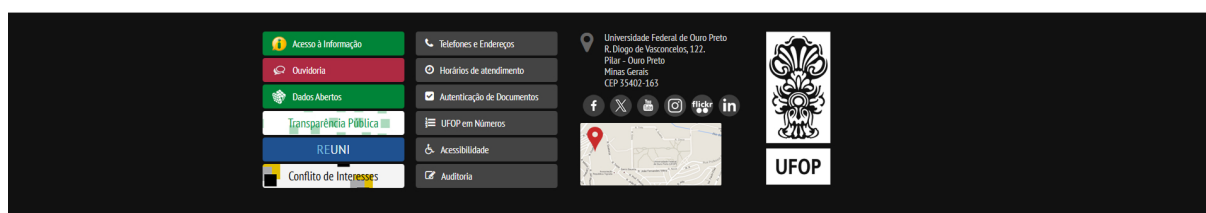


Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no site da UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto, 2026d).

A página de autenticação⁶ referenciada na Figura 10 foi selecionada por concentrar elementos de formulário e de entrada de dados, perfil que favorece a avaliação de critérios relacionados à rotulagem de campos, à prevenção de erros de entrada e aos mecanismos de autenticação.

⁶ UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. Autenticação. 2026. Disponível em: <<https://www.ufop.br/autenticacao>>. Acesso em: XX de mês. 2026.

Figura 10 – Página de autenticação



Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no site da UFOP ([Universidade Federal de Ouro Preto](http://www.ufop.br), 2026b).

A página do Colegiado do Curso de Sistemas de Informação (COSI)⁷ referenciada na Figura 11 caracteriza-se por um volume extenso de conteúdo textual organizado em múltiplas seções e listas, tais como avisos, notícias, relação de integrantes e documentos, acompanhado de grande quantidade de *links* para arquivos e recursos externos, além de componentes de agenda e de mapa incorporados. Esse perfil favorece a avaliação de critérios relacionados à estruturação de cabeçalhos e listas, à rotulagem e ao propósito de *links* e ao contraste de texto, sendo representativo das páginas informativas de caráter institucional.

⁷ UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. Colegiado de Sistemas de Informação (COSI). 2026. Disponível em: <<https://decsi.ufop.br/colégiado/cosi>>. Acesso em: XX de mês. 2026.

Figura 11 – Página do Colegiado de Sistemas de Informação (COSI)



Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no site da UFOP ([Universidade Federal de Ouro Preto, 2026c](#)).

Quadro 1 – Páginas selecionadas para avaliação e seus perfis de conteúdo.

Página	Perfil de conteúdo	Critérios em destaque
Atendimento à imprensa	Formulário e conteúdo textual	Rotulagem de formulário, contraste
Organograma	Estrutural / imagético	Texto alternativo, ordem de leitura
Autenticação	Formulário / entrada de dados	Rotulagem de formulário
COSI	Conteúdo textual estruturado, listas e <i>links</i>	Rotulagem de <i>links</i> , cabeçalhos, listas, contraste

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 Planejamento

A etapa de Planejamento define os protocolos que orientam a aplicação das ferramentas: o de aplicação propriamente dita, o de comparação dos resultados e o de avaliação da usabilidade. Para assegurar que o estudo responda de forma direta aos objetivos específicos definidos na Seção 1.2, o planejamento foi organizado em três protocolos complementares: o primeiro, voltado à aplicação das ferramentas selecionadas a cada página avaliada; o segundo, à comparação dos resultados produzidos para uma mesma página; e o terceiro, à avaliação comparativa da usabilidade das três ferramentas. Cada protocolo é aplicado de maneira uniforme a todas as ferramentas e a todas as páginas, de modo a garantir a comparabilidade dos dados coletados.

4.2.1 Protocolo de aplicação das ferramentas

O primeiro protocolo destina-se a orientar a aplicação das ferramentas selecionadas a cada uma das páginas definidas, atendendo ao primeiro objetivo específico. Para cada combinação de ferramenta e página avaliada, definiu-se um conjunto comum de dados a ser registrado: (1) o total de problemas ou erros detectados; (2) o total de alertas ou avisos, ou seja, itens que demandam atenção, mas não são classificados como erro definitivo; (3) o total de itens sinalizados para verificação manual; (4) a pontuação ou *score* de acessibilidade, quando fornecido pela ferramenta; (5) a forma como cada ferramenta referencia os critérios da WCAG em seus resultados, registrando se a citação é direta ou requer associação manual; e (6) a data e a hora da coleta, para fins de rastreabilidade e de controle da versão da página avaliada — especialmente relevante diante da coleta parcelada decorrente das cotas de uso de uma das ferramentas.

O registro dos dados é organizado em um quadro por página, conforme o modelo apresentado no Quadro 2, de modo a permitir a leitura horizontal dos resultados obtidos para um mesmo objeto.

Quadro 2 – Modelo de registro dos resultados por página.

Ferramenta	Erros	Alertas/Manuais	Pontuação	Forma de citação dos critérios	Data/hora
WAVE	—	—	—	—	—
Skynet	—	—	—	—	—
AccessibilityChecker	—	—	—	—	—

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2.2 Protocolo de comparação de resultados

O segundo protocolo destina-se a contrastar os resultados registrados conforme a Subseção 4.2.1 entre as ferramentas para uma mesma página, atendendo ao segundo objetivo específico.

É necessário, contudo, estabelecer desde já uma ressalva metodológica quanto à comparação desses dados. A literatura registra que diferentes ferramentas adotam conjuntos distintos de regras para interpretar as diretrizes da WCAG, o que as leva a categorizar e a contabilizar os problemas de acessibilidade de maneiras diferentes e, por consequência, a produzir diagnósticos divergentes para uma mesma página. Como decorrência direta dessa característica, a simples comparação dos valores absolutos reportados pode induzir a conclusões equivocadas: uma ferramenta que apresenta um número maior de erros não é necessariamente mais rigorosa, podendo apenas desmembrar em várias ocorrências aquilo que outra contabiliza como um único problema, ou adotar um critério de classificação de severidade distinto. Por essa razão, a comparação conduzida neste trabalho considera não apenas a quantidade de itens reportados, mas também o significado atribuído por cada

ferramenta a cada categoria. As implicações concretas dessas diferenças de categorização sobre os números obtidos são analisadas e discutidas no Capítulo 5.

4.2.3 Protocolo de avaliação de usabilidade

O terceiro protocolo destina-se a comparar a qualidade da experiência de uso oferecida pelas ferramentas ao avaliador, atendendo ao terceiro objetivo específico. Considerando que as três ferramentas analisadas perseguem o mesmo propósito, a avaliação automatizada de acessibilidade, mas organizam seus relatórios e interfaces de maneiras distintas, optou-se por enviar todas elas a uma mesma inspeção de usabilidade, em vez de restringir a análise a uma única ferramenta. Essa decisão é coerente com a constatação, registrada no protocolo de comparação (Subseção 4.2.2), de que os resultados das ferramentas não são diretamente equivalentes entre si, o que inviabiliza a eleição de uma “melhor ferramenta”.

Adota-se o método de avaliação heurística, conduzido a partir das dez heurísticas de Nielsen (1994), apresentadas no Quadro 3. Trata-se de um método de inspeção em que avaliadores examinam a interface à luz de um conjunto de princípios consagrados de usabilidade, identificando os pontos em que o sistema os viola.

Quadro 3 – Dez heurísticas de usabilidade de Nielsen.

Heurística	Descrição
1. Visibilidade do status do sistema	O usuário deve sempre saber o que está acontecendo com o sistema, por meio de retorno apropriado da interface.
2. Correspondência entre o sistema e o mundo real	O sistema deve usar linguagem e conceitos familiares ao usuário, em vez de termos orientados ao sistema.
3. Controle e liberdade do usuário	O usuário deve poder desfazer e refazer ações de forma rápida e clara, recuperando-se de enganos.
4. Consistência e padrões	Termos, situações e ações equivalentes devem ser apresentados de forma consistente em toda a interface.
5. Prevenção de erros	A interface deve evitar que erros ocorram, seja eliminando condições propensas a erro, seja oferecendo confirmação antes de ações críticas.
6. Reconhecimento em vez de memorização	Objetos, ações e opções devem estar visíveis, reduzindo a carga de memória do usuário.
7. Flexibilidade e eficiência de uso	A interface deve atender tanto a usuários novatos quanto a experientes, permitindo acelerar ações frequentes.
8. Estética e design minimalista	A interface não deve conter informação irrelevante ou raramente necessária, que compete com o conteúdo essencial.
9. Auxílio no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	As mensagens de erro devem usar linguagem simples, indicar o problema com precisão e sugerir uma solução.
10. Ajuda e documentação	Quando necessária, a ajuda deve estar disponível, ser fácil de localizar e orientar objetivamente o usuário.

Fonte: Adaptado de [Nielsen \(1994\)](#).

Para cada problema de usabilidade identificado, registram-se a ferramenta a que o problema se refere, a heurística violada, a causa provável, o efeito sobre o avaliador e sobre a tarefa de avaliação pretendida e uma possível solução. A cada problema atribui-se um grau de severidade, segundo a escala de zero a quatro proposta por [Nielsen \(1994\)](#): zero indica a ausência de problema; um, problema cosmético, a ser corrigido apenas se houver tempo disponível; dois, problema pequeno, de baixa prioridade; três, problema grave, de alta prioridade; e quatro, problema catastrófico, cuja correção é imprescindível, pois compromete a realização da tarefa.

A inspeção é apoiada por um roteiro de tarefas (Apêndice A) comum às três ferramentas, que define os objetivos que o avaliador deve alcançar em cada interface, como: localizar a pontuação atribuída, identificar a quantidade de problemas reportados e descobrir o critério da WCAG associado a um problema. Em vez de prescrever uma

sequência fixa de passos, o roteiro fixa esses objetivos e deixa a cargo do avaliador descobrir como alcançá-los em cada ferramenta; a eventual dificuldade nesse percurso constitui, ela própria, indício de um problema de usabilidade. Como os objetivos são idênticos para as três ferramentas, variando apenas o caminho percorrido em cada interface, o roteiro assegura a comparabilidade da avaliação entre elas.

Cada avaliador recebeu, por meio de comunicação direta, a indicação da ferramenta que lhe coube avaliar, o respectivo endereço de acesso e o roteiro de tarefas, além do formulário de registro de problemas. Os dados de navegador e de conexão utilizados por cada avaliador foram registrados no momento da aplicação.

Diferentemente dos protocolos de aplicação e de comparação, conduzidos nas quatro páginas, a avaliação de usabilidade fixou uma única página para as ferramentas. Essa escolha isola a interface da ferramenta como variável sob análise, assegurando que eventuais diferenças de usabilidade observadas decorram do modo como cada ferramenta apresenta seus resultados, e não do conteúdo da página avaliada. A página de atendimento à imprensa foi selecionada por gerar, nas três ferramentas, o relatório mais extenso entre as páginas avaliadas, expondo o avaliador a um volume maior de elementos de interface.

4.3 Operação

A etapa de Operação corresponde à aplicação das ferramentas e ao registro dos resultados, organizada em duas partes: a primeira (Subseção 4.3.1) trata das avaliações de acessibilidade propriamente ditas, aplicadas às quatro páginas definidas na Subseção 4.1.3 segundo o protocolo estabelecido na Subseção 4.2.2; a segunda (Subseção 4.3.2) trata da avaliação de usabilidade das ferramentas, conduzida por meio da inspeção heurística descrita na Subseção 4.2.3.

4.3.1 Avaliações de acessibilidade

As avaliações foram conduzidas no navegador Google Chrome, e buscou-se submeter cada página às ferramentas em um mesmo intervalo de tempo, de modo a assegurar, sempre que possível, que todas analisassem a mesma versão do conteúdo. Uma exceção a essa diretriz, detalhada adiante, ocorreu na avaliação da página do ,! (,!) decorrente de restrições de cronograma impostas pela cota de uso de uma das ferramentas. Para cada avaliação, registraram-se as contagens de problemas, a forma como cada ferramenta referencia os critérios da WCAG em seus resultados e a data e a hora da coleta.

Com vistas à comparabilidade, os resultados de cada ferramenta foram organizados segundo duas categorias comuns de leitura: *erros* (itens reprovados automaticamente) e *alertas/verificações manuais* (itens que demandam atenção do avaliador, seja por não configurarem reprovação definitiva, seja por exigirem inspeção humana). Reitera-se que,

conforme discutido na Subseção 4.2.2, essas categorias servem apenas para alinhar a leitura dos dados, e não para igualar os valores: cada ferramenta adota uma definição própria do que constitui um problema, razão pela qual os números absolutos não são diretamente equivalentes entre si (FREIRE et al., 2008; VIGO; BROWN; CONWAY, 2013).

Antes da apresentação dos resultados por página, registram-se quatro particularidades de leitura comuns a todas as coletas, decorrentes do modo como cada ferramenta organiza seus relatórios. Em primeiro lugar, o WAVE contabiliza os erros de contraste em uma categoria própria (*Contrast Errors*), distinta da contagem principal de erros; em coerência com a opção deste trabalho por preservar a categorização de cada ferramenta, os quadros a seguir mantêm esse valor separado, registrando a contagem principal de erros na coluna correspondente e detalhando os erros de contraste em nota. Em segundo lugar, o WAVE reporta os problemas por tipo de ocorrência (ex.: *empty button*) e o Skynet, por categoria temática (Legibilidade, Títulos, Formulários etc.), de modo que ambos exigem associação manual ao critério da WCAG correspondente; o AccessibilityChecker, por sua vez, é o único a referenciar diretamente os critérios de sucesso (níveis A e AA). Em terceiro lugar, o Skynet classifica parte de suas categorias como “não aplicável ou que podem exigir auditoria manual”, rótulo atribuído quando a página avaliada não possui os elementos necessários para que aquele item seja verificado, condição que varia conforme o conteúdo de cada página e é registrada, quando ocorre, no respectivo quadro. Por fim, observou-se que o WAVE, em ao menos um par de páginas avaliadas, reportou contagens idênticas de erros, erros de contraste e alertas: os elementos identificados nos relatórios concentram-se em componentes de cabeçalho e de navegação compartilhados pelo *template* do sítio da UFOP, comuns às páginas em questão, o que resultou em diagnósticos numericamente equivalentes ainda que o conteúdo específico das páginas seja distinto. Essa ocorrência é registrada nesta subseção a título de particularidade da coleta; sua interpretação é retomada no Capítulo 5. A seguir, são apresentados os resultados das avaliações de acessibilidade utilizando as ferramentas, organizados pelas páginas avaliadas.

A primeira página avaliada foi a de atendimento à imprensa, submetida às ferramentas em 18 de junho de 2026. O Quadro 4 sintetiza os resultados obtidos.

Quadro 4 – Resultados da avaliação da página de atendimento à imprensa.

Ferramenta	Erros	Alertas/Manuais	Pontuação	Forma de citação dos critérios	Data/hora
WAVE	5*	27	8/10	Por tipo de problema	18/06/2026 09h40
Skynet	73	4 cat.**	74,35%	Por categoria temática	18/06/2026 09h43
AccessibilityChecker	75	22	10/100	Critérios de sucesso (A/AA)	18/06/2026 09h45

Fonte: Elaborada pelo autor.

* Além dos 5 erros principais (1 *missing form label*, 1 *multiple form labels* e 3 *empty button*), o WAVE contabiliza à parte 1 erro de contraste (1 *very low contrast*).

** Categorias sinalizadas pelo Skynet como “não aplicável ou que podem exigir auditoria manual” nesta página: Clicáveis, Listas, Conteúdo e Áudio/Vídeo.

A segunda página avaliada foi a do organograma da PROPLAF, submetida às ferramentas em 19 de junho de 2026. O Quadro 5 sintetiza os resultados obtidos.

Quadro 5 – Resultados da avaliação da página do organograma da PROPLAF.

Ferramenta	Erros	Alertas/Manuais	Pontuação	Forma de citação dos critérios	Data/hora
WAVE	4*	3	5,7/10	Por tipo de problema	19/06/2026 12h45
Skynet	54	4 cat.**	57,52%	Por categoria temática	19/06/2026 12h49
AccessibilityChecker	18	22	36/100	Crítérios de sucesso (A/AA)	19/06/2026 12h51

Fonte: Elaborada pelo autor.

* Além dos 4 erros principais (4 *empty button*), o WAVE contabiliza à parte 15 erros de contraste (15 *very low contrast*). Os 3 alertas correspondem a 2 *redundant link* e 1 *tabindex*.

** Categorias sinalizadas pelo Skynet como “não aplicável ou que podem exigir auditoria manual” nesta página: Listas, Tabelas, Conteúdo e Áudio/Vídeo.

A terceira página avaliada foi a de autenticação da UFOP, submetida às ferramentas em 20 de junho de 2026. O Quadro 6 sintetiza os resultados obtidos.

Quadro 6 – Resultados da avaliação da página de autenticação.

Ferramenta	Erros	Alertas/Manuais	Pontuação	Forma de citação dos critérios	Data/hora
WAVE	5*	27	8/10	Por tipo de problema	20/06/2026 18h45
Skynet	29	5 cat.**	71,98%	Por categoria temática	20/06/2026 18h50
AccessibilityChecker	40	22	10/100	Crítérios de sucesso (A/AA)	20/06/2026 18h54

Fonte: Elaborada pelo autor.

* Além dos 5 erros principais (1 *missing form label*, 1 *multiple form labels* e 3 *empty button*), o WAVE contabiliza à parte 1 erro de contraste (1 *very low contrast*).

** Categorias sinalizadas pelo Skynet como “não aplicável ou que podem exigir auditoria manual” nesta página: Clicáveis, Listas, Tabelas, Conteúdo e Áudio/Vídeo.

A quarta página avaliada foi a do Colegiado do Curso de Sistemas de Informação (COSI) do DECSI, submetida ao WAVE e ao AccessibilityChecker em 21 de junho de 2026 e ao Skynet em 19 de junho de 2026. O Quadro 7 sintetiza os resultados obtidos.

Quadro 7 – Resultados da avaliação da página do Colegiado de Sistemas de Informação (COSI).

Ferramenta	Erros	Alertas/Manuais	Pontuação	Forma de citação dos critérios	Data/hora
WAVE	0*	40	9,4/10	Por tipo de problema	21/06/2026 13h32
Skynet	24	6 cat.**	74,23%	Por categoria temática	19/06/2026 13h37
AccessibilityChecker	9	22	54/100	Crítérios de sucesso (A/AA)	21/06/2026 13h40

Fonte: Elaborada pelo autor.

* O WAVE não detectou erros nesta página (0 erros e 0 erros de contraste); os 40 alertas correspondem, entre outros, a 2 *skipped heading level*, 5 *suspicious link text*, 1 *redundant link*, 6 *link to Word document*, 23 *link to PDF document* e 3 *very small text*.

** Categorias sinalizadas pelo Skynet como “não aplicável ou que podem exigir auditoria manual” nesta página: Clicáveis, Listas, Formulários, Tabelas, Conteúdo e Áudio/Vídeo.

Cabe registrar que, diferentemente das demais páginas avaliadas, a coleta desta página não observou o mesmo intervalo de tempo entre as ferramentas: a avaliação do Skynet ocorreu dois dias antes da avaliação do WAVE e do AccessibilityChecker, em decorrência do cronograma de coleta condicionado pela cota de uso de uma das ferramentas. Essa exceção é particularmente relevante no caso da página do COSI, que reúne conteúdo dinâmico – avisos e agenda – sujeito a alterações entre uma data e outra. O confronto dos valores apresentados nas quatro páginas avaliadas, as diferenças de categorização que as distinguem e a implicação dessa defasagem de datas sobre a comparabilidade dos resultados são retomados, em conjunto, no Capítulo 5.

4.3.2 Avaliação de usabilidade

Conforme o protocolo descrito na Subseção 4.2.3, a avaliação heurística foi conduzida por sete avaliadores sobre as ferramentas, aplicadas à página de atendimento à imprensa, descrito no Apêndice A. Para apoiar o registro das avaliações, foi disponibilizado um formulário do Google Forms, descrito no Apêndice B. Toda vez que o avaliador observava uma heurística violada, ele enviava uma resposta ao formulário. O Quadro 8 consolida o número de ocorrências de cada heurística por ferramenta, e o Quadro 9 apresenta a distribuição das respostas por grau de severidade.

Quadro 8 – Ocorrências de heurísticas violadas, por ferramenta.

Heurística de Nielsen	WAVE	Skynet	AccessibilityChecker
Visibilidade do status do sistema	3	0	1
Correspondência entre o sistema e o mundo real	6	0	1
Controle e liberdade do usuário	1	0	1
Consistência e padrões	0	1	1
Prevenção de erros	1	1	1
Reconhecimento ao invés de memorização	3	2	0
Flexibilidade e eficiência de uso	2	1	0
Design estético e minimalista	2	1	5
Auxílio no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erro	2	0	2
Ajuda e documentação	1	0	0
Total de ocorrências	21	6	12

Fonte: Elaborada pelo autor, a partir das respostas dos avaliadores.

Além da heurística violada, cada resposta também registrou o grau de severidade atribuído pelo avaliador, cuja distribuição por ferramenta é apresentada no Quadro 9.

Quadro 9 – Distribuição das respostas por grau de severidade, por ferramenta.

Grau de severidade	WAVE	Skynet	AccessibilityChecker
0 – Não é um problema de usabilidade	9	19	10
1 – Cosmético	6	0	4
2 – Problema pequeno	9	2	2
3 – Problema grave	5	3	3
4 – Catastrófico	0	1	1
Total	29	25	20

Fonte: Elaborada pelo autor, a partir das respostas dos avaliadores.

Os valores consolidados nos Quadros 8 e 9 resultam das respostas de sete avaliadores, distribuídos de forma não totalmente equivalente entre as ferramentas, conforme o Quadro 10: cada ferramenta foi avaliada por três avaliadores, com dois deles participando da avaliação de duas ferramentas cada.

Quadro 10 – Distribuição dos avaliadores por ferramenta.

Ferramenta	Avaliadores
WAVE	3
Skynet	3
AccessibilityChecker	3
Total de avaliadores únicos	7

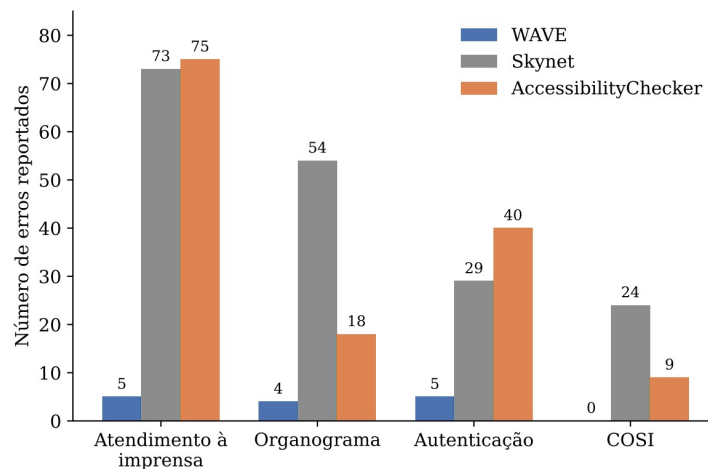
Fonte: Elaborada pelo autor.

5 Análise dos Resultados

5.1 Consistência dos resultados entre ferramentas

O Gráfico 12 apresenta os dados coletados na etapa anterior do estudo de caso, permitindo responder ao segundo objetivo específico deste trabalho. Observa-se uma divergência expressiva entre as contagens reportadas pelas ferramentas para uma mesma página: na página de atendimento à imprensa, por exemplo, o WAVE reporta 5 erros principais, contra 73 verificações falhadas do Skynet e 75 questões críticas do AccessibilityChecker. Essa disparidade ilustra a ressalva metodológica estabelecida na Subseção 4.2.2: ferramentas distintas adotam conjuntos de regras próprios para decompor e contabilizar problemas de acessibilidade, de modo que valores absolutos maiores não podem ser interpretados diretamente como indício de maior rigor (FREIRE et al., 2008; VIGO; BROWN; CONWAY, 2013).

Gráfico 12 – Número de erros reportados por ferramenta, por página avaliada.



Elaborado pelo autor.

O Gráfico 12 ilustra essa ausência de ordem estável: nota-se que o AccessibilityChecker reporta o maior valor entre as ferramentas na página de atendimento à imprensa e na de autenticação, mas é superado pelo Skynet na página do organograma e na do COSI.

Um segundo achado, mais relevante para a interpretação dessa divergência, é a ausência de uma ordem estável entre as ferramentas ao longo das quatro páginas, ausência esta que se manifesta tanto nas contagens brutas reportadas quanto nas pontuações finais atribuídas, e que não pode ser atribuída a um único fator constante. Se a divergência decorresse apenas de um viés fixo de rigor como por exemplo, se o AccessibilityChecker fosse sistematicamente mais severo que as demais, seria de se esperar que ele reportasse

tanto o maior número de problemas quanto a pior pontuação em todas as páginas, de forma consistente. Isso não se confirma: na página de atendimento à imprensa, o AccessibilityChecker reporta o maior número de questões críticas (75) e a pior pontuação (10/100) entre as ferramentas; já na página do organograma, porém, quem reporta o maior número de problemas é o Skynet (54 verificações falhadas), enquanto o AccessibilityChecker relata bem menos questões críticas (18) e, ainda assim, não obtém a melhor pontuação entre as três (36/100). Essa segunda inversão, poucos problemas reportados, mas pontuação mediana, só se explica levando em conta que a pontuação de cada ferramenta não deriva apenas da quantidade de itens reportados, mas também da criticidade dos critérios violados: a violação de um critério de nível A tende a pesar mais sobre a pontuação final do que a violação de um critério de nível AA, de modo que duas páginas com contagens de erro numericamente distantes podem receber pontuações relativamente próximas, a depender de quais níveis de critério estejam envolvidos em cada uma. Tomados em conjunto, esses padrões sugerem que a divergência entre as ferramentas não decorre de um único fator constante, mas da interação entre o conjunto de regras de cada ferramenta, incluindo o peso que cada uma atribui aos diferentes níveis de conformidade, e as características específicas do conteúdo de cada página: um formulário extenso, no caso da imprensa; um diagrama predominantemente imagético, no caso do organograma.

Um achado semelhante ocorre com o AccessibilityChecker: em todas as quatro páginas, a ferramenta reporta exatamente 22 verificações manuais, não porque cada página apresente as mesmas 22 questões a verificar, mas porque esse número corresponde a um checklist fixo da ferramenta, do qual o plano gratuito libera apenas 1 item para inspeção efetiva; os demais 21 permanecem bloqueados atrás de um plano pago. Esse valor, portanto, não deve ser lido como equivalente às verificações manuais reportadas pelas demais ferramentas, tampouco como indicação de que a ferramenta de fato avalia 22 aspectos distintos do conteúdo de cada página.

Um terceiro elemento a considerar na leitura desses dados é a exceção ao protocolo de coleta simultânea registrada para a página do COSI (Subseção 4.3.1), na qual a avaliação do Skynet foi realizada dois dias antes da avaliação das demais ferramentas. Tratando-se de uma página que reúne conteúdo dinâmico, avisos e agenda, não é possível descartar que parte da divergência observada para essa página específica decorra de uma diferença real de conteúdo entre as duas datas de coleta, e não exclusivamente de diferenças entre as regras de avaliação das ferramentas. Esse fator soma-se, portanto, às diferenças de categorização já discutidas como uma segunda fonte possível de divergência para esse caso particular, sem que seja possível, com os dados disponíveis, isolar a contribuição de cada uma.

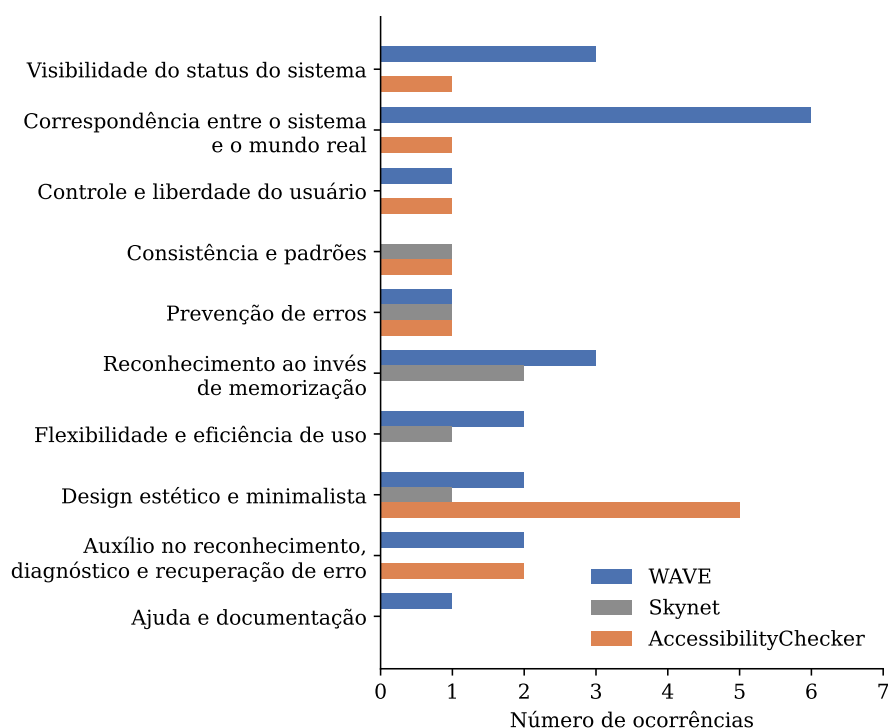
Por fim, cabe registrar que as pontuações fornecidas pelas ferramentas não são apenas numericamente distintas, mas estruturalmente incomparáveis: o WAVE expressa

sua pontuação em uma escala de 0 a 10, o Skynet em um percentual de conformidade e o AccessibilityChecker em uma escala de 0 a 100, cada uma calculada a partir de fórmulas e pesos próprios e não documentados de forma que permita sua replicação. Ainda que fosse aplicada uma conversão aritmética para uma escala comum, tal conversão equipararia apenas a unidade de medida, não o critério subjacente a cada pontuação. Em conjunto, os três achados desta seção: a divergência expressiva entre as contagens reportadas; a ausência de uma ordem estável entre ferramentas; e a incomparabilidade das escalas de pontuação, sustentam a decisão, de não normalizar os resultados entre ferramentas: fazê-lo produziria uma aparência de comparabilidade que os dados, examinados em detalhe, não sustentam.

5.2 Usabilidade das ferramentas

Os dados consolidados nos Quadros 8 e 9 permitem responder ao terceiro objetivo específico deste trabalho. O Gráfico 13 ilustra a distribuição das ocorrências por heurística e por ferramenta.

Gráfico 13 – Ocorrências de heurísticas violadas, por ferramenta.



Elaborado pelo autor.

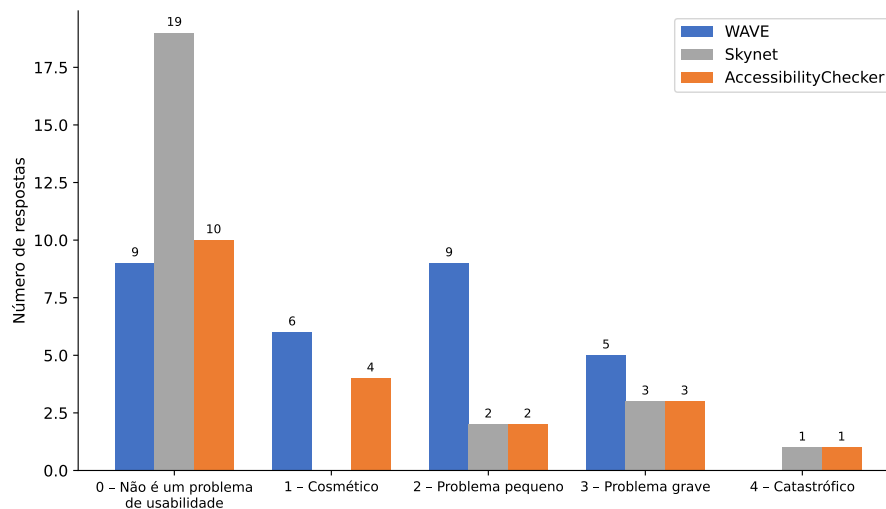
O primeiro aspecto a destacar é o volume desigual de ocorrências entre as ferramentas: o WAVE concentra 21 ocorrências, contra 12 do AccessibilityChecker e apenas 6 do Skynet. Essa diferença de volume não deve ser lida diretamente como indicação de

que o Skynet oferece a melhor experiência de uso entre as três: como já registrado na Subseção 4.3.2, os avaliadores não são integralmente os mesmos entre as ferramentas, e a literatura de avaliação heurística reconhece que a experiência prévia e o perfil do avaliador influenciam diretamente o número e a natureza dos problemas identificados (NIELSEN, 1994). Ainda com essa ressalva, a diferença é grande o suficiente para valer como um indício pontual: pelo menos neste indicador, os dados favorecem o Skynet, sem que isso configure uma avaliação geral da sua interface, até porque, como será visto adiante, a ferramenta também registrou uma inconsistência de severidade catastrófica.

Um segundo aspecto, é a concentração de cada ferramenta em heurísticas específicas. No WAVE, a heurística mais frequentemente violada é a correspondência entre o sistema e o mundo real (6 ocorrências), associada pelos avaliadores a dificuldades na correspondência entre a terminologia técnica do relatório e a compreensão de avaliadores. No AccessibilityChecker, a concentração recai sobre a estética e o *design* minimalista (5 ocorrências), com avaliadores relatando redundância de informações exibidas em múltiplos locais da interface e dificuldade em distinguir visualmente itens aprovados de itens críticos. No Skynet, por sua vez, não há uma heurística claramente predominante, as poucas ocorrências registradas distribuem-se de forma quase uniforme entre diferentes heurísticas, sem que nenhuma concentre mais de duas ocorrências.

Quanto à distribuição de severidade (Quadro 9, ilustrada no Gráfico 14), observa-se que tanto o Skynet quanto o AccessibilityChecker registraram uma ocorrência de severidade 4 (catastrófica) cada, ambas relacionadas a inconsistências internas nos dados apresentados pelas próprias ferramentas: no caso do AccessibilityChecker, uma divergência entre a quantidade de itens de verificação manual exibida na interface *web* (22) e a exibida no relatório exportado em PDF (3) para a mesma página; no caso do Skynet, uma contradição entre o rótulo atribuído a um item (“não aplicável ou que pode exigir auditoria manual”) e a mensagem complementar de que “nenhum elemento foi encontrado para os critérios”, impedindo o avaliador de concluir se o critério correspondente havia ou não sido violado. O WAVE não registrou ocorrências de severidade catastrófica, mas concentrou a maior proporção de ocorrências nos níveis 2 e 3 (14 das 21 ocorrências, ou dois terços), o que indica um perfil de problemas mais numerosos e moderados, sem falhas extremas isoladas, mas também sem a quase ausência de atrito observada no Skynet.

Gráfico 14 – Distribuição das respostas por grau de severidade, por ferramenta.



Elaborado pelo autor.

Um achado adicional, já registrado como particularidade de coleta na Subseção 4.3.2, merece retomada nesta análise: a constatação, por uma das avaliadoras do WAVE, de que respostas sucessivas da mesma URL produziram contagens diferentes de erros, alertas e pontuação. Esse achado dialoga diretamente com a discussão sobre consistência dos resultados apresentada na Seção 5.1: se uma mesma ferramenta pode produzir diagnósticos distintos para o mesmo conteúdo em execuções sucessivas, isso reforça, sob uma perspectiva agora centrada na experiência do avaliador, a fragilidade de se tomar qualquer contagem absoluta, como um valor fixo e confiável, sem considerar as condições específicas de sua geração.

Em conjunto, esses achados não permitem eleger uma ferramenta como a mais usável entre as três, mas permitem caracterizar diferenças distintas entre elas. Uma leitura complementar ao volume de ocorrências é a média do grau de severidade atribuído às respostas de cada ferramenta, calculada a partir dos dados do Quadro 9, ponderando cada grau de severidade (0 a 4) pelo número de respostas que o registraram e dividindo o resultado pelo total de respostas da ferramenta, conforme a Equação (5.1):

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=0}^4 i \cdot n_i}{N} \quad (5.1)$$

em que n_i corresponde ao número de respostas que atribuíram o grau de severidade i e N ao total de respostas recebidas pela ferramenta. O Quadro 11 apresenta o resultado desse cálculo para as três ferramentas.

Quadro 11 – Severidade média das respostas, por ferramenta.

Ferramenta	Severidade média
WAVE	1,34
Skynet	0,68
AccessibilityChecker	1,05

Fonte: Elaborada pelo autor, a partir do Quadro 9.

O WAVE apresenta, portanto, não só o maior volume de problemas, concentrados sobretudo em barreiras de compreensão terminológica, mas também a maior severidade média entre as três; o AccessibilityChecker concentra problemas de natureza estética e de organização visual da informação, com severidade intermediária; e o Skynet, apesar do menor volume aparente de ocorrências, não está livre de falhas graves, como evidencia sua ocorrência de severidade catastrófica, ainda que sua severidade média seja a mais baixa entre as três. Nenhuma das ferramentas se mostrou isenta de problemas capazes de comprometer a satisfação do avaliador em seus resultados.

Cabe registrar, por fim, uma limitação inerente ao desenho desta avaliação heurística. Os avaliadores que dela participaram possuem formação em Sistemas de Informação e cursaram a disciplina de Interação Humano-Computador, mas não são especialistas em usabilidade; como o método de avaliação heurística pressupõe, idealmente, avaliadores especialistas (NIELSEN, 1994), esse perfil pode ter influenciado a quantidade e a profundidade dos problemas identificados. Além disso, cada ferramenta foi avaliada por um subconjunto distinto de avaliadores, de modo que as comparações de usabilidade entre as ferramentas devem considerar a possível variação entre avaliadores, e não apenas as diferenças entre as interfaces, arranjo adotado por viabilidade, dada a disponibilidade dos participantes. Por fim, cada avaliador utilizou o navegador de sua preferência, registrado no momento da aplicação; eventuais diferenças de renderização entre navegadores não foram controladas, configurando uma variável livre do estudo.

6 Conclusão

Este trabalho teve como questão de pesquisa como se comparam ferramentas gratuitas e *online* de avaliação automatizada de acessibilidade *web* quanto à consistência dos resultados e à usabilidade de suas interfaces e relatórios. O objetivo geral que orientou essa investigação foi realizar uma análise comparativa das ferramentas selecionadas, desdobrado em três objetivos específicos, cujas sínteses são apresentadas a seguir. O que se buscou foi aplicar as ferramentas de forma sistemática e caracterizar as diferenças entre WAVE, Skynet Technologies Accessibility Checker e AccessibilityChecker.org sob os dois ângulos investigados, a consistência dos resultados e a usabilidade das interfaces.

Quanto ao primeiro objetivo específico (aplicar as ferramentas selecionadas a cada uma das quatro páginas definidas, registrando os erros, alertas, verificações manuais e pontuações reportados), a coleta foi conduzida integralmente conforme o protocolo descrito na Subseção 4.2.1, e os resultados obtidos para cada página são apresentados no decorrer da Subseção 4.3.1. Esses dados constituem a base sobre a qual os dois objetivos seguintes foram respondidos.

Quanto ao segundo objetivo específico (contrastar os resultados produzidos pelas ferramentas para uma mesma página), a análise apresentada na Seção 5.1 evidenciou uma divergência expressiva entre as contagens reportadas, sem que essa divergência seguisse uma ordem estável ao longo das quatro páginas avaliadas: nenhuma das ferramentas se mostrou sistematicamente mais ou menos conservadora que as demais, e a posição relativa entre elas se alterou de página para página, tanto nas contagens brutas quanto nas pontuações finais. Em conjunto, esses resultados sustentam a conclusão de que os valores absolutos reportados por ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade não são diretamente comparáveis entre si, e que qualquer leitura desses números exige considerar tanto o conjunto de regras que cada ferramenta usa para decompor e contabilizar problemas quanto o peso que atribui à criticidade dos critérios violados ao compor a pontuação final.

Quanto ao terceiro objetivo específico (comparar a usabilidade das ferramentas selecionadas por meio de avaliação heurística), a análise apresentada na Seção 5.2 não identificou uma ferramenta isenta de problemas de usabilidade, tampouco uma claramente superior às demais. Cada ferramenta concentrou suas dificuldades em aspectos distintos: o WAVE, em barreiras de compreensão terminológica entre o relatório técnico e o usuário sem formação em desenvolvimento *web*; o AccessibilityChecker, na organização estética e visual da informação exibida; e o Skynet, apesar de um volume aparente de ocorrências menor, também registrou uma inconsistência interna de severidade catastrófica, tal qual o AccessibilityChecker. A média do grau de severidade por ferramenta corrobora esse

quadro: o WAVE apresentou a maior severidade média, seguido do AccessibilityChecker e do Skynet, cuja severidade média foi a mais baixa, ainda que isso não implique ausência de falhas graves, como evidencia a ocorrência catastrófica já mencionada. Esse resultado é consistente com a constatação, também discutida na Seção 5.2, de que uma das ferramentas produziu contagens divergentes para respostas sucessivas da mesma página, reforçando, agora sob a ótica da experiência do avaliador, a mesma cautela já recomendada quanto à confiabilidade dos valores absolutos reportados pelas ferramentas avaliadas.

Por fim, quanto ao objetivo geral, que orientou a realização de uma análise comparativa das ferramentas selecionadas, os três objetivos específicos, tomados em conjunto, permitem respondê-lo de forma direta: as ferramentas gratuitas e *online* de avaliação automatizada de acessibilidade *web* aqui comparadas (WAVE, Skynet Technologies Accessibility Checker e AccessibilityChecker.org) não se distinguem por uma hierarquia de qualidade em que uma seja superior às demais, em consistência ou em usabilidade, mas por perfis de limitação distintos e, em boa medida, complementares. Nenhuma produz resultados diretamente comparáveis aos das demais, tampouco inteiramente estáveis entre execuções sucessivas de si mesma; e nenhuma está livre de problemas de usabilidade capazes de comprometer a confiança do avaliador em seus próprios relatórios. Reconhecer esse panorama, e não eleger uma vencedora, é, em si, um resultado relevante. Considerando o contexto experimental estabelecido, os resultados sugerem que a escolha entre as ferramentas aqui avaliadas não deve ser guiada apenas por sua pontuação ou pelo volume de problemas que relata, mas por uma compreensão explícita de qual dessas limitações é mais tolerável para o contexto de uso pretendido.

A principal contribuição deste trabalho está, portanto, menos em apontar qual ferramenta usar e mais em oferecer um método replicável de comparação que expõe essas limitações de forma sistemática, método que, dada a velocidade com que novas versões das diretrizes e das próprias ferramentas são publicadas, pode ser reaplicado periodicamente para reavaliar esse panorama. Nesse sentido, este trabalho não encerra a questão de pesquisa que o motivou, mas fornece uma base concreta sobre a qual comparações futuras, envolvendo estas ou outras ferramentas, podem ser construídas.

As limitações deste trabalho foram sendo apresentadas ao longo do texto, à medida que surgiram no percurso do estudo de caso. De modo geral, elas englobam três aspectos. O primeiro diz respeito às restrições próprias de cada ferramenta de avaliação automática, que vão desde limites na quantidade de análises realizáveis em um mesmo período até o acesso condicionado a funcionalidades específicas em planos gratuitos. O segundo refere-se à dificuldade na escolha das páginas avaliadas, decorrente de falhas de processamento apresentadas por uma ou outra ferramenta em determinadas URLs, sem explicação fornecida pelas próprias ferramentas. Por fim, o terceiro aspecto concerne ao desenho da avaliação heurística.

7 Trabalhos Futuros

A partir das limitações discutidas no Capítulo 6, identificam-se três direções concretas para a continuidade deste trabalho. A primeira delas envolve a inclusão da ferramenta TabNav na análise comparativa, hoje excluída em função das restrições de cota observadas em sua versão gratuita. Um cronograma de coleta estendido, distribuído ao longo de um período mais longo, permitiria acomodar essas restrições sem comprometer a comparabilidade entre as quatro ferramentas originalmente selecionadas.

A segunda direção diz respeito ao perfil dos avaliadores da inspeção heurística. Este trabalho empregou avaliadores não especialistas em usabilidade, o que constitui uma ameaça já reconhecida à validade dos resultados apresentados na Seção 5.2. A repetição do protocolo de avaliação heurística com especialistas em usabilidade ou em Interação Humano-Computador permitiria verificar em que medida os padrões aqui observados – como a concentração de problemas do WAVE em barreiras terminológicas e do AccessibilityChecker em aspectos estéticos – se mantêm sob um olhar mais experiente.

Por fim, a constatação de que uma mesma ferramenta pode produzir contagens distintas para respostas sucessivas da mesma página (Seção 4.3.2) sugere uma terceira direção: um estudo dedicado à variabilidade intra-ferramenta, isto é, à estabilidade dos resultados de uma mesma ferramenta ao longo de execuções repetidas sobre um mesmo conteúdo, hoje observada apenas incidentalmente neste trabalho, mas potencialmente relevante para a confiabilidade de qualquer avaliação automatizada de acessibilidade.

Referências

ABASCAL, J. et al. Bridging the gap between web accessibility and usability. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 132, p. 43–54, 2019. Citado 4 vezes nas páginas 15, 24, 26 e 28.

ABOU-ZAHRA, S. Avaliação automatizada de acessibilidade de sites. In: WWV. [S.l.: s.n.], 2005. p. 97–102. Citado na página 13.

AccessibilityChecker.org. *Free Web Accessibility Checker*. 2026. Disponível em: <<https://www.accessibilitychecker.org/>>. Citado na página 30.

BRASIL, G. F. do. *Acessibilidade Digital — Governo Digital*. 2024. <<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-e-usuario/acessibilidade-digital>>. Citado na página 19.

FREIRE, A. P. et al. Avaliação de acessibilidade na Web: um estudo comparativo entre ferramentas de avaliação automática. In: *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC)*. Porto Alegre: SBC, 2008. Citado 9 vezes nas páginas 13, 14, 17, 21, 22, 25, 28, 40 e 44.

MAIA, L. S. Um processo para o desenvolvimento de aplicações web acessíveis. 2010. Citado 3 vezes nas páginas 13, 20 e 21.

NIELSEN, J. Finding usability problems through heuristic evaluation. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM, 1992. (CHI '92), p. 373–380. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

NIELSEN, J. Usability inspection methods. In: *Conference companion on Human factors in computing systems*. [S.l.: s.n.], 1994. p. 413–414. Citado 7 vezes nas páginas 23, 24, 37, 38, 47, 49 e 59.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM, 1990. (CHI '90), p. 249–256. Citado na página 23.

OLIVEIRA, H. T. d. H. Estudo comparativo de ferramentas para avaliação automática da acessibilidade web no desenvolvimento de aplicativo para o tribunal superior do trabalho. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2024. Citado na página 25.

PACHECO, H. S. et al. Análise comparativa das ferramentas de avaliação de acessibilidade. CEIHC, São Paulo, 2016. Acesso em: 01 jan. 2024. Disponível em: <<http://nau.uniriotec.br/index.php/publicacoes/artigos-de-congressos-ou-conferencias/176-analise-comparativa-das-ferramentas-de-avaliacao-de-acessibilidade>>. Citado na página 25.

PACIELLO, M. *Web accessibility for people with disabilities*. [S.l.]: Crc Press, 2000. Citado na página 22.

- PADDISON, C.; ENGLEFIELD, P. Applying heuristics to perform a rigorous accessibility inspection in a commercial context. *ACM SIGCAPH Computers and the Physically Handicapped*, ACM New York, NY, USA, n. 73-74, p. 126–133, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 24.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. d. *Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.
- PUHRETMAIR, F.; MIESENBERGER, K. Making sense of accessibility in it design-usable accessibility vs. accessible usability. In: IEEE. *16th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA '05)*. [S.l.], 2005. p. 861–865. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- Skynet Technologies. *Accessibility Checker*. 2026. Disponível em: <<https://www.skynettechnologies.com/accessibility-checker>>. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- SLOAN, D. *A Study of Factors Influencing the Adoption of Web Accessibility Guidelines*. Tese (Doutorado) — University of Dundee, Dundee, 2006. Acessado em: abr. 2026. Disponível em: <https://discovery.dundee.ac.uk/ws/portalfiles/portal/1305796/Sloan_phd_2006.pdf>. Citado na página 20.
- SONZA, A. P. et al. *Acessibilidade e Tecnologia Assistiva: pensando a inclusão sociodigital de pessoas com necessidades especiais*. Bento Gonçalves: IFRS, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 19.
- Universidade Federal de Ouro Preto. *Atendimento à Imprensa*. 2026. Disponível em: <<https://ufop.br/comunicacao/atendimento-a-imprensa>>. Citado na página 32.
- Universidade Federal de Ouro Preto. *Autenticação*. 2026. Disponível em: <<https://www.ufop.br/autenticacao>>. Citado na página 34.
- Universidade Federal de Ouro Preto. *Colegiado do Curso de Sistemas de Informação*. 2026. Disponível em: <<https://decsi.ufop.br/colegiado/cosi>>. Citado na página 35.
- Universidade Federal de Ouro Preto. *Organograma*. 2026. Disponível em: <<https://prof.ufop.br/organograma>>. Citado na página 33.
- VIGO, M.; BROWN, J.; CONWAY, V. Benchmarking web accessibility evaluation tools: measuring the harm of sole reliance on automated tests. In: *Proceedings of the 10th international cross-disciplinary conference on web accessibility*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 1–10. Citado 6 vezes nas páginas 17, 21, 22, 33, 40 e 44.
- W3C. *Selecting Web Accessibility Evaluation Tools*. 2006. <<http://www.w3.org/WAI/eval/selectingtools.html>>. Citado na página 13.
- W3C. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. 2018. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG21/>>. Citado 6 vezes nas páginas 13, 14, 19, 20, 21 e 22.
- W3C. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. 2023. <<https://www.w3.org/TR/WCAG22/>>. Citado 3 vezes nas páginas 19, 20 e 30.

W3C. *W3C WAI Standards and Guidelines*. 2024. <<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/>>. Citado na página 20.

W3C. *W3C Accessibility Guidelines (WCAG) 3.0*. 2026. <<https://www.w3.org/TR/wcag-3.0/>>. Rascunho das futuras diretrizes de acessibilidade. Acessado em: abr. 2026. Citado na página 20.

WebAIM. *WAVE Web Accessibility Evaluation Tool*. 2026. Disponível em: <<https://wave.webaim.org/>>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.

WOHLIN, C. et al. *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 27.

Apêndices

APÊNDICE A – Roteiro de tarefas

Este roteiro orienta a interação do avaliador com a ferramenta de avaliação de acessibilidade que lhe foi atribuída, tendo como objeto a página de atendimento à imprensa da UFOP (<<https://ufop.br/comunicacao/atendimento-a-imprensa>>). O mesmo conjunto de tarefas aplica-se a qualquer uma das ferramentas avaliadas no trabalho, de modo que avaliadores de ferramentas distintas persigam os mesmos objetivos.

O roteiro define um conjunto de tarefas que o avaliador deve buscar realizar. A forma de cumprir cada tarefa não é indicada: cabe ao avaliador localizar, na interface, como realizá-la. Essa abordagem é proposital, a eventual dificuldade em cumprir uma tarefa constitui, ela própria, indício de um problema de usabilidade a ser registrado segundo as heurísticas. Como as tarefas são as mesmas para todas as ferramentas, variando apenas o caminho percorrido em cada interface, o roteiro assegura a comparabilidade da avaliação entre elas

Nota sobre as WCAG

As *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) são um conjunto de diretrizes internacionais que definem critérios para tornar o conteúdo *web* acessível; cada critério possui um código (por exemplo, 1.4.3) e um nível de conformidade (A, AA ou AAA). Para a realização das tarefas, não é necessário conhecimento prévio dessas diretrizes: quando uma tarefa menciona um critério da WCAG, o que se pede é apenas que o avaliador verifique se a ferramenta exibe essa informação e quão facilmente ela pode ser localizada na interface e não que o avaliador compreenda ou julgue o critério em si.

Tarefas

A partir da submissão da página de atendimento à imprensa à ferramenta, o avaliador deve buscar realizar as seguintes tarefas, registrando no formulário de registro de problemas qualquer dificuldade de usabilidade encontrada no percurso:

1. Submeter a página de atendimento à imprensa à ferramenta e obter o relatório de avaliação de acessibilidade.
2. Localizar a pontuação ou o índice geral de acessibilidade atribuído pela ferramenta à página.
3. Identificar a quantidade total de problemas (erros) reportados.

4. Verificar se a ferramenta permite exportar, salvar ou registrar o resultado da avaliação e, em caso afirmativo, localizar essa opção.
5. Distinguir, no relatório, o que foi aprovado do que foi reprovado.
6. Selecionar um problema específico e descobrir qual critério da WCAG ele viola, bem como o respectivo nível de conformidade (A ou AA); verificar ainda se a ferramenta indica o trecho e a linha de código em que o problema ocorre e, em caso afirmativo, localizá-lo.
7. Compreender, para o problema encontrado na tarefa 6, a explicação ou a recomendação de correção oferecida pela ferramenta.
8. Identificar se há itens que exigem verificação manual e em que quantidade.

Observações

- O avaliador pode percorrer as tarefas na ordem que considerar mais natural e repetir a interação quantas vezes julgar necessário.
- Caso alguma tarefa não seja realizável na ferramenta, essa impossibilidade deve ser registrada, pois também constitui informação relevante para a avaliação.

APÊNDICE B – Formulário de registro de problemas de usabilidade

Este apêndice descreve a estrutura do formulário do Google Forms utilizado para o registro das respostas na avaliação heurística (Subseção 4.2.3). O avaliador preenchia uma resposta a cada vez que identificava uma heurística violada durante a execução do roteiro de tarefas (Apêndice A). O formulário era composto pelos seguintes campos:

1. **Nome:** identificação do avaliador (texto livre).
2. **Qual ferramenta está avaliando?:** WAVE, Skynet Technologies ou Accessibility-Checker (escolha única).
3. **Qual tarefa você está fazendo?:** Tarefa 01 a Tarefa 08, correspondentes ao roteiro descrito no Apêndice A (escolha única).
4. **Heurística violada:** uma das dez heurísticas de Nielsen (1994), ou a opção “Nenhuma das Heurísticas” (escolha única).
5. **Grau de severidade:** escala de 0 a 4, apresentada ao avaliador com a descrição completa de cada grau (escolha única):
 - 0 — Não é um problema de usabilidade;
 - 1 — Cosmético: problema para corrigir apenas se houver tempo disponível;
 - 2 — Problema pequeno: o conserto deste problema pode receber baixa prioridade;
 - 3 — Problema grave: importante de ser consertado e deve receber alta prioridade;
 - 4 — Catastrófico: problema afeta a utilização do sistema e deve ser corrigido.
6. **Causa:** descrição, em texto livre, do que originou o problema identificado.
7. **Como o problema afeta quem usa a ferramenta para avaliar?:** texto livre.
8. **Como o problema compromete a conclusão da avaliação pretendida?:** texto livre.
9. **Possível solução para contornar o problema?:** texto livre.

O Google Forms registrava automaticamente, além dessas respostas, a data e a hora de cada envio.