



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ERGONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ERGONOMIA

**O USO DE PADRÕES DE ACESSIBILIDADE WEB PARA O APERFEIÇOAMENTO
DO DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL ACADÊMICA**

LUCIULA VASCONCELOS VALENÇA

Recife
2025

LUCIULA VASCONCELOS VALENÇA

**O USO DE PADRÕES DE ACESSIBILIDADE WEB PARA O APERFEIÇOAMENTO
DO DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL ACADÊMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ergonomia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ergonomia.

Área de concentração: Ergonomia e Usabilidade de Produtos, Sistemas e Produção

Linha de Pesquisa: Ergonomia e Usabilidade de Produtos, Sistemas e Produção

Orientadora: Prof. Dra. Angélica de Souza Galdino Acioly

Recife
2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Valença, Luciula Vasconcelos.

O uso de padrões de acessibilidade web para o aperfeiçoamento do desenvolvimento de uma plataforma digital acadêmica / Luciula Vasconcelos Valença. - Recife, 2025.

131 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Programa De Pós-Graduação em Ergonomia, 2025.

Orientação: Angélica de Souza Galdino Acioly.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Plataforma digital; 2. Acessibilidade; 3. Usabilidade. I. Acioly, Angélica de Souza Galdino. II. Título.

LUCIULA VASCONCELOS VALENÇA

**O USO DE PADRÕES DE ACESSIBILIDADE WEB PARA O APERFEIÇOAMENTO
DO DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL ACADÊMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ergonomia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para qualificação e obtenção do título de Mestre em Ergonomia.

Aprovada em: 16 de julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Angélica de Souza Galdino Acioly
Orientadora, Presidente da Banca

Prof. Dr. Jose Guilherme da Silva Santa Rosa
Membro interno

Prof. Dr. Renato Fonseca Livramento Da Silva
Membro Externo (UFPB)

Recife
2025

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo geral propor recomendações de acessibilidade e usabilidade para o aperfeiçoamento da interface digital da plataforma acadêmica do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFPE, atualmente em fase de desenvolvimento. As recomendações visam promover a inclusão digital e aprimorar a experiência dos usuários, contribuindo para uma futura implementação mais alinhada às diretrizes do design universal e às normas de acessibilidade. A pesquisa justifica-se pela existência de falhas recorrentes em plataformas acadêmicas que desconsideram requisitos normativos e princípios do Design Universal, impactando negativamente a experiência de pessoas com deficiência e contrariando marcos legais como a Lei Brasileira de Inclusão (2015) e padrões como as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG 2.1). A pesquisa, do tipo estudo aplicado, utilizou abordagem metodológica mista, articulando avaliação heurística por especialistas, inspeção automatizada por meio da ferramenta WAVE e análise estatística descritiva e não paramétrica. Os resultados foram organizados por meio de uma matriz de combinação entre os achados da avaliação heurística e os erros identificados pela ferramenta automatizada, permitindo a análise integrada dos dados. Os resultados evidenciaram falhas críticas nas páginas “Novo Projeto” e “Animais”, como ausência de contraste (WCAG) e inconsistências visuais (heurísticas H4, H5, H7 e H10), comprometendo a experiência do usuário. A triangulação dos métodos possibilitou uma análise integrada, destacando pontos de sobreposição e complementaridade entre os achados. Constatou-se que a interface da plataforma não atende plenamente aos critérios de acessibilidade, usabilidade e design centrado no usuário. Conclui-se que a articulação entre métodos automatizados e avaliação heurística é eficaz para diagnosticar barreiras digitais e propor intervenções fundamentadas. A pesquisa oferece subsídios teóricos e técnicos para o desenvolvimento de ambientes acadêmicos mais inclusivos, alinhados às exigências legais e à equidade no ensino superior.

Palavras-chave: plataforma digital; acessibilidade; usabilidade; inclusão digital.

ABSTRACT

This research aimed to propose accessibility and usability recommendations to enhance the digital interface of the academic platform of the Ethics Committee on the Use of Animals (CEUA) at the Federal University of Pernambuco (UFPE), currently under development. The recommendations are intended to foster digital inclusion and improve user experience, contributing to a future implementation more closely aligned with the principles of universal design and established accessibility standards. The study is justified by the recurring failures of academic platforms that overlook normative requirements and universal design principles, thereby negatively impacting the experience of persons with disabilities and violating legal frameworks such as the Brazilian Inclusion Law (2015) and guidelines such as the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1). This applied study employed a mixed-methods approach, combining expert-driven heuristic evaluation, automated inspection using the WAVE tool, and descriptive and nonparametric statistical analysis. The results were synthesized in a matrix that cross-referenced findings from the heuristic evaluation with errors identified by the automated tool, allowing for an integrated data analysis. Critical usability issues were found on the "New Project" and "Animals" pages, including lack of contrast (WCAG) and visual inconsistencies (heuristics H4, H5, H7, and H10), which compromise the user experience. The triangulation of methods enabled a comprehensive analysis, highlighting overlaps and complementarities between findings. It was found that the platform interface does not fully meet accessibility, usability, and user-centered design criteria. The study concludes that the integration of automated tools and heuristic evaluation is effective for diagnosing digital barriers and proposing evidence-based interventions. This research provides theoretical and technical support for the development of more inclusive academic environments, aligned with legal requirements and equity in higher education.

Keywords: digital platform; accessibility; usability; digital inclusion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de coocorrências de palavras-chave	16
Figura 2: Fluxograma das Etapas da Avaliação Heurística	34
Figura 3: Tela inicial Plataforma Acadêmica CEUA	44
Figura 4: Matriz de Correspondência WAVE vs Heurísticas de Nielsen	52
Figura 5: Strings de Pesquisa	57
Figura 6: Levantamento inicial dos artigos e distribuição	59
Figura 7: Resultados após critérios de inclusão e exclusão dos artigos	60
Figura 8: Fluxograma do Processo de Seleção RSL	61
Figura 9: Fluxo de Navegação da Plataforma CEUA	65
Figura 10: Tela inicial Plataforma Acadêmica CEUA	66
Figura 11: CEUA – Aba Painel	66
Figura 12: CEUA – Aba Projetos	67
Figura 13: Novo Projeto	68
Figura 14: Ferramenta WAVE	69
Figura 15: Análise de Conformidade por Categoria	76
Figura 16: Média de Severidade por Heurística	80
Figura 17: Distribuição das Severidades por Heurística	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Representação da iconografia da ferramenta WAVE	48
Quadro 2: Quadro e correlação do WAVE e Heurísticas de Nielsen	53
Quadro 3: Resultados da Análise de Conformidade por Link/Stepper	71
Quadro 4: Análise Quantitativa das Heurísticas de Nielsen vs Ferramenta WAVE	75
Quadro 5: ANOVA Não Paramétrica (Kruskal-Wallis) para Análise do WAVE	77
Quadro 6: Indicadores de Correlação Wave vs Heurísticas vs Severidade	86
Quadro 7: Recomendações	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatística descritiva e teste de normalidade (Shapiro-Wilk) das heurísticas	82
Tabela 2: ANOVA de Medidas Repetidas para Heurísticas H1, H2, H7, H8, H9	84
Tabela 3: ANOVA Não Paramétrica (Kruskal-Wallis) para Análise da Avaliação Heurística	84
Tabela 4: Recomendação por item WCAG e Matriz de Severidade	90

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 ACESSIBILIDADE DIGITAL	20
2.1.1 Conformidade Normativa	23
2.1.2 <i>Web Accessibility Evaluation Tool (WAVE)</i>	24
2.2 DESIGN UNIVERSAL E USABILIDADE	27
2.3 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA	32
2.3.1 A Avaliação Heurística: Plataformas Educacionais Digitais	39
3 METODOLOGIA	42
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	42
3.2 OBJETO DE ESTUDO	44
3.3 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	45
3.4 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	54
4 RESULTADOS	56
4.1 LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE	56
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DA PESQUISA	62
4.2.1 CEUA UFPE	62
4.2.2 Caracterização da Plataforma do CEUA	63
4.3 ANÁLISE DE CONFORMIDADE DA PLATAFORMA	68
4.3.1 Análise Estatística do WAVE	77
4.4 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DA PLATAFORMA	78
4.4.1 Análise Estatística da Avaliação Heurística	82
4.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	85
4.6 PROPOSIÇÃO DE RECOMENDAÇÕES PARA A PLATAFORMA	88
4.6.1 Recomendações quanto à conformidade ao padrão de Acessibilidade	89

4.6.2 Recomendações quanto aos padrões de usabilidade	92
5 CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS	98
ANEXO A – TERMO DE ANUÊNCIA DA PESQUISA	109
ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA	110
ANEXO C – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DO SOFTWARE WAVE NA PLATAFORMA CEUA	114
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	118
APÊNDICE B – TABELA DE TAREFAS DE NAVEGAÇÃO	121
APÊNDICE C - MODELO DE QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA	123
APÊNDICE D – RESULTADOS DA ANÁLISE DE CONFORMIDADE	132
APÊNDICE E – SOLUÇÕES EM HTML PARA ERROS APONTADOS PELA FERRAMENTA WAVE	133

1 INTRODUÇÃO

A transformação digital no ensino superior estimula o surgimento de plataformas acadêmicas voltadas à gestão de atividades pedagógicas, administrativas e de pesquisa. Contudo, barreiras digitais - especialmente para pessoas com deficiência - demonstram a urgência de interfaces inclusivas e intuitivas. Embora essas plataformas facilitem a comunicação e o acesso a conteúdo e avaliações, sua inacessibilidade compromete a experiência de estudantes e docentes. Assim, investir em design universal e em padrões de acessibilidade torna-se essencial garantindo que todos os usuários possam usufruir plenamente suas funcionalidades digitais. (Melo; Baranauskas, 2021; W3C, 2023)

Barreiras digitais em plataformas acadêmicas podem ser agrupadas em categorias tecnológicas, cognitivas, sensoriais e de usabilidade. A incompatibilidade com tecnologias assistivas, como leitores de tela, compromete o acesso de usuários cegos (Shaw; Kumar, 2022). Navegação complexa e interfaces desorganizadas violam diretrizes internacionais de acessibilidade (W3C, 2023), enquanto a falta de legendas em vídeos exclui estudantes surdos (Marschark; Spencer, 2020). Problemas visuais - como baixo contraste e fontes não *dislexia-friendly* - são amplamente documentados (Rubin *et al.*, 2022), assim como formulários inacessíveis (Henry, 2021). Esses obstáculos reforçam a urgência do design universal (Nielsen, 2019)

Estudos recentes confirmam que a falta de acessibilidade continua sendo um problema significativo no ensino superior. Em uma pesquisa conduzida por Lopes e Rezende (2019), que avaliou portais de Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) no Brasil, observou-se que cerca de 68% desses portais apresentavam barreiras relevantes de acessibilidade para pessoas com deficiência, dificultando o uso adequado das plataformas virtuais. Além disso, um levantamento realizado por Santos e Rodrigues (2021) evidenciou que apenas 32% das universidades analisadas no país mantinham diretrizes formais de acessibilidade digital em seus sistemas acadêmicos, demonstrando que a maioria das instituições ainda não adota políticas consistentes de inclusão no ambiente virtual.

Um relatório da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2023), aponta que menos de 40% das instituições de ensino superior seguem as diretrizes da WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*), um dos principais padrões internacionais de acessibilidade digital. Esses números evidenciam a necessidade

urgente de aprimorar o design e a acessibilidade das plataformas acadêmicas, garantindo que todos usuários possam usufruir plenamente das funcionalidades disponíveis, independentemente de suas limitações físicas, sensoriais ou cognitivas.

A conformidade com as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) é fundamental diante da crescente diversidade de usuários e da expansão do ensino online (W3C, 2023; Santos; Lima, 2022). Estudos comprovam que plataformas acessíveis não só promovem inclusão, mas também aumentam o engajamento e o desempenho dos estudantes (Kim *et al.*, 2021). A relação entre acessibilidade e eficácia pedagógica é reforçada por pesquisas que associam padrões WCAG à melhoria na retenção de alunos (Seale, 2020).

A não conformidade com as diretrizes WCAG compromete significativamente a usabilidade das interfaces digitais e cria barreiras no acesso a serviços e informações online. Alves e Carvalho (2022) evidenciam que, em ambientes virtuais de aprendizagem, a ausência de conformidade com os critérios de acessibilidade impacta negativamente a experiência dos usuários, sobretudo daqueles com deficiência. De forma complementar, Mont'Avão e Souza (2023) destacam que a falta de acessibilidade digital não apenas marginaliza usuários com limitações funcionais, como também desrespeita os princípios de equidade e participação plena. O W3C (2018) reforça que a adoção dos padrões WCAG é condição essencial para garantir um ambiente digital mais inclusivo e universal.

Assim, o design universal, fundamentado nas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG), configura-se como uma estratégia eficaz para tornar plataformas acadêmicas inclusivas e adaptáveis às necessidades de todos os usuários (Alves; Carvalho, 2022; Mont'Avão; Souza, 2023). Conforme evidenciado pelo W3C (2018), a implementação desses princípios não apenas facilita o acesso a conteúdo e ferramentas digitais, mas também reforça significativamente a sensação de inclusão e autonomia dos usuários, especialmente na educação superior.

Em plataformas de ensino e pesquisa, a acessibilidade digital não só viabiliza o acesso aos conteúdos acadêmicos, mas também sustenta atividades pedagógicas, avaliações de desempenho e a colaboração em projetos de pesquisa (Santos *et al.*, 2024).

O Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFPE avalia, aprova e monitora estudos com animais, conforme a Lei n.º 11.794/2008 (Lei Arouca) e as diretrizes do CONCEA. Para aprimorar transparência e eficiência, a universidade

lançou uma plataforma específica para o CEUA, desenvolvida sob princípios de acessibilidade e inclusão digital. Além de cumprir exigências legais e éticas, a ferramenta visa tornar mais inclusiva a submissão, a avaliação e o acompanhamento de projetos por todos os usuários.

As plataformas acadêmicas ainda enfrentam barreiras de acessibilidade digital, as quais podem ser avaliadas segundo as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) reconhecidas pelo W3C (2018). Estudos recentes destacam que a aderência a padrões internacionais de acessibilidade é crucial para promover inclusão e equidade.

Diante desse contexto, surge a seguinte questão de pesquisa: *Como a aplicação conjunta das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) e dos princípios de usabilidade poderá contribuir, durante o desenvolvimento de uma plataforma acadêmica digital, para o aumento da inclusão digital dos usuários, mesmo sem a realização de testes diretos com os usuários finais?*

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor recomendações, a partir dos princípios de acessibilidade e usabilidade, para o desenvolvimento de uma plataforma digital acadêmica do CEUA da UFPE, visando favorecer a inclusão digital de seus usuários.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Levantar um referencial teórico sobre acessibilidade, inclusão e usabilidade na Web, assim como requisitos legais e normativos que regem a acessibilidade em artefatos digitais;
- Identificar padrões de acessibilidade para conteúdo web;
- Caracterizar o objeto da pesquisa a saber a plataforma digital acadêmica em desenvolvimento, assim como seu público-alvo;

- Avaliar a conformidade e não conformidade da plataforma CEUA em desenvolvimento com as diretrizes de acessibilidade da norma Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), considerando o padrão adotado na interface;
- Conduzir uma avaliação de usabilidade (Heurística) na plataforma acadêmica CEUA.

1.2 JUSTIFICATIVA

A pesquisa busca abordar questões cruciais de acessibilidade digital no contexto de plataformas acadêmicas, assegurando que esses ambientes estejam em conformidade com normas e diretrizes que promovam o acesso universal. A justificativa para este estudo se fundamenta em evidências da literatura que demonstram como a falta de conformidade com os padrões de acessibilidade web pode resultar em exclusão digital de usuários com diferentes capacidades, impactando diretamente sua experiência educacional e seu direito ao conhecimento e à igualdade de oportunidades.

Acosta-Vargas *et al.* (2022) exploram os desafios de acessibilidade em plataformas comerciais, revelando lacunas significativas em relação à inclusão de pessoas com deficiência. Esse estudo serve de base para o contexto acadêmico, uma vez que a acessibilidade digital em plataformas educacionais é crucial para evitar barreiras que dificultem o acesso igualitário ao conhecimento. A necessidade de atender a padrões como as *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) emerge, então, como um caminho prioritário para promover um ambiente acadêmico inclusivo.

O estudo de Campos *et al.* (2021) reforça a importância de uma análise heurística na acessibilidade de sistemas acadêmicos, mostrando como esses ambientes podem ser otimizados para atender a um público mais amplo. A aplicação das heurísticas de usabilidade, especialmente em sistemas como o Moodle e outras plataformas de ensino, tem potencial para corrigir falhas que afetam negativamente a experiência do usuário, especialmente daqueles com deficiências visuais ou motoras. Desse modo, a pesquisa justifica-se também pela necessidade de intervenções práticas e baseadas em evidências para reduzir as barreiras de acessibilidade digital em ambientes de ensino superior.

A inclusão digital e social é um direito fundamental assegurado por instrumentos legais como a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) e as

Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo *Web* (WCAG) do W3C (2018). Conforme demonstrado por Passerino e Bez (2008) em estudo publicado na Revista Brasileira de Educação Especial, a acessibilidade digital constitui elemento indispensável para a plena participação de pessoas com deficiência, particularmente em ambientes educacionais virtuais, onde a equidade no acesso à informação é condição básica para o desenvolvimento acadêmico e social.

Paul (2023), ao explorar a conformidade com a WCAG em sites governamentais na Índia, destaca como essas diretrizes promovem um ambiente digital mais acessível, o que é amplamente aplicável ao cenário educacional. Sua pesquisa demonstra que a adaptação a essas normas de acessibilidade proporciona uma experiência digital inclusiva e contribui para uma sociedade mais equitativa. Esse argumento fortalece a justificativa de que plataformas acadêmicas devem ser desenvolvidas ou aprimoradas em conformidade com esses padrões para assegurar que o ambiente educacional não seja apenas acessível em teoria, mas também em prática.

A acessibilidade em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) no Brasil ainda enfrenta desafios significativos, apesar de marcos legais como a Lei Brasileira de Inclusão (2015) e a versão atualizada do eMAG (2021). Estudos indicam que plataformas educacionais, como o Moodle, frequentemente apresentam barreiras que dificultam o acesso de estudantes com deficiência, especialmente em aspectos como navegação por teclado, contraste de cores e descrição de imagens, conforme as diretrizes das WCAG 2.1 (Alves; Carvalho, 2022; eMAG, 2021). Essa realidade pode contribuir para taxas mais elevadas de evasão entre alunos com necessidades especiais.

A presente pesquisa, ao concentrar-se na aplicação dos padrões WCAG e nas heurísticas de usabilidade, tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento de plataformas acadêmicas verdadeiramente acessíveis e inclusivas. Conforme demonstrado por Alves e Carvalho (2022), a implementação sistemática de diretrizes de acessibilidade em ambientes educacionais virtuais é fundamental para criar interfaces que respondam adequadamente às diversas necessidades dos usuários, com especial atenção àqueles que enfrentam barreiras relacionadas a deficiências.

Em conclusão, o presente estudo justifica-se por seu potencial de promover a acessibilidade digital em plataformas acadêmicas, visando garantir o direito de todos os indivíduos ao aprendizado e à participação plena nos ambientes.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi direcionada à análise da acessibilidade e usabilidade da plataforma acadêmica CEUA (Comitê de Ética no Uso de Animais) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O objetivo central é identificar conformidades e não conformidades em relação às Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG).

Para fins de aprofundamento teórico heurística, acessibilidade digital (WCAG) e conformidade normativa. A organização e análise das referências bibliográficas foram viabilizadas com o uso do software Zotero, selecionado por sua eficiência na coleta, gerenciamento e exportação de metadados. Na sequência, o corpus de dados foi processado no software VOSviewer, cuja funcionalidade permitiu a visualização gráfica e o mapeamento das coocorrências entre termos-chave. A seguir, apresenta-se uma síntese descritiva de cada um dos eixos temáticos e do fluxo metodológico empregado na pesquisa.

A Figura 1 apresenta um mapa de coocorrências de palavras-chave relacionadas à avaliação de usabilidade, acessibilidade digital e padrões normativos. Cada nó (ou ponto) indica um termo relevante, enquanto as cores e a proximidade entre eles sugerem a formação de *clusters* ou agrupamentos temáticos.

Figura 1: Mapa de coocorrências de palavras-chave - Dados obtidos e processa



Fonte: Dados da pesquisa (2024), elaborado a partir do *Software VOSViewer.exe* do nós do VOSviewer

A seguir, são descritos os três eixos identificados.

- **Eixo 1 - Acessibilidade Digital**

Este eixo contempla termos como “accessibility”, “WCAG”, “elderly”, “mHealth” e “mobile applications”. Essa concentração temática evidencia a importância de desenvolver e avaliar interfaces digitais inclusivas, especialmente voltadas para pessoas idosas ou com limitações funcionais específicas. As diretrizes WCAG configuram-se como referencial técnico amplamente reconhecido no campo da acessibilidade digital, enquanto o interesse por termos como “mHealth” e “geriatric” aponta para a emergência de estudos focados na saúde móvel (mHealth) - entendida como o uso de tecnologias móveis (como smartphones e aplicativos) para promover, monitorar ou apoiar práticas de saúde, sobretudo em contextos de vulnerabilidade ou restrição de acesso a serviços presenciais. E no atendimento a públicos vulneráveis.

Os eixos temáticos desta pesquisa, essa ênfase está diretamente relacionada aos princípios do design universal, que busca atender às capacidades e limitações de um amplo espectro de usuários (OMS, 2022).

- **Eixo 2 - Conformidade Normativa**

Conformidade Normativa é o eixo que destaca termos como “*datificação*”, “*edtech*”, “plataformas digitais”, “*dataficação*” e “práticas”, sugerindo um diálogo entre a adoção de recursos tecnológicos e a observância de marcos legais e regulamentares. Embora as WCAG também permeiam esse eixo, a análise normativa ultrapassa o aspecto meramente técnico e passa a abranger leis, decretos e regulamentações direcionadas à inclusão digital.

Nesse contexto, questões ergonômicas relacionam-se à garantia de que as exigências legais sejam cumpridas de maneira a promover a segurança e o bem-estar do usuário. Além disso, a “*dataficação*” (ou “*datificação*”) sinaliza a necessidade de refletir sobre o tratamento de dados e o uso de algoritmos, salientando a importância de aspectos éticos e de privacidade.

- **Eixo 3 - Avaliação Heurística**

Este eixo agrupa conceitos como “*aplicação*”, “*avaliação*”, “*heuristics*”, “*older people*” e “*functionality*”. A presença desses termos reforça o uso de listas de

verificação e princípios ergonômicos (por exemplo, os de Nielsen) para a identificação de problemas de interação e navegabilidade. Observa-se também a menção a “*rating*” (avaliações em lojas de aplicativos) e “*mobile phone*”, indicando o crescente interesse na análise de usabilidade em ambientes móveis.

Do ponto de vista ergonômico, a avaliação heurística serve como uma triagem inicial e fornece recomendações práticas para o aperfeiçoamento da interface, sem a necessidade imediata de testes extensivos com usuários. No entanto, é importante complementar essa técnica com métodos empíricos para garantir a validade das recomendações ergonômicas. Os eixos temáticos desta pesquisa os quais a delimita, estão organizados em torno de três aspectos principais, sendo eles:

A Acessibilidade Digital, abrange a análise dos aspectos de usabilidade e acessibilidade da plataforma, considerando os elementos que facilitam ou dificultam a navegação e o uso por pessoas com deficiência. Serão observadas as práticas de design inclusivo e os recursos que tornam a plataforma intuitiva, garantindo que todos os usuários, incluindo aqueles com deficiência visual ou auditiva, possam utilizá-la com facilidade. A análise neste eixo envolve o uso da ferramenta WAVE, que auxilia na identificação de barreiras digitais, avaliando elementos como contrastes de cor, descrições de imagens e organização da informação; a conformidade Normativa explora a adesão da plataforma CEUA às normas e diretrizes internacionais e nacionais sobre acessibilidade digital, com destaque para as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG). A pesquisa busca verificar se os requisitos estabelecidos por essas diretrizes, que incluem princípios de percepção, navegabilidade, entendimento e robustez, são atendidos pela plataforma. Esse eixo temático é crucial para identificar lacunas entre as práticas atuais e as normas de acessibilidade e para embasar recomendações de melhoria; Por fim, a Avaliação Heurística eixo que se apoia em uma avaliação de usabilidade do tipo heurística específica para plataformas acadêmicas, examinando as interações do usuário com a interface digital da plataforma CEUA. Essa análise foi conduzida com base em heurísticas de usabilidade estabelecidas para ambientes educacionais e acadêmicos, permitindo uma identificação detalhada de problemas e sugerindo melhorias específicas para uma experiência de usuário mais inclusiva. Este eixo é particularmente relevante para compreender como os elementos da interface digital impactam a eficácia da plataforma e contribuem para uma experiência de uso mais acessível.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O referencial teórico, neste estudo, desempenha o papel de orientar a análise crítica das práticas de acessibilidade digital com base em normas e diretrizes, como as WCAG, e em princípios de design ergonômico. Ao conectar os objetivos da pesquisa com a literatura relevante, este referencial não apenas embasa as metodologias utilizadas, mas também justifica a necessidade de avaliar a conformidade da plataforma acadêmica quanto à inclusão digital. A partir dessa estrutura teórica, busca-se validar as intervenções propostas, alinhando-as às melhores práticas reconhecidas internacionalmente.

Uma análise realizada na Universidade Federal da Paraíba (Campos *et al.*, 2021) identificou que apenas 35% das funcionalidades do AVA institucional eram plenamente acessíveis. O estudo combinou avaliação automatizada (com ferramentas como Axe Core), inspeção heurística e testes com usuários com deficiência, revelando problemas críticos como falta de textos alternativos em imagens, navegação não intuitiva por teclado e materiais em PDF inacessíveis. Essas falhas demonstraram que a mera conformidade normativa não garante a acessibilidade prática.

Como solução, o caso da UFPB recomendou a capacitação de desenvolvedores nas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG 2.1), a realização de revisões periódicas do sistema com o uso de ferramentas automatizadas especializadas e a inclusão efetiva de usuários com deficiência nos processos de concepção e validação da plataforma. Essa experiência evidencia a necessidade urgente de políticas institucionais que priorizem a acessibilidade digital no ensino superior brasileiro, não apenas como uma exigência técnica, mas como um compromisso ético e legal com a inclusão. Tal diretriz alinha-se diretamente ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 4 da Agenda 2030 da ONU - que defende uma educação de qualidade, inclusiva e equitativa - e também às recomendações do Conselho Nacional de Justiça (CNJ), expressas na Resolução nº 401/2021, que estabelece diretrizes de acessibilidade nos serviços e sistemas digitais da administração pública. Esses marcos normativos reforçam a importância de garantir a equidade no acesso à educação digital para todos os estudantes, especialmente os em situação de vulnerabilidade.

2.1 ACESSIBILIDADE DIGITAL

A acessibilidade digital engloba práticas que garantem acesso universal a conteúdos e funcionalidades de plataformas online, superando limitações físicas ou cognitivas dos usuários. Estima-se que 15 % da população mundial viva com algum tipo de deficiência, o que reforça a urgência de experiências digitais inclusivas (OMS, 2022). No Brasil, o Decreto n.º 10.098/2000 e a Lei Brasileira de Inclusão (LBI 13.146/2015) estabelecem diretrizes obrigatórias para acessibilidade, incluindo o meio digital, enquanto a norma técnica ABNT NBR ISO/IEC 40500:2015 complementa essas regras ao detalhar requisitos para interfaces e recursos digitais (ABNT, 2015).

Como pilar de uma sociedade inclusiva, a acessibilidade digital adapta interfaces (sites, aplicativos e ferramentas) e implementa suportes — leitores de tela, legendas, ajustes de contraste —, promovendo autonomia e igualdade de oportunidades (W3C, 2023; ISO 9241-210, 2019). Além disso, plataformas acessíveis ampliam o público-alvo, melhoram a experiência do usuário e fortalecem a imagem institucional (Nielsen; Loranger, 2007). A pandemia de COVID-19 evidenciou a dependência dessas plataformas e a necessidade das Diretrizes WCAG para manter o ensino remoto inclusivo. Em avaliações com Moodle, a conformidade garantiu a continuidade das atividades de estudantes com deficiência de forma eficiente e autônoma (Silva *et al.*, 2022).

As Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG 2.2), recomendadas pelo W3C, definem critérios para conteúdos móveis, realidade aumentada e outras tecnologias emergentes, sendo adotadas globalmente e incorporadas em legislações como a LBI (W3C, 2023). Para avaliar a conformidade, combinam-se métodos automáticos, manuais e testes com usuários: ferramentas como WAVE e Axe identificam rapidamente problemas comuns (Abascal *et al.*, 2019); inspeções manuais capturam falhas complexas que o código por si só não revela (Brajnik, 2008); Integrações de métricas qualitativas e quantitativas, conforme demonstrado por Luján-Mora e Masri (2012), proporcionam diagnósticos mais completos em ciclos ágeis de desenvolvimento.

Dentre as ferramentas mais usadas destacam-se WAVE, para avaliação visual direta (WebAIM, s.d.); Axe Accessibility Checker, plugin da Deque Systems para testes automáticos em tempo real (Deque Systems, s.d.); Lighthouse, auditoria de acessibilidade e desempenho do Google (Google, s.d.); Color Contrast Analyser,

ferramenta para verificação de contraste conforme WCAG da The Paciello Group (TPGi, s.d.); e Pa11y, ferramenta para testes automatizados com monitoramento contínuo e geração de relatórios (Pa11y, s.d.).

A adoção de WCAG gera benefícios sociais, educacionais e econômicos. Na saúde, prontuários eletrônicos acessíveis aumentam eficiência e segurança do atendimento (Carvalho *et al.*, 2020). Em educação a distância, revisão sistemática em EaD em Foco (Santos *et al.*, 2021) evidenciou avanços na inclusão de estudantes com deficiência, mas apontou a necessidade de capacitação de profissionais e de aplicação rigorosa de diretrizes para promover equidade.

A ISO 9241-210:2019, que trata da ergonomia de interação humano-sistema, oferece diretrizes fundamentais para o design centrado no usuário, reforçando a acessibilidade como princípio essencial do desenvolvimento de interfaces digitais (ISO, 2019). Em conjunto com as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG 2.1), essas normas convergem para a promoção de ambientes virtuais que atendam a uma ampla variedade de deficiências — visuais, auditivas, motoras e cognitivas —, garantindo experiências mais inclusivas e equitativas.

A avaliação da acessibilidade digital é um processo contínuo e multifacetado, que deve combinar métodos automáticos, inspeção manual e testes com usuários. Ferramentas automáticas como WAVE e Axe Accessibility Checker realizam verificações rápidas de conformidade com as WCAG, identificando problemas comuns — textos alternativos ausentes, contrastes insuficientes e marcações sem rótulo — em estágio inicial de desenvolvimento (Abascal *et al.*, 2019). No entanto, esses recursos não capturam aspectos contextuais ou subjetivos, demandando avaliação manual por especialistas. Na inspeção manual, profissionais analisam código-fonte e padrões de interação para detectar falhas complexas de usabilidade e acessibilidade que passam despercebidas por algoritmos (Brajnik, 2008).

Testes com usuários com deficiência complementam essas abordagens, fornecendo feedback direto sobre obstáculos reais de navegação e compreensão. A interação com pessoas que apresentam diferentes perfis de deficiência — visual, auditiva, motora ou cognitiva — permite validar hipóteses de acessibilidade e orientar ajustes contínuos na plataforma (Lazar, *et al.* 2015). Estudos demonstram que a combinação de métricas quantitativas (análise de código, contagem de erros) e qualitativas (entrevistas, observação) resulta em diagnósticos mais robustos, sobretudo em ambientes ágeis de desenvolvimento (Luján-Mora; Masri, 2012).

Entre as ferramentas mais utilizadas no mercado, destacam-se:

- WAVE (WebAIM, 2000): ferramenta visual que sobrepõe indicações de erros diretamente na página, facilitando a correção pontual;
- Axe Accessibility Checker (Deque Systems, 2024): plugin open-source integrado ao navegador para detecção em tempo real de violações às WCAG;
- Lighthouse (GOOGLE, 2024): utilitário do Google que audita acessibilidade, desempenho, SEO e compatibilidade móvel, gerando relatórios com pontuações e recomendações;
- Color Contrast Analyser (CCA) (TPGi, 2024): software para medição precisa de contraste de cores, atendendo aos níveis de conformidade WCAG;
- Pa11y (PA11Y, 2024): ferramenta de linha de comando para testes automatizados e agendados, com geração de relatórios que permitem monitoramento contínuo da acessibilidade.

A implementação rigorosa de diretrizes de acessibilidade digital promove impactos positivos em diversos setores. No âmbito educacional, estudos indicam que a adoção das WCAG em plataformas digitais contribuiu para a inclusão e a continuidade do ensino remoto de estudantes com deficiência durante a pandemia de COVID-19, garantindo maior autonomia e participação (Silva *et al.*, 2022). Na área da saúde, sistemas de prontuário eletrônico acessíveis aumentaram a eficiência do atendimento e reduziram riscos relacionados à segurança do paciente, ao facilitar o acesso e a usabilidade das informações clínicas (Alves; Carvalho, 2022).

Além dos benefícios sociais e éticos, práticas de acessibilidade ampliam o alcance de serviços digitais e fortalecem a reputação institucional, gerando vantagem competitiva e retorno econômico. Revisão sistemática publicada em EaD em Foco destacou que, embora recursos de acessibilidade tenham avançado em ambientes virtuais de aprendizagem, ainda persistem lacunas significativas que exigem capacitação de profissionais e aplicação consistente das normas (Santos *et al.*, 2021).

Portanto, a adoção integrada de normas internacionais — como a ISO 9241-210 e as WCAG 2.2 — juntamente com normas nacionais, exemplificadas pela ABNT NBR 9050:2020, aliada a avaliações periódicas e à participação ativa de usuários com deficiência, configura-se como estratégia indispensável para o desenvolvimento de plataformas digitais verdadeiramente inclusivas e adaptáveis às múltiplas necessidades da sociedade.

2.1.1 Conformidade Normativa

A conformidade normativa em acessibilidade digital é fundamental para promover inclusão em ambientes virtuais e desenvolver interfaces acessíveis a todos os perfis de usuários. As Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG), do World Wide Web Consortium (W3C), constituem o padrão internacional mais reconhecido para essa finalidade. Desde a sua primeira versão (WCAG 1.0, 1999), as diretrizes evoluíram: a WCAG 2.0 (2008) definiu os quatro princípios básicos — Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto; a WCAG 2.1 (2018) estendeu-os a dispositivos móveis e telas sensíveis ao toque; e a WCAG 2.2 (publicada em 2023) incorporou recomendações para realidades virtual e aumentada, reforçando a adaptabilidade em diferentes contextos tecnológicos (W3C, 2008; W3C, 2018; W3C, 2023).

Cada princípio proporciona um arcabouço sistemático para atender às necessidades de usabilidade e acessibilidade (World Wide Web Consortium, 2018):

- Perceptível: informações e componentes da interface devem poder ser captados por todos os sentidos. Alternativas textuais para imagens, legendas em vídeos e compatibilidade com leitores de tela são cruciais para usuários com deficiência visual;
- Operável: elementos de navegação e controles devem ser acionáveis por teclado e tecnologias assistivas garantindo acesso eficiente a pessoas com deficiência motora ou visual.
- Compreensível: a interface exige clareza de linguagem, instruções e mensagens de erro, para evitar frustração de usuários com deficiências cognitivas. Instruções objetivas, como “Digite um e-mail válido”, reduzem erros de preenchimento e melhoram a interação;
- Robusto: o conteúdo deve ser compatível com tecnologias atuais e futuras. O uso de atributos ARIA (Accessible Rich Internet Applications) oferece semântica confiável a leitores de tela e amplia a estabilidade em sistemas complexos.

Além das WCAG, consolidadas pela ISO/IEC 40500:2012 como padrão global de acessibilidade digital, normas complementares, como a ISO 9241-210:2019, reforçam a aplicação do design centrado no usuário em interfaces digitais (ISO, 2012; ISO, 2019). No âmbito legal, destacam-se:

- Seção 508 (EUA): exige conformidade de sites governamentais à WCAG 2.0 (U.S. Government, 2018).
- Diretiva (UE) 2016/2102: padroniza a WCAG 2.1 para entidades públicas europeias (European Union, 2016).
- Lei Brasileira de Inclusão (LBI 13.146/2015) e Decreto 9.296/2018: obrigam acessibilidade digital em serviços públicos no Brasil (Brasil, 2015).
- EN 301 549 (UE): norma para TIC que incorpora critérios WCAG 2.1 em contratos governamentais (ETSI, 2018).
- AODA (Canadá) e Equality Act 2010 (Reino Unido) também adotam WCAG como referência principal (Government Of Ontario, 2005; UK Government, 2010).

A avaliação de acessibilidade deve ser contínua e combinar:

- Ferramentas automáticas — WAVE (WebAIM, 2000), Axe DevTools (DEQUE SYSTEMS, 2024) e Lighthouse (GOOGLE, 2024) detectam rapidamente erros estruturais, mas não capturam nuances contextuais (Vigo *et al.*, 2013).
- Inspeção manual — especialistas analisam código e usabilidade para identificar problemas complexos não evidenciados por algoritmos (Brajnik, 2008).
- Testes com usuários com deficiência — fornecem feedback direto sobre barreiras reais de navegação e interação (Lazar, *et al.*, 2020).
- Métodos combinados — a integração de métricas qualitativas e quantitativas, especialmente em metodologias ágeis, gera diagnósticos mais completos (Luján-Mora; Masri, 2012).

Esse ciclo iterativo de avaliações promove melhorias constantes e assegura que plataformas acadêmicas e institucionais se mantenham equitativas. A adoção integrada de normas internacionais e a participação ativa de usuários com deficiência não devem ser vistas apenas como exigência regulatória, mas como oportunidade estratégica para oferecer experiências digitais eficientes, inclusivas e de qualidade.

2.1.2 Web Accessibility Evaluation Tool (WAVE)

A inclusão digital constitui um dos pilares essenciais para a promoção da igualdade de oportunidades no ambiente online. De acordo com as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG), o desenvolvimento de websites

acessíveis é imprescindível para garantir que todos os usuários, incluindo aqueles com deficiências, tenham pleno acesso à informação e à comunicação. Nesse contexto, a ferramenta *Web Accessibility Evaluation Tool* (WAVE) destaca-se como um recurso eficaz para a identificação e remediação de barreiras de acessibilidade. Esta pesquisa examina as funcionalidades da WAVE, sua aplicação prática e sua relevância na promoção da acessibilidade digital.

De acordo com o WebAIM (2023) WAVE opera como um avaliador automatizado que realiza uma análise detalhada das páginas web, identificando elementos que não estão em conformidade com as diretrizes de acessibilidade. A ferramenta utiliza uma representação visual para marcar erros, alertas e recomendações diretamente no código analisado, facilitando a compreensão dos problemas encontrados.

Entre as funcionalidades do WAVE, destacam-se a verificação de contraste de cores, a avaliação de textos alternativos para imagens e a identificação de problemas de navegação. Essas funcionalidades são fundamentais para garantir que os princípios de acessibilidade — perceptível, operável, compreensível e robusto (POUR) — sejam respeitados durante o desenvolvimento de sites.

Desenvolvida pelo WebAIM (*Web Accessibility in Mind*), a WAVE oferece uma abordagem visual e automatizada para avaliação de acessibilidade. As principais funcionalidades da ferramenta incluem:

- **Análise Visual Detalhada:** O WAVE utiliza ícones e marcadores que destacam erros, alertas e elementos acessíveis diretamente no conteúdo da página. Esses recursos facilitam a compreensão das barreiras existentes (WEBAIM, 2023);
- **Conformidade com as WCAG:** A ferramenta verifica a aderência do site às Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG), identificando violações das recomendações internacionais (W3C, 2018);
- **Integração Automatizada e Manual:** Embora automatize grande parte do processo, a ferramenta incentiva análises complementares manuais, essenciais para questões subjetivas ou contextuais de acessibilidade (WEBAIM, 2023);
- **Exportação de Relatórios:** Relatórios detalhados podem ser gerados, permitindo que equipes multidisciplinares colaborem na resolução de problemas de acessibilidade (WEBAIM, 2023); e

- Extensões de Navegadores: Disponível como extensão para Chrome e Firefox, a ferramenta pode ser utilizada diretamente na navegação, oferecendo conveniência e acessibilidade aos desenvolvedores (WEB AIM, 2023).

No campo acadêmico, a WAVE tem se mostrado um instrumento valioso para a identificação de barreiras de acessibilidade, auxiliando na detecção de problemas que impactam negativamente a experiência do usuário, na proposição de melhorias baseadas em soluções técnicas que aumentem a acessibilidade e a conformidade com as WCAG, e no monitoramento de melhorias implementadas, permitindo comparações quantitativas entre métricas de acessibilidade antes e após as intervenções realizadas, evidenciando assim sua eficácia.

O impacto da WAVE transcende a simples verificação de conformidade. Seu uso promove um ciclo de melhoria contínua, incentivando o planejamento e desenvolvimento de plataformas acadêmicas acessíveis desde o início dos projetos. Ademais, sua interface intuitiva democratiza o acesso às melhores práticas de acessibilidade, permitindo a colaboração de diferentes profissionais na construção de um ambiente digital inclusivo (W3C, 2018).

O WAVE avalia a conformidade com os princípios estabelecidos pelas WCAG, categorizando os resultados em erros, alertas e recursos em conformidade. Erros representam problemas críticos que devem ser corrigidos, enquanto alertas indicam situações que requerem revisão humana. Conforme, Rocha e Baranauskas, (2020) essa divisão permite priorizar a solução de barreiras mais graves e orientar correções efetivas.

Segundo o Comitê Gestor da Internet no Brasil (NIC.br, 2020, o WCAG permite uma abordagem flexível, oferecendo três níveis de conformidade - A, AA e AAA, o que possibilita uma avaliação escalonada e adaptada ao contexto específico da plataforma em estudo. A meta de atingir ao menos o nível AA reflete a necessidade de assegurar que o conteúdo seja acessível e funcional para a maioria dos usuários, alinhando-se aos padrões ergonômicos que visam facilitar a interação e garantir a inclusão (Lopes *et al.*, 2020). Desta forma, a WCAG proporciona um parâmetro teórico e metodológico que fundamenta a análise de acessibilidade, estabelecendo um guia sistemático que sustenta o processo de avaliação de conformidade com foco em uma acessibilidade ampla e inclusiva.

Portanto, o projeto visa não apenas mapear barreiras de acessibilidade, mas também propor um modelo replicável para outras plataformas acadêmicas, alinhado com os princípios do design universal e da usabilidade. Essa abordagem transcende o mero cumprimento normativo, focando na criação de experiências digitais inclusivas, adaptáveis e de alta qualidade para usuários com diferentes necessidades. Conforme Faust *et al.* (2019) e Al-Azawei, Serenelli e Lundqvist (2016), investir em inovação centrada na acessibilidade e usabilidade é fundamental para promover a equidade digital e ampliar a participação no ensino superior, contribuindo para ambientes acadêmicos inclusivos.

2.2 DESIGN UNIVERSAL E USABILIDADE

O Design Universal estabelece as bases para a criação de produtos, ambientes e sistemas acessíveis, enquanto a usabilidade foca na experiência do usuário, garantindo que essa interação seja eficiente, eficaz e satisfatória (Steinfeld; Maisal, 2012). Por exemplo, rampas de acesso projetadas sob os princípios do Design Universal não apenas oferecem acessibilidade a pessoas com mobilidade reduzida, mas também facilitam o uso por todos, incluindo pais com carrinhos de bebê e entregadores com cargas pesadas.

O conceito de Design Universal (DU) surgiu nos Estados Unidos na década de 1970, liderado pelo arquiteto Ronald Mace, defensor da acessibilidade e inclusão no ambiente construído. Para Mace (1985, p. 12), o DU refere-se à concepção de produtos, ambientes e serviços que possam ser utilizados pelo maior número possível de pessoas, independentemente de idade, habilidade ou status social, sem a necessidade de adaptações posteriores. Em 1997, o *Center for Universal Design*, da *North Carolina State University*, sistematizou os sete princípios do Design Universal, oferecendo um referencial prático e conceitual para projetistas de diferentes áreas (CENTER FOR UNIVERSAL DESIGN, 1997).

Esses princípios são considerados diretrizes essenciais para o desenvolvimento de artefatos e sistemas acessíveis, pois incorporam a diversidade humana como elemento central no projeto (Center For Universal Design, 1997). São eles

Uso Equitativo: o design é útil e comercializável para pessoas com diferentes habilidades.

Flexibilidade no Uso: o design acomoda uma ampla gama de preferências e habilidades individuais.

Uso Simples e Intuitivo: o uso do design é fácil de entender, independentemente da experiência do usuário, conhecimento, habilidades linguísticas ou nível de concentração.

Informação Perceptível: o design comunica efetivamente as informações necessárias ao usuário, independentemente das condições ambientais ou das capacidades sensoriais do usuário.

Tolerância ao Erro: o design minimiza riscos e as consequências adversas de ações acidentais ou não intencionais.

Baixo Esforço Físico: o design pode ser usado de forma eficiente e confortável e com o mínimo de fadiga.

Dimensão e Espaço para Aproximação e Uso: são fornecidos tamanho e espaço apropriados para aproximação, alcance, manipulação e uso, independentemente do tamanho do corpo, postura ou mobilidade do usuário (Center for Universal Design, 1997, p. 1).

A aplicação prática desses princípios é ampla. No campo dos artefatos físicos - como utensílios domésticos, equipamentos médicos e mobiliário urbano - o DU busca eliminar características que demandem força excessiva, acuidade visual elevada ou alta destreza motora, fatores que frequentemente excluem idosos e pessoas com deficiência. Estudos publicados em *Applied Ergonomics* indicam que a adoção desses princípios melhora significativamente a experiência de uso de públicos diversos, sem comprometer a funcionalidade para usuários convencionais (Clarkson *et al.*, 2013).

No ambiente digital, o Design Universal é ampliado por diretrizes como as *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG 2.1), elaboradas pelo *World Wide Web Consortium* (W3C, 2018). Essas diretrizes estabelecem parâmetros para tornar conteúdos digitais perceptíveis, operáveis, compreensíveis e robustos, assegurando acessibilidade para pessoas com deficiências sensoriais, cognitivas ou motoras. De acordo com Souza e Martins (2020)

o Design Universal proporciona soluções equitativas e eficazes ao eliminar barreiras e ampliar a usabilidade de sistemas, ainda que culturalmente sua implementação enfrente desafios técnicos e de conscientização no Brasil.

A interface entre o Design Universal e a usabilidade torna-se evidente nesse contexto. Usabilidade é definida pela norma ISO 9241-11 (2018) como:

o grau em que um sistema, produto ou serviço pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso definido.

Essa definição destaca três elementos essenciais:

- Eficácia, que se refere à capacidade de completar as tarefas pretendidas;
- Eficiência, relacionada ao tempo e esforço despendidos para executar essas tarefas;
- Satisfação, que diz respeito ao conforto e à aceitação do sistema pelo usuário.

Jakob Nielsen (1994) complementa que “a usabilidade é um atributo de qualidade que avalia o quão fácil as interfaces são de usar” e propõe cinco componentes fundamentais para avaliação: aprendizado, eficiência, memorização, prevenção de erros e satisfação subjetiva. Além disso, Nielsen e Molich (1990) definiram dez heurísticas, tais como consistência, visibilidade do status do sistema e controle pelo usuário, amplamente utilizadas em avaliações empíricas (Tullis; Albert, 2013).

Rubin *et al.*, (2022) enfatizam que testes de usabilidade devem envolver usuários reais, tarefas autênticas e situações concretas, pois a usabilidade não é estática, mas emerge da interação entre usuário, sistema e ambiente. Nesse sentido, Steinfeld e Maisal (2012) defendem que soluções projetadas segundo princípios universais devem também ser avaliadas quanto à usabilidade para assegurar adoção efetiva. Dessa forma, Design Universal e usabilidade são conceitos complementares: o primeiro estabelece as bases de acessibilidade e inclusão, enquanto o segundo garante a qualidade da experiência do usuário, assegurando eficácia, eficiência e satisfação. A integração desses dois pilares, aplicada em produtos físicos e digitais, fortalece a equidade, a autonomia e a cidadania de diferentes perfis de usuários.

Estudos contemporâneos reforçam essa visão. Publicações como Interacting with Computers e Human–Computer Interaction demonstram que melhorias em usabilidade O Design Universal e a usabilidade são conceitos complementares que, quando aplicados de forma conjunta, resultam em soluções inclusivas, funcionais e agradáveis para diversos tipos de usuários.

Ao projetar interfaces digitais, o Design Universal assegura a acessibilidade para pessoas com deficiência visual ou auditiva, enquanto a usabilidade agrega aspectos como navegação intuitiva e interação eficiente. Estudos de Maguire (2001) reforçam que a aplicação simultânea desses dois conceitos melhora significativamente a inclusão, ampliando o público-alvo e promovendo interações mais satisfatórias.

As tecnologias assistivas compreendem recursos, equipamentos, dispositivos ou sistemas que têm como objetivo facilitar a funcionalidade e a autonomia de pessoas

com deficiência ou limitações, promovendo a inclusão social e a melhoria da qualidade de vida. Elas podem variar desde ferramentas simples, como bengalas e aparelhos auditivos, até tecnologias complexas, como softwares leitores de tela e próteses inteligentes, que auxiliam na comunicação, mobilidade e acesso a informações (Cook; Polgar, 2015).

Segundo Gibson (1979), a percepção humana está intrinsicamente ligada à interação com o ambiente, de modo que as tecnologias assistivas funcionam como mediadoras que ampliam as possibilidades de ação do usuário, adaptando o ambiente às suas necessidades.

No cenário internacional, os avanços em tecnologias assistivas demonstram a importância da integração entre Design Universal e usabilidade. Dispositivos como o OrCam MyEye, uma tecnologia de leitura para deficientes visuais, aplicam princípios do Design Universal ao criar uma solução acessível para diferentes perfis de usuários. Além disso, a usabilidade do dispositivo é otimizada para garantir simplicidade e eficiência na interação (Maguire, 2001).

Outro exemplo refere-se aos sistemas de transporte público acessíveis na União Europeia, que integram plataformas niveladas e sinalizações sensoriais baseadas no Design Universal, enquanto heurísticas de usabilidade garantem que essas soluções sejam intuitivas e seguras para todos os passageiros (Steinfeld; Maisal, 2012).

No Brasil, a aplicação conjunta do Design Universal e da usabilidade tem sido foco de estudos em espaços públicos e serviços essenciais. Souza e Martins (2020) analisaram projetos de mobilidade urbana, como calçadas acessíveis e rampas em prédios públicos, destacando que, embora o Design Universal esteja presente, a ausência de critérios de usabilidade compromete a funcionalidade. Por exemplo, calçadas adaptadas podem não considerar adequadamente a interação com o ambiente, resultando em obstáculos inesperados para os usuários.

O estudo de Perdigão e Lima (2017) sobre o Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro, revela como a combinação de tecnologias assistivas e áudio-descrição pode tornar a experiência cultural mais inclusiva. No entanto, a pesquisa apontou que falhas na aplicação prática desses conceitos limitam a experiência de visitantes com deficiência visual. Problemas como a falta de treinamento da equipe, a ausência de sinalização adequada e inconsistências no uso de audioguias mostram que a acessibilidade comunicacional e espacial ainda apresenta lacunas significativas.

Outro exemplo são as plataformas digitais governamentais brasileiras — como gov.br e sistemas do Ministério da Saúde — que, apesar de seguirem orientações de design universal, enfrentam desafios significativos relacionados à complexidade de uso e baixa usabilidade. Estudos recentes indicam que a aplicação de avaliação heurística (baseada nas heurísticas de Nielsen) e testes com usuários poderiam aumentar a eficiência e satisfação do uso dessas plataformas governamentais brasileiras. (Silva *et al.*, 2023)

Esses casos reforçam a necessidade de um enfoque integrado entre o Design Universal e a usabilidade para assegurar a funcionalidade e a inclusão plena. Assim como os avanços internacionais em dispositivos como o OrCam MyEye ou sistemas de transporte na União Europeia, os exemplos brasileiros apontam para a relevância de investir em treinamento, normatização e avaliação contínua das soluções implementadas. À medida que essas práticas se consolidam, espera-se não apenas ampliar o acesso a serviços e espaços, mas também promover a equidade na experiência de todos os usuários.

Pesquisas indicam que a acessibilidade beneficia não apenas pessoas com deficiência, mas também outros grupos, como idosos e indivíduos em contextos temporários de limitação, reforçando o valor universal desses princípios (Clarkson *et al.*, 2013). Por exemplo, no ambiente educacional, a aplicação de diretrizes como as WCAG contribuiu para melhorar a participação e o desempenho de estudantes com necessidades específicas (Seale, 2014). Resultam em maior retenção de usuários, melhor desempenho funcional e maior inclusão digital, especialmente entre pessoas com deficiência ou com menor letramento tecnológico (Tullis; Albert, 2013; Laurillard, 2012).

A análise dos conceitos de Design Universal e usabilidade evidencia que ambos são pilares essenciais para o desenvolvimento de artefatos acessíveis, funcionais e inclusivos, sejam eles físicos ou digitais. O Design Universal, ao promover soluções equitativas desde a concepção, amplia as possibilidades de participação de diferentes perfis de usuários na sociedade, assegurando autonomia, dignidade e igualdade de oportunidades (CENTER FOR UNIVERSAL DESIGN, 1997; Steinfeld; Maisal, 2012).

Por sua vez, a usabilidade, conforme destacam Nielsen (1993) e a ISO 9241-11 (2018), é um componente estratégico na experiência do usuário, pois está relacionada à eficácia, eficiência e satisfação no uso de sistemas. A integração desses

dois conceitos, quando aplicada a produtos, serviços e ambientes, especialmente em plataformas digitais, fortalece o compromisso com a acessibilidade, a ergonomia e a inclusão tecnológica.

No contexto brasileiro, a adoção dessas abordagens é respaldada por normativas como a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) e a NBR 9050:2020, as quais reforçam a obrigatoriedade de pensar projetos centrados na diversidade humana. Portanto, compreender e aplicar o Design Universal e a usabilidade de forma articulada não apenas melhora o desempenho dos produtos, como também garante direitos fundamentais de acesso, participação e cidadania.

2.3 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

A avaliação heurística foi proposta por Nielsen e Molich (1990) como método de inspeção sistemática de interfaces que permite identificar problemas de usabilidade e acessibilidade sem depender de testes com usuários, tornando o processo mais ágil e economicamente viável. Santa Rosa (2020) complementa que

a Avaliação Heurística de Interfaces é um método de inspeção sistemática que visa identificar problemas de usabilidade e acessibilidade, antecipando falhas sem depender inicialmente de testes com usuários finais.

Apesar da eficácia, Nielsen e Molich (1990) não detalharam critérios de seleção de avaliadores nem cálculo de severidade, o que gera lacunas metodológicas.

Apesar de ter se consolidado amplamente para identificar problemas de usabilidade (Nielsen; Molich, 1990), a proposta original de Nielsen (1994) apresenta lacunas: não oferece orientações objetivas para seleção de avaliadores, atribuição de severidade nem padronização no registro de achados. Contudo, em “*Usability Engineering*” (1994) Nielsen revisitou e estendeu algumas heurísticas mas ainda sem detalhar severidade.

Em 1994, Nielsen (1994) refinou as heurísticas básicas, consolidando um conjunto de dez princípios clássicos que se mantêm amplamente utilizados em avaliações de interfaces. Esses princípios – que vão desde a visibilidade do status do sistema até a necessidade de ajuda e documentação – fundamentam-se em preceitos de ergonomia cognitiva e psicologia da interação (Card; Moran; Newell, 1983; Acioly, 2016). Posteriormente, Nielsen (2005; 2012) revisitou tais heurísticas, ajustando

critérios de severidade e ampliando sua aplicabilidade a diferentes contextos de uso. Albert; Tullis (2013) destacam que essas revisões evidenciam a necessidade de atualização contínua, considerando inovações tecnológicas, para preservar a eficácia do método.

Nielsen (1994) descreve as heurísticas clássicas da seguinte forma:

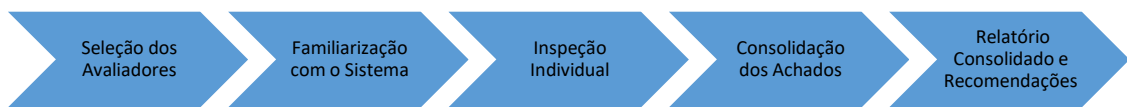
1. Visibilidade do status do sistema: o sistema deve manter os usuários sempre informados sobre o que está acontecendo, por meio de feedback apropriado dentro de um tempo razoável.” (Nielsen, 1994).
2. Correspondência entre o sistema e o mundo real: sistema deve falar a linguagem do usuário, utilizando palavras, frases e conceitos familiares, em vez de termos técnicos. Siga convenções do mundo real, de modo que as informações apareçam de forma natural e lógica.” (Nielsen, 1994).
3. Controle e liberdade do usuário: os usuários frequentemente selecionam funções por engano e precisam de uma ‘saída de emergência’ claramente marcada para deixar estados indesejados sem diálogos extensos. Devem ser oferecidas opções de desfazer e refazer.
4. Consistência e padronização: os usuários não devem ter que se questionar se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa. Siga as convenções da plataforma.
5. Prevenção de erros: ainda melhor do que mensagens de erro claras é um design cuidadoso que impeça que um problema ocorra em primeiro lugar. Elimine condições propensas a erro ou verifique-as e apresente confirmação antes que o usuário confirme ações críticas.
6. Reconhecimento em vez de lembrança: minimize a carga de memória do usuário tornando objetos, ações e opções visíveis. O usuário não deve lembrar informações de uma parte do diálogo para outra; as instruções do sistema devem estar visíveis ou facilmente recuperáveis.
7. Flexibilidade e eficiência de uso: aceleradores - invisíveis para usuários novatos - podem acelerar a interação para usuários experientes. Permita a personalização de ações frequentes.
8. Design estético e minimalista: os diálogos não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Cada unidade extra de informação compete com unidades relevantes, diminuindo sua visibilidade.
9. Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros: as mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos), indicar precisamente o problema e sugerir de forma construtiva como solucioná-lo.
10. Ajuda e documentação: embora seja preferível que o sistema seja usado sem documentação, pode ser necessário fornecê-la. Qualquer informação desse tipo deve ser fácil de pesquisar, focada na tarefa do usuário, listar passos concretos e não ser demasiado extensa.

Nielsen (1994) define como princípio básico a visibilidade do status do sistema, segundo o qual o usuário deve estar constantemente informado sobre o que o sistema está realizando. Da mesma forma, a heurística de prevenção de erros enfatiza a importância de antecipar possíveis falhas antes que o usuário as cometa. Contudo, a proposta não explicita como quantificar a gravidade desses problemas ou como organizar a equipe de avaliadores, o que pode comprometer a consistência da análise.

Essas heurísticas constituem referências sólidas, embasadas em pesquisas de ergonomia cognitiva e psicologia da interação, que orientam especialistas em usabilidade no diagnóstico inicial de problemas em artefatos digitais (Acioly, 2016).

Conforme Nielsen e Molich (1990), o procedimento metodológico da avaliação heurística é composto por cinco etapas estruturadas, descritas a seguir. Apresenta-se, na Figura 2, um fluxograma simplificado dessas etapas:

Figura 2: Fluxograma das Etapas da Avaliação Heurística



Fonte: Adaptado de Nielsen (1993).

- Seleção dos Avaliadores

Selecionam-se de três a cinco avaliadores especialistas em usabilidade, design de interação ou áreas afins, a fim de garantir diversidade de perspectivas e minimizar vieses individuais (Nielsen; Molich, 1990). Recomenda-se que cada avaliador possua conhecimento prévio sobre heurísticas de usabilidade e, preferencialmente, experiência em projetos de interfaces digitais.

- Familiarização com o Sistema

Cada avaliador explora livremente as funcionalidades principais do sistema, compreendendo o contexto de uso, as tarefas críticas e as características gerais da interface (Nielsen; Molich, 1990). Essa fase visa permitir que o avaliador internalize fluxos de interação e identifique áreas de atenção antes de iniciar a inspeção detalhada.

- Inspeção Individual

Os avaliadores percorrem, de forma independente, todas as telas ou fluxos de interação, comparando cada elemento e interação contra as dez heurísticas clássicas (Nielsen, 1994). Cada violação identificada é anotada em um relatório padronizado, que deve conter: (1) Descrição sucinta do problema; (2) Referência à heurística

infringida (por exemplo, “Heurística 5: Prevenção de erros”); (3) Atribuição de severidade, em escala de 1 (baixa) a 4 (catastrófica), conforme critérios estabelecidos por Nielsen (1995).

Exemplo de Registro de Problema: Tela “Login”: o campo de senha exhibe texto em claro, violando a heurística de segurança e prevenção de erros; severidade 3 (alta) devido à exposição de dados sensíveis (Nielsen, 1995).

- **Consolidação dos Achados**

Após concluir a inspeção individual, os avaliadores reúnem-se para comparar e consolidar os achados (Nielsen; Molich, 1990). Agrupam-se problemas similares, elimina-se duplicidades e priorizam-se as correções conforme: (1) Impacto no usuário: quão crítico é o problema para a realização de tarefas; (2) Frequência de ocorrência: quantas vezes o problema aparece em diferentes fluxos ou telas.

- **Relatório Consolidado e Recomendações**

A saída desse processo é um relatório consolidado, contendo: (1) Resumo Executivo com visão geral dos achados; (2) Listagem de Problemas agrupados por heurística; (3) Recomendações de Redesign com soluções sugeridas; (4) Plano de Priorização, categorizado por severidade e importância. Esse relatório serve de guia para iterações subsequentes de design e pode ser validado, posteriormente, por meio de testes de usabilidade com usuários finais.

Embora amplamente utilizadas, essas heurísticas não estabelecem, em sua forma original, um procedimento passo a passo para conduzir a avaliação nem detalham o critério de severidade dos problemas identificados (Santa Rosa, 2020, p. 32). Por isso, muitos autores complementam o método de Nielsen com etapas mais sistematizadas.

O procedimento metodológico de Santa Rosa, (2020) para avaliação heurística é composto por sete etapas sequenciais: planejamento, recrutamento, treinamento 2 e 3, sessões de avaliação heurística, compilação de resultados e análise/apresentação:

1. Planejamento. Nesta fase inicial, definem-se os objetivos da avaliação, delimita-se o escopo do sistema ou protótipo a ser inspecionado e estabelecem-se os recursos e cronograma necessários. O autor orienta que

sejam identificadas as funcionalidades críticas e as metas de usabilidade e acessibilidade, de modo a orientar todo o processo subsequente.

2. Recrutamento. Após o planejamento, procede-se à seleção dos avaliadores. Santa Rosa (2020) recomenda formar um grupo heterogêneo, com profissionais de diferentes formações (por exemplo, ergonomistas, designers de interface e especialistas em experiência do usuário), a fim de obter múltiplas perspectivas sobre potenciais falhas de usabilidade.
3. Treinamento 2. Nesta etapa, os avaliadores participam de uma sessão de apresentação dos conceitos centrais da avaliação heurística. Trata-se de revisar as heurísticas de Nielsen (1994) e discutir exemplos que ilustrem cada princípio, garantindo entendimento comum sobre sua aplicação.
4. Treinamento 3. O autor sugere um treinamento adicional focado na atribuição de severidade das violações heurísticas e no uso do instrumento de coleta de dados (planilha padronizada). Os avaliadores aprendem a classificar problemas segundo critérios de impacto na experiência do usuário e a registrar as informações de forma estruturada.
5. Sessões de Avaliação Heurística. Cada avaliador realiza a inspeção individual, percorrendo as telas ou fluxos de interação do sistema. Durante essas sessões, registra-se toda violação observada, relacionando-a à heurística correspondente e atribuindo-lhe o grau de severidade previamente definido. O autor recomenda que essas inspeções sejam conduzidas de maneira autônoma, assegurando independência na identificação dos achados.
6. Compilação de Resultados. Concluídas as inspeções individuais, os avaliadores reúnem-se para consolidar as anotações. Nesse encontro, discutem-se possíveis divergências, agrupam-se problemas semelhantes e definem-se valores finais de severidade, de forma a obter um conjunto unificado de achados.
7. Análise, Debriefing e Apresentação. Na etapa final, elabora-se o relatório consolidado, contendo descrição dos problemas agrupados por heurística, critérios de prioridade e recomendações de redesign. Em seguida, realiza-se o debriefing com os stakeholders, no qual os resultados são apresentados

e debatidos, permitindo alinhar as próximas ações de melhoria do sistema com base nas conclusões da avaliação heurística.

Após a avaliação individual, Santa Rosa (2020) recomenda consolidar as anotações em uma planilha estruturada, contendo as seguintes colunas: Número de heurística: identificação do princípio associado; Descrição do problema: texto que descreve a falha observada; Local/tela, número de heurísticas violadas; Grau de severidade (0 a 4); Comentários e Soluções propostas; Captura de tela: evidência visual do problema. Essa organização facilita a discussão em reuniões de equipe e a priorização dos ajustes de design. Conforme Santa Rosa (2020): “a padronização na coleta de dados aumenta a confiabilidade da análise e permite comparações entre diferentes ciclos de avaliação”.

Enquanto Nielsen (1994) oferece um conjunto de dez heurísticas que devem orientar qualquer inspeção de interface, Santa Rosa (2020) complementa tais princípios com um protocolo de aplicação detalhado. Observa-se que a abordagem de Santa Rosa (2020) fornece maior objetividade na priorização de problemas, ao passo que Nielsen (1994) mantém a flexibilidade necessária para contextos emergentes, mas carece de padronização.

As heurísticas clássicas de Nielsen, embora genéricas, têm sido adaptadas a contextos específicos, reunindo princípios ergonômicos e cognitivos para diferentes ambientes de interação. Entre as principais adaptações, destacam-se: Jogabilidade em Games: Diretrizes voltadas à imersão, recompensa, narrativa e respostas táteis, conforme Desurvire, Caplan e Toth (2004); Realidade Virtual (VR): Atenção à tridimensionalidade espacial, à latência de sistemas e ao uso de dispositivos não convencionais, segundo Sutcliffe e Gault (2004); Design de Interação Geral: Articulação de conceitos de psicologia, ergonomia e design para acelerar a prototipagem e identificar precocemente falhas, conforme Preece, Rogers e Sharp (2013); Dispositivos Móveis: Heurísticas que consideram gestos, resposta ao toque, restrições de tela e uso em movimento, conforme Nielsen, (2012) e Pinelle, Wong e Stach (2008); IA Conversacional e Multimodal: Critérios para diálogos naturais, consistência contextual e integração de múltiplos modos de interação (voz, texto, gestos), conforme Luger e Sellen (2016) e Gnewuch *et al.* (2017).

Essa diversidade de adaptações demonstra a flexibilidade do método de avaliação heurística, que se mantém relevante em cenários emergentes de interação humano-computador.

A avaliação heurística encontra respaldo nos três pilares da usabilidade, definidos pela ISO 9241-11: 2018 - eficácia, eficiência e satisfação. Além disso, incorpora elementos do Design Universal, garantindo a inclusão de diferentes perfis de usuários, conforme Acioly (2016)

a usabilidade, ao lado dos princípios ergonômicos e do design universal, proporciona bases metodológicas robustas para avaliações aplicadas a artefatos físicos e digitais.

As heurísticas de Nielsen se fundamentam em princípios de ergonomia cognitiva, de modo a reduzir a carga mental dos usuários, minimizar a necessidade de memorização e prevenir erros de interação (Acioly, 2016). Um exemplo que ilustra a carga cognitiva são os aspectos como “Reconhecimento em vez de lembrança” e “Prevenção de erros” refletem diretamente a preocupação com as limitações da memória de trabalho e com mecanismos de suporte cognitivo.

A integração das heurísticas com as WCAG 2.1 (W3C, 2018) reforça o compromisso com a acessibilidade digital, exigindo atenção especial a contraste, feedback visual, navegação sem dependência exclusiva de mouse, entre outros recursos. A avaliação heurística, aliada a ferramentas como WAVE, permite antecipar barreiras de uso para pessoas com deficiência visual, auditiva, motora ou cognitiva, contribuindo para a inclusão digital (Tullis; Albert, 2013).

A qualidade dos achados em uma avaliação heurística está diretamente relacionada à experiência e ao conhecimento prévio dos avaliadores selecionados. Nielsen e Molich (1990) introduziram a avaliação heurística como método para identificar problemas de usabilidade. Contudo, Nielsen e Loranger (2007) reforçam que a participação de avaliadores especializados, familiarizados com heurísticas e práticas de design de interação, é fundamental para maximizar a identificação de problemas críticos. Quando avaliadores pouco experientes conduzem a inspeção, existe risco de subestimarem violações sutis, reduzindo a abrangência do diagnóstico. Além disso, a subjetividade inerente à interpretação das heurísticas pode resultar em classificações de severidade inconsistentes, comprometendo a confiabilidade do relatório final (Nielsen; Molich, 1990). Dessa forma, a formação adequada, o treinamento específico e a diversidade de experiências entre os avaliadores são condições essenciais para minimizar vieses individuais e garantir que os problemas de usabilidade mais relevantes sejam identificados e priorizados corretamente (Tullis; Albert, 2013).

Outra limitação importante diz respeito ao alcance genérico das heurísticas clássicas, que nem sempre contemplam especificidades culturais, setoriais ou de domínio técnico. Embora Santa Rosa (2020) saliente que a avaliação heurística seja ágil e economicamente viável, ele também reconhece que, em projetos que envolvem contextos muito particulares (como aplicações governamentais ou sistemas de realidade virtual), é necessário complementar as heurísticas originais com diretrizes específicas estabelecidas por especialistas no domínio em questão. Preece, Rogers e Sharp (2013) reforçam essa perspectiva ao afirmar que a adaptação dos princípios de Nielsen deve levar em conta características de navegação próprias de cada sistema, sob pena de deixar lacunas em aspectos como arquitetura de informação e suporte semântico. Assim, a dependência exclusiva das heurísticas clássicas pode resultar em diagnósticos superficiais, exigindo a integração de métodos complementares (por exemplo, testes com usuários ou avaliações baseadas em dados quantitativos) para cobrir áreas não atendidas pelas heurísticas tradicionais (Santa Rosa, 2020; Preece; Rogers; Sharp, 2013).

Além disso, as heurísticas exigem revisões periódicas para acompanhar as rápidas transformações tecnológicas e novos padrões de interação. Albert e Tullis (2022) destacam que, após as atualizações de 2005 e 2012, tornou-se evidente a necessidade de ajustar critérios de severidade e expandir diretrizes para contextos emergentes, como interfaces de inteligência artificial conversacional e dispositivos vestíveis. Acioly (2016) complementa ao enfatizar que a evolução dos pilares ergonômicos — eficácia, eficiência e satisfação conforme a ISO 9241-11 (ISO, 2018) — deve ser continuamente integrada às heurísticas, garantindo que aspectos visuais, cognitivos e perceptivos dos usuários sejam respeitados. Sem essa atualização constante, o método perde parte da sua eficácia original, podendo deixar de identificar problemas críticos relacionados a novas formas de interação (Acioly, 2016; Albert; Tullis, 2022). Portanto, a revisão periódica das heurísticas constitui prática imprescindível para manter sua relevância em ciclos iterativos de design.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa assume o formato de estudo aplicado, de caráter exploratório-descritivo e abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos para investigar e aprimorar a acessibilidade e a usabilidade da Plataforma Acadêmica Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Segundo Gil (2008), pesquisas aplicadas buscam gerar conhecimento com aplicação direta, ao passo que a vertente exploratória viabiliza o reconhecimento de fenômenos ainda pouco investigados, e a fase descritiva detalha características, relações e padrões observados sistematicamente.

Foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura seguindo a estrutura PICO (Patient/Problem, Intervention, Comparison, Outcome; Richardson *et al.*, 1995) e o protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*; Moher *et al.*, 2009), com busca de evidências publicadas entre 2020 e 2025, garantindo reprodutibilidade. O objetivo principal da RSL foi investigar o volume e a qualidade da produção científica sobre acessibilidade e usabilidade em plataformas digitais acadêmicas, permitindo a identificação de lacunas temáticas, tendências metodológicas e diretrizes mais frequentemente aplicadas no campo em bases de dados aferidas.

Paralelamente à RSL, a pesquisa incorporou uma Revisão de Literatura complementar, composta por livros técnicos, capítulos de obras de referência e artigos científicos que não atenderam aos critérios formais da revisão sistemática — seja por sua natureza conceitual, por data anterior ao recorte temporal da RSL, ou por não serem artigos empíricos indexados em bases específicas. Esses materiais, embora fora do corpus da RSL, foram criteriosamente selecionados com base em sua relevância teórica, autoridade dos autores e contribuição para o aprofundamento das discussões analíticas e fundamentação dos conceitos-chave. Dentre esses textos, destacam-se obras clássicas e contemporâneas sobre usabilidade, ergonomia cognitiva, design universal, interação humano-computador e acessibilidade digital, que forneceram suporte conceitual ao longo de toda a pesquisa.

Essa articulação metodológica - combinando o rigor da RSL com a abrangência crítica da literatura técnica e teórica, conferiu uma maior solidez à

caracterização do problema de pesquisa, permitindo não apenas compreender o cenário atual, mas também refletir sobre a evolução conceitual e os desafios emergentes na avaliação de plataformas educacionais sob a ótica da inclusão digital.

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa seguiu uma abordagem interpretativa, voltada à verificação da conformidade da plataforma acadêmica com os preceitos de usabilidade, acessibilidade e inclusão digital. Para tanto, emprega-se um método misto através do qual, técnicas qualitativas e quantitativas são integradas por meio de triangulação de dados:

1. Análise Automatizada – Consistiu na aplicação da ferramenta WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool) para a extração de métricas quantitativas de acessibilidade digital, abrangendo indicadores como erros, alertas, contrastes inadequados e ausência de rótulos ARIA. Essa abordagem permitiu o mapeamento sistemático e objetivo das não conformidades presentes na interface, contribuindo para a identificação de barreiras técnicas à acessibilidade conforme os critérios das diretrizes WCAG 2.1. Os resultados dessa etapa encontram-se detalhados no Anexo C.
2. Avaliação Heurística – Foi realizada uma inspeção sistemática da interface com base nas dez heurísticas de usabilidade propostas por Nielsen (1994), por meio da atuação de cinco avaliadores independentes com experiência em UX e acessibilidade. O procedimento visou garantir a robustez da análise e a confiabilidade Inter avaliador, permitindo identificar violações de usabilidade em múltiplas dimensões da interação humano-computador.
3. Validação Estatística — Para análise das diferenças entre os critérios avaliados, será aplicado o teste ANOVA One-Way, considerando nível de significância de $\alpha = 0,05$. Caso os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância não sejam atendidos, será adotado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, mais apropriado para dados assimétricos e amostras reduzidas. Os detalhes dos testes estatísticos serão apresentados no capítulo de resultados.

Essa combinação de métodos buscar promover simultaneamente, uma profundidade interpretativa dos dados qualitativos e a base estatística das evidências quantitativas, permitindo uma análise mais abrangente e fundamentada das práticas de design digital adotadas pela plataforma.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é a Plataforma Acadêmica Digital do CEUA, desenvolvida pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e pré lançada para uso em janeiro de 2025. A plataforma pode ser acessada através do link: <https://ceua.ufpe.br/>

Figura 3: Tela inicial Plataforma Acadêmica CEUA



Fonte: <https://ceua-staging.ufpe.br/> (2025)

A finalidade da plataforma acadêmica é facilitar e otimizar a gestão de pesquisa que envolvam o uso de animais, observando os requisitos éticos, legais e normativos aplicáveis. Consiste ainda em agilizar o fluxo de submissão e acompanhamento de pesquisa que, complementando os sistemas já existentes, como a Plataforma Brasil, através de um ambiente virtual que facilite a interação entre pesquisadores, docentes, técnicos e discentes da UFPE ou outras instituições, membros do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) e demais interessados. Desse modo, o processo de revisão e aprovação ética das propostas de pesquisa torna-se mais transparente, acessível e eficiente.

3.3 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

O percurso metodológico foi delineado com o objetivo de atender aos propósitos da investigação, orientando-se pela necessidade de compreender, avaliar e propor melhorias quanto à conformidade de um artefato digital frente aos padrões normativos de acessibilidade e usabilidade. Para tanto, a estrutura da pesquisa integrou múltiplos métodos a partir de uma abordagem interpretativa voltada à experiência do usuário.

De modo geral a pesquisa foi estruturada em cinco etapas, descritas a seguir:

- ETAPA 1 - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL

Para a construção do referencial teórico, foi adotada, inicialmente, uma revisão sistemática da literatura fundamentada no protocolo PICO, amplamente reconhecido por sua aplicabilidade na estruturação de questões de pesquisa, em especial em estudos de revisão (Higgins; Green, 2011). Essa abordagem foi adaptada para investigar a aplicação de padrões de acessibilidade web em plataformas digitais acadêmicas, com ênfase nos princípios das WCAG, na ergonomia web e na avaliação heurística. As buscas serão realizadas em bases de dados relevantes, por meio de *strings* de pesquisa elaboradas no formato *TITLE-ABS-KEY*, ajustadas às especificidades de cada base, (Scopus, SciELO, ACM Digital Library, IEEE Xplore e o Portal de Periódicos CAPES).

Para o levantamento normativo foram consultadas as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web – WCAG 2.1, publicadas pelo *World Wide Web Consortium* (W3C, 2018), a norma ISO/IEC 40500:2012, equivalente internacional das WCAG, e a norma brasileira ABNT NBR 17060:2022, que estabelece os requisitos de acessibilidade para conteúdos digitais. Também foi considerado o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico – eMAG, que serve como guia prático para o desenvolvimento de interfaces digitais acessíveis no âmbito do serviço público brasileiro. Este levantamento permitiu a identificação dos critérios normativos e ergonômicos que norteiam o desenvolvimento de interfaces inclusivas, os quais foram organizados em uma matriz de análise com base nos quatro princípios da WCAG: perceptível, operável, compreensível e robusto.

- ETAPA 2 - PESQUISA DE CAMPO – RECONHECIMENTO DA PLATAFORMA CEUA

Esta etapa da pesquisa iniciou com a descrição da plataforma e contato com os desenvolvedores. Esta fase foi essencial para aprofundar a compreensão do contexto, identificar as particularidades do sistema em desenvolvimento e estabelecer os protocolos necessários para a realização dos testes de acessibilidade e usabilidade.

Inicialmente, o projeto recebeu anuência formal da Superintendência de Tecnologia da Informação – STI Labs da UFPE, conforme Carta de Anuência emitida em 04 de dezembro de 2024 (ver ANEXO A). Em seguida, foram realizadas reuniões com a equipe técnica do STI Labs, representada pelo desenvolvedor da plataforma digital CEUA, para compreender as funcionalidades previstas, os fluxos operacionais do sistema e o perfil do público-alvo. Essas reuniões também visaram o alinhamento institucional e técnico necessário para a condução ética da pesquisa, culminando na formalização das solicitações de autorização junto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) (ver ANEXO B).

Além disso, tais encontros foram fundamentais para o mapeamento de pontos críticos da plataforma e para o estabelecimento de consensos entre pesquisadora, desenvolvedores e representantes do CEUA, buscando a conformidade metodológica e ética do estudo. O processo de alinhamento permitiu, ainda, definir os parâmetros de acesso à versão homologada da plataforma, assegurando a integridade do sistema e o respeito aos dados institucionais durante a realização dos testes.

Com o apoio técnico da equipe de TI da Universidade, foi viabilizada a instalação temporária de pontos de internet e configurado o acesso à rede institucional na UFPE no setor da Equipe do CEUA. Isso permitiu a conexão segura à plataforma para a realização das análises planejadas. O desenvolvedor responsável também concedeu acesso à versão homologada do sistema, garantindo que a pesquisadora pudesse realizar tanto a avaliação de conformidade com as diretrizes de acessibilidade (baseadas nas WCAG 2.1 e no modelo eMAG), quanto a inspeção heurística da usabilidade da interface, utilizando métodos previamente definidos no protocolo metodológico.

O agendamento das atividades de campo foi previamente acordado e executado com visita técnica ao setor no dia 21 de janeiro de 2025. Essa proximidade

com os profissionais e o ambiente de uso real da plataforma trouxe maior robustez à pesquisa e possibilitou uma análise contextualizada, alinhada às práticas de avaliação centrada no usuário.

- ETAPA 3 - PESQUISA DE CAMPO - VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DA PLATAFORMA CEUA

Para a condução da verificação de conformidade proposta, inicialmente foi realizado um pré-teste com o objetivo de familiarização com a *Web Accessibility Evaluation Tool* (WAVE), desenvolvido pela WebAIM (2021), e leitura detalhada de seu manual de uso. Essa etapa permitiu compreender os critérios de análise, categorias de severidade (erros, alertas e boas práticas) e opções de exportação de relatórios. Posteriormente, instalar-se-á a extensão WAVE no navegador *Chrome*, garantindo acesso rápido aos relatórios *online*, e validar-se-á o ambiente de testes, desativando notificações e pop-ups que poderiam interferir na captura dos dados.

Definido o escopo, selecionaram-se as URLs representativas dos módulos críticos da plataforma CEUA (página inicial, login, consulta de processos e formulários de submissão) e configurou-se a simulação de dispositivo desktop, alinhando-se ao perfil de uso predominante. Em seguida, realizar-se-á um pré-teste em páginas de exemplo para familiarização com o fluxo de análise e ajuste de parâmetros, assegurando a consistência do procedimento antes do teste formal.

Em seguida, foi realizado um único teste formal de conformidade, acessando o site em <https://wave.webaim.org> (acesso em 10 maio 2025) as URLs dos principais módulos da plataforma — página inicial, login, consulta de processos e formulários de submissão. A WAVE gerou relatórios de erros, alertas e boas práticas, cujos dados serão exportados e organizados em planilha comparativa, viabilizando a identificação e quantificação das barreiras de acessibilidade presentes.

O teste propriamente dito consistiu na submissão de cada URL à WAVE, registrando-se os relatórios gerados de erros (violações diretas de WCAG 2.1), alertas (potenciais problemas, como contraste insuficiente) e boas práticas (elementos plenamente conformes). Cada relatório foi capturado a tela e armazenado numa pasta de download, posteriormente foi organizados os dados numa planilha.

A planilha foi organizada em cinco colunas principais, além da identificação de cada página ou etapa da plataforma CEUA. Na coluna “Página/Etapa” registraram-

se os nomes das interfaces analisadas (por exemplo, Página Inicial, Aba Projetos, Novo Projeto e cada etapa do fluxo de submissão). Em “Erros Críticos” foram contabilizadas as violações diretas às diretrizes de acessibilidade que bloqueiam funcionalidades; em “Alertas” foram reunidos potenciais problemas que exigem verificação manual; em “Recursos Positivos” constam os elementos que já atendem plenamente aos critérios de conformidade; em “Elementos Estruturais” estão os componentes semânticos (títulos, listas, *landmarks*) identificados; e em “Atributos ARIA” foram listados os itens com marcações ARIA para apoio a leitores de tela. Cada linha da planilha corresponde a uma página ou etapa, possibilitando comparações diretas e a definição de prioridades de correção.

A WAVE utiliza uma variedade de ícones para representar diferentes tipos de problemas, recursos e alertas relacionados à acessibilidade. Abaixo, são listados todos os ícones apresentados pela plataforma, organizados em um quadro para facilitar a compreensão. (Quadro 1)

Quadro 1: Representação da iconografia da ferramenta WAVE

Ícone	Categoria	Descrição	Exemplos Comuns
✖	Erros (Errors)	Indica violações graves das diretrizes WCAG que impedem a acessibilidade.	- Falta de texto alternativo (alt). - Contraste insuficiente. - Cabeçalhos ausentes ou mal hierarquizados.
⚠	Alertas (Alerts)	Sinaliza problemas que podem afetar a acessibilidade, mas não são violações diretas das WCAG.	- Links genéricos ("clique aqui"). - Textos muito longos ou complexos. - Uso excessivo de Java Script.
📄	Estrutura (Structural)	Destaca elementos estruturais da página, como cabeçalhos, listas e tabelas.	- Verificação de hierarquia de cabeçalhos (h1, h2, etc.). - Listas mal formatadas.
✓	Recursos de Acessibilidade	Identifica elementos que estão em conformidade com as diretrizes de acessibilidade.	- Textos alternativos corretos. - Contraste adequado. - Uso correto de ARIA.
👤	Formulários (Forms)	Destaque de elementos interativos, como campos de entrada, botões e rótulos.	- Rótulos (labels) ausentes. - Botões sem descrições para leitores de tela.
🔗	Links (Links)	Identifica links e verifica sua acessibilidade.	- Links quebrados. - Links sem texto descritivo.
🎯	Contraste (Contraste)	Destaque de problemas relacionados ao contraste de cores.	- Texto com baixo contraste em relação ao fundo.

	Imagens (Imagens)	Foco em elementos visuais, como imagens e ícones.	-Imagens sem texto alternativo. -Imagens decorativas com alt desnecessário.
	Áudio/Vídeo (Media)	Verifica a acessibilidade de elementos multimídia.	- Vídeos sem legendas. - Áudios sem transcrição.
	ARIA (ARIA)	Destaque de elementos que utilizam ARIA (Accessible Rich Internet Applications).	- Uso incorreto de atributos ARIA. -ARIA redundante ou desnecessária.
	Verificação Manual (Manual Checks)	Indica áreas que requerem uma avaliação manual, pois não podem ser verificadas automaticamente.	- Conteúdo dinâmico. - Interações complexas com Java Script.

Fonte: Adaptado de WebAIM (WAVE) (s.d.) e W3C (WCAG 2.1, 2018)

• ETAPA 4 - PESQUISA DE CAMPO - AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Esta etapa consistiu na realização de uma avaliação heurística remota da plataforma digital acadêmica CEUA (<https://ceua.ufpe.br>), conduzida por cinco especialistas (n = 5), conforme recomendações de Nielsen (1995) e escala de severidade de Nielsen e Loranger (2007). Os avaliadores foram convidados e selecionados segundo critérios de formação ou experiência em usabilidade, design de interação e acessibilidade digital, conhecimento das Diretrizes WCAG 2.1 e/ou ISO 9241-11 (1998) e ausência de vínculo com a equipe de desenvolvimento, a fim de minimizar vieses de confirmação.

Para viabilizar o procedimento, obteve-se autorização prévia junto ao STI Labs, que forneceu credenciais temporárias e conexão VPN segura ao ambiente de teste. Foi elaborado uma tabela de tarefas de navegação (ver em APÊNDICE B – TABELA DE TAREFAS DE NAVEGAÇÃO) o qual delimita, de modo sequencial, as tarefas a serem executadas no site: acesso ao painel inicial, cadastro de novo projeto, submissão de formulário de dados e visualização de relatórios de resultados. Essa tabela padronizou o percurso de inspeção e garantiu que todos os especialistas analisassem o mesmo escopo de telas e fluxos funcionais.

Os especialistas foram submetidos a um treinamento prévio sobre a plataforma CEUA, no qual receberam instruções detalhadas sobre o acesso via link institucional, a navegação pelos formulários de avaliação e o uso das heurísticas de

Nielsen como guia para identificação de problemas de usabilidade. Durante essa etapa inicial, todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Modelo APÊNDICE A), disponibilizado por meio de formulário online.

O instrumento de coleta baseou-se em questionário adaptado de Acioly (2026) (ver APÊNDICE C), estruturado em seções correspondentes às dez heurísticas de Nielsen (1995). Em cada registro, o avaliador indicava: descrição breve da violação; heurística infringida; grau de severidade (0–4); sugestão de melhoria; e componente avaliado (menu, formulário, botão etc.).

Antes do início das avaliações, realizou-se uma reunião preparatória com os especialistas, na qual foram apresentados os objetivos da pesquisa, o objeto de estudo - a plataforma CEUA, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o protocolo de navegação. Posteriormente, os avaliadores participaram de um treinamento remoto, realizado por videoconferência, que detalhou o conjunto de heurísticas adotado, a tabela de tarefas e o procedimento para o preenchimento do questionário eletrônico elaborado no *Google Forms*.

Foram recrutados sete especialistas para compor a amostra da avaliação. Contudo, um deles não pôde participar em razão de incompatibilidade de agenda, enquanto outro optou por se retirar devido a objeções relacionadas à temática da pesquisa, fundamentadas em sua condição de vegano. Dessa forma, cinco especialistas permaneceram ativos até a conclusão do estudo.

- ETAPA 5 - ANÁLISE DOS DADOS

A etapa de análise de dados adotou uma abordagem metodológica mista, articulando procedimentos quantitativos e qualitativos com o objetivo de ampliar a robustez analítica e a compreensão integrada dos achados. Conforme orientação de Creswell e Plano Clark (2018), a estratégia de métodos mistos permite uma análise mais abrangente ao combinar dados numéricos e interpretativos, proporcionando complementaridade entre os diferentes tipos de evidências.

Inicialmente, os dados foram extraídos das etapas anteriores: as métricas automatizadas obtidas por meio da ferramenta WAVE (Etapa 3) e as avaliações de severidade atribuídas pelos especialistas com base nas heurísticas de Nielsen (1994) (Etapa 4). Esses dados foram organizados em uma base contendo variáveis como:

identificação da Página/Stepper, Critério WAVE correspondente, Heurística associada, contagens absolutas, proporções relativas e médias de severidade.

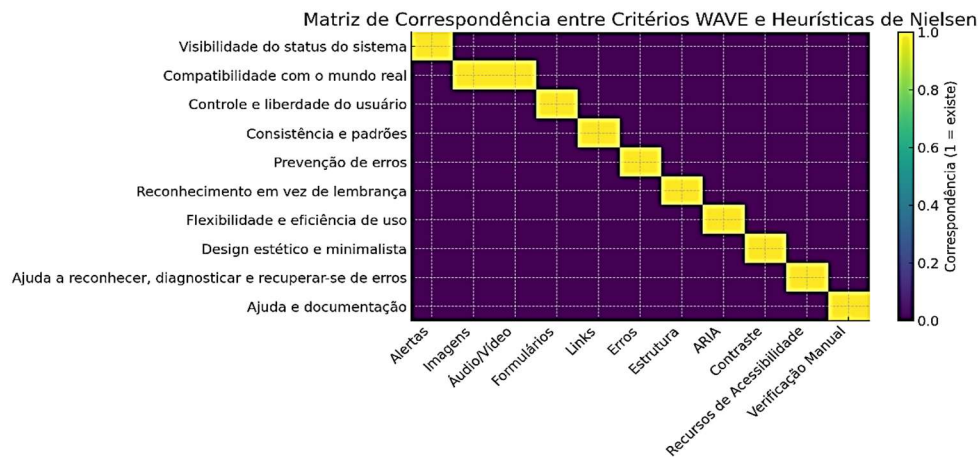
Com o intuito de integrar diferentes abordagens avaliativas e fortalecer a robustez metodológica da pesquisa, foi desenvolvida uma matriz de correspondência entre os critérios de acessibilidade identificados pela ferramenta WAVE e as dez heurísticas de usabilidade propostas por Nielsen (1994). A elaboração dessa matriz seguiu uma abordagem interpretativa, fundamentada nos princípios da triangulação metodológica de dados conforme sugerido por Flick (2009), permitindo uma articulação conceitual entre evidências automatizadas e análise especializada.

As heurísticas de Nielsen, reconhecidas como diretrizes fundamentais no campo da Interação Humano-Computador, foram enumeradas de 1 a 10 com base na ordem original publicada pelo autor. Cada uma dessas heurísticas foi analisada em relação aos critérios identificados pela ferramenta WAVE, como alertas, erros, estrutura, formulários, links, contraste, elementos ARIA, imagens, áudio/vídeo, recursos de acessibilidade e itens requerendo verificação manual. (WebAIM, 2024).

Foi realizada uma análise qualitativa para estabelecer a correspondência conceitual entre o conteúdo semântico de cada heurística e os critérios da ferramenta WAVE. A associação considerou a compatibilidade conceitual, a correlação funcional e a aderência prática, fundamentando-se na literatura especializada em avaliação de acessibilidade e usabilidade (Acioly, 2016; Godóy; Ferreira; Cinelli, 2019).

A matriz foi construída dispondo as heurísticas nas linhas e os critérios da ferramenta WAVE nas colunas. Sempre que se identificava uma correspondência entre uma heurística e um critério, atribuía-se o valor '1'; na ausência dessa correspondência, o valor atribuído era '0'. Essa matriz serviu como base para a elaboração do gráfico do tipo *heatmap* na Figura 4 a seguir

Figura 4: Matriz de Correspondência WAVE vs Heurísticas de Nielsen



Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

A correspondência foi estabelecida por meio de análise teórico-conceitual, considerando a afinidade semântica entre os elementos avaliados. Por exemplo, a heurística “Visibilidade do status do sistema” foi associada ao critério “Alertas”, dado que ambos tratam do fornecimento de feedback imediato ao usuário. Da mesma forma, “Compatibilidade com o mundo real” foi vinculada a critérios como “Imagens” e “Áudio/Vídeo”, por exigirem descrições alternativas que correspondam ao modelo mental do usuário. Outros cruzamentos envolveram categorias como “Formulários” (associados à heurística de controle e liberdade), “Links” (consistência), “Erros” (prevenção), “Contraste” (estética), entre outros.

A matriz resultante (Quadro 2), apresentada na Figura 4 e no Quadro 1 deste, evidencia a distribuição dessas correspondências, permitindo visualizar onde há convergência entre as avaliações automatizadas e os princípios clássicos de usabilidade. Vale destacar que essa associação não teve propósito estatístico, mas interpretativo, sendo empregada como base teórica para a categorização dos dados coletados. Como destacado por Flick (2009), a triangulação de fontes metodológicas contribui para o aumento da credibilidade dos achados, especialmente em estudos qualitativos, como é o caso desta pesquisa.

Essa estrutura de análise foi fundamental para sustentar a etapa de interpretação dos resultados, sendo retomada no capítulo resultados para demonstrar, de forma integrada, como os problemas de acessibilidade detectados automaticamente se relacionam (ou não) com as falhas de usabilidade observadas

pelos especialistas. Essa abordagem favoreceu a identificação de padrões, lacunas e oportunidades de melhoria para o objeto avaliado.

Quadro 2: Quadro de correlação do WAVE e Heurísticas de Nielsen

Nº	Heurística	Critério WAVE
1	Visibilidade do status do sistema	 Alertas
2	Compatibilidade com o mundo real	 Imagens  Áudio/Vídeo
3	Controle e liberdade do usuário	 Formulários
4	Consistência e padrões	 Links
5	Prevenção de erros	 Erros
6	Reconhecimento em vez de lembrança	 Estrutura
7	Flexibilidade e eficiência de uso	 ARIA
8	Design estético e minimalista	 Contraste
9	Ajuda a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros	 Recursos de Acessibilidade
10	Ajuda e documentação	 Verificação Manual

Fonte: Elaborado pela Autora (2025)

No plano quantitativo, calcularam-se as proporções relativas de ocorrência de cada critério WAVE por página, bem como as médias e desvios-padrão das notas de severidade atribuídas às heurísticas. Esses indicadores ofereceram um panorama descritivo da distribuição de erros, alertas, boas práticas, contrastes, elementos estruturais e atributos de acessibilidade, de acordo com os critérios estabelecidos nas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web – WCAG 2.1 (W3C, 2018).

Em seguida, realizaram-se testes de normalidade (Shapiro–Wilk) e homogeneidade de variância (Levene). Diante da violação da normalidade em várias heurísticas e do tamanho reduzido da amostra ($n = 5$), optou-se por substituir o teste ANOVA paramétrico inicialmente previsto pelo teste não paramétrico de Kruskal–Wallis, conforme recomendação de Field (2013) para situações em que os pressupostos da ANOVA são violados. Para análise posterior das diferenças entre os grupos, utilizou-se o teste pós-hoc de Dunn com correção de Bonferroni, garantindo o controle do erro tipo I em comparações múltiplas.

No plano qualitativo, os dados foram submetidos a uma triangulação com os padrões temáticos emergentes da análise heurística, conforme a técnica de inspeção baseada em diretrizes já consolidada na literatura (Bastien; Scapin, 1993). Essa integração visou reforçar ou problematizar os achados quantitativos à luz das evidências interpretativas, destacando lacunas metodológicas do WAVE, validando heurísticas prioritárias e fundamentando recomendações concretas de melhoria.

A análise foi guiada pela lógica de investigação iterativa “Observação–Análise–Reconfiguração”, amplamente utilizada em abordagens de Design Centrado no Usuário (ISO 9241-210, 2010; Preece; Rogers; Sharp, 2013), e aplicada de forma integrada por Acioly (2016) em sua tese sobre usabilidade em embalagens. Essa lógica permitiu uma exploração cíclica dos dados empíricos, envolvendo fases sucessivas de coleta, interpretação e reformulação das soluções propostas. Adicionalmente, foram incorporadas as estratégias de priorização sugeridas por Santa Rosa (2016), de modo a integrar os resultados provenientes de diferentes fontes de evidência e proporcionar uma leitura mais profunda das limitações e potencialidades da interface avaliada.

3.4 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Do ponto de vista ético, esta pesquisa atende aos os princípios estabelecidos pela Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, não envolvendo diretamente usuários em situação de vulnerabilidade.

O projeto recebeu anuência formal da Superintendência de Tecnologia da Informação – STI Labs da UFPE, conforme Carta de Anuência emitida em 04 de dezembro de 2024, (ver ANEXO A). O segmento de avaliação junto a usuários finais, previsto como fase posterior, foi submetido previamente ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFPE sob o número CAAE 85317924.0.0000.5586, sendo devidamente aprovado.

Todos os especialistas convidados e os membros da equipe de desenvolvedores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) conforme modelo apresentado no APÊNDICE A (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), no qual estão detalhados os objetivos, procedimentos, garantias de confidencialidade, anonimato e o direito de desistir a qualquer momento.

Os riscos e benefícios associados também encontram-se explicitados no TCLE: riscos mínimos, relacionados a eventuais desconfortos operacionais ou emocionais durante a análise da plataforma; benefícios ao usuário final e à comunidade acadêmica, resultando em subsídios para aprimorar a acessibilidade digital. Todos os participantes foram informados sobre o caráter voluntário da participação, a possibilidade de retirada do consentimento sem prejuízo e os canais de apoio disponíveis para esclarecimentos ou suporte. Dessa forma, a pesquisa preserva a integridade científica, o respeito aos direitos dos participantes e a responsabilidade social inerente à investigação em ergonomia e usabilidade.

4 RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE

O levantamento do estado da arte foi realizado por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com o propósito de identificar, analisar e sintetizar evidências científicas acerca da aplicação das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) em plataformas digitais acadêmicas. Essa revisão fundamenta a formulação de recomendações voltadas ao desenvolvimento acessível e usável da plataforma digital do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Pernambuco (CEUA/UFPE), em consonância com o objetivo geral deste trabalho.

A RSL articula-se diretamente aos objetivos específicos da pesquisa, em especial no que se refere a: (i) levantar um referencial teórico sobre acessibilidade, inclusão e usabilidade na web, bem como os requisitos legais e normativos aplicáveis (Objetivo Específico 1); e (ii) identificar padrões de acessibilidade reconhecidos internacionalmente para conteúdo web (Objetivo Específico 2). Ao reunir literatura atualizada, normas técnicas e práticas aplicadas em contextos educacionais diversos, a revisão fornece os subsídios conceituais e metodológicos necessários para as etapas posteriores, incluindo a caracterização da plataforma CEUA, a avaliação de sua conformidade com os padrões de acessibilidade e a análise de usabilidade baseada em heurísticas.

Para garantir rigor metodológico, transparência e reprodutibilidade, a RSL foi estruturada com base nos modelos PICO e PICOC, amplamente reconhecidos por sua eficácia na formulação de questões de pesquisa e definição de critérios de elegibilidade (Kitchenham, 2004; Higgins; Green, 2011). A operacionalização da revisão foi realizada com o apoio da ferramenta Parsifal (*Planning Application for Systematic Reviews*), desenvolvida por pesquisadores da UFPE com o objetivo de apoiar revisões sistemáticas de forma colaborativa (Silva *et al.*, 2014). O uso do Parsifal possibilitou o planejamento detalhado das etapas da revisão, da formulação da pergunta à extração de dados dos estudos incluídos.

Os elementos do modelo PICOC foram definidos conforme apresentado a seguir:

- População: plataformas digitais acadêmicas e ambientes de aprendizagem virtuais;
- Intervenção: aplicação das Diretrizes WCAG e padrões de acessibilidade web;
- Comparação: ausência ou uso parcial dessas diretrizes;
- Resultado (Outcome): presença de plataformas com não conformidade;
- Contexto: ambientes educacionais digitais, com foco em acessibilidade, usabilidade e experiência do usuário.

A pergunta de pesquisa que norteou esta RSL foi formulada nos seguintes termos: Como a aplicação conjunta das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) e dos princípios de usabilidade poderá contribuir, durante o desenvolvimento de uma plataforma acadêmica digital, para o aumento da inclusão digital dos usuários, mesmo sem a realização de testes diretos com os usuários finais?

Para garantir abrangência temática e consistência semântica, foi elaborado um vocabulário estruturado com palavras-chave e sinônimos relacionados aos eixos do PICOC. Os principais termos utilizados incluíram: Acessibilidade Digital (com sinônimos como Avaliação Heurística, WCAG e Design Universal), Plataforma Acadêmica (também tratada como Interface Web), Sistemas não acessíveis (sinônimo de ambientes sem usabilidade), e Usabilidade (relacionada a Ergonomia Cognitiva, Experiência do Usuário, Inclusão Digital e Navegabilidade).

Com base nesses termos, foram definidas cadeias de busca bilíngues (português e inglês) e adaptadas para as principais bases de dados científicas, como Scopus, IEEE, ACM, PubMed, SciELO e CAPES. A seguir, um exemplo da cadeia de busca padronizada:

Figura 5: *Strings* de Pesquisa

Português:
("Plataforma Acadêmica" OR "Interface Web") AND ("Acessibilidade Digital" OR "Avaliação Heurística" OR "Design Universal" OR "WCAG") AND ("Sistemas não acessíveis") AND ("Usabilidade" OR "Ergonomia Cognitiva" OR "Experiência do Usuário")
Inglês:
("Academic Platform" OR "Web Interface") AND ("Digital Accessibility" OR "Heuristic Evaluation" OR "Universal Design" OR "WCAG") AND ("Non-accessible Systems") AND ("Usability" OR "Cognitive Ergonomics" OR "User Experience")

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Os critérios de seleção foram definidos com base na relevância, atualidade e integridade dos estudos. Como critérios de inclusão, consideraram-se: Aderência

temática aos eixos da pesquisa (WCAG, acessibilidade, usabilidade, avaliação heurística); Disponibilidade de texto completo em português ou inglês; Publicação nos últimos cinco anos, garantindo aderência às práticas contemporâneas.

Os critérios de exclusão abrangeram: Trabalhos com apenas resumos ou textos incompletos; Publicações desatualizadas (anteriores a 2019); Estudos com uso superficial das palavras-chave, sem conexão direta com a aplicação da WCAG em contextos acadêmicos.

Após a fase de busca e seleção preliminar dos artigos, foi realizada uma avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos na Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com o objetivo de garantir a robustez, a confiabilidade e a relevância científica das evidências analisadas. Essa etapa foi conduzida com base em uma checklist composta por cinco perguntas-chave, elaboradas a partir de boas práticas sugeridas por Kitchenham (2007), e adaptadas ao contexto de estudos sobre acessibilidade, usabilidade e avaliação heurística.

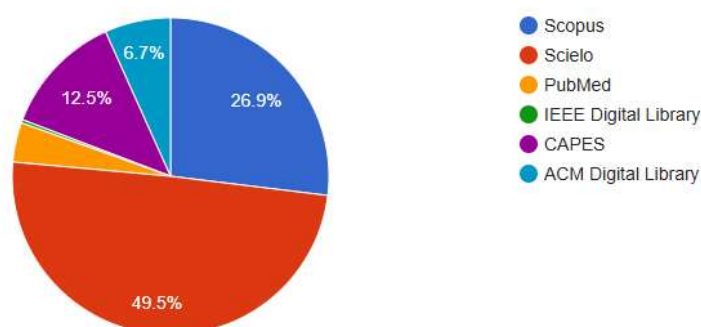
As cinco perguntas de qualidade aplicadas foram:

1. O estudo define claramente seus objetivos e a problemática de acessibilidade/usabilidade?
2. A metodologia utilizada está bem descrita e é adequada ao objetivo da análise? (ex: heurísticas de Nielsen, diretrizes WCAG, Design Universal, ferramentas automatizadas)
3. Foram utilizadas diretrizes reconhecidas de acessibilidade ou usabilidade? (ex: WCAG 2.1, Design Universal, normas ISO ou recomendações da W3C)
4. As limitações do estudo foram discutidas e consideradas na interpretação dos resultados?
5. O estudo apresenta recomendações práticas para melhorar a acessibilidade/usabilidade em plataformas digitais?

Cada pergunta foi avaliada de forma binária e objetiva, com as seguintes possibilidades de resposta: SIM (2 pontos): quando o critério era plenamente atendido; PARCIALMENTE (1 ponto): quando o critério era parcialmente evidenciado ou insuficientemente descrito; NÃO (0 ponto): quando o critério não era contemplado ou estava ausente. A pontuação máxima atribuída na avaliação de qualidade foi de 10 pontos, sendo adotado como ponto de corte o escore mínimo de 6 pontos (60%),

abaixo do qual os estudos foram considerados metodologicamente frágeis e, portanto, excluídos da análise final.

Figura 6: Levantamentos inicial dos artigos e distribuição por base de dados



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A distribuição dos 297 artigos importados revelou predominância da base SciELO, com 147 estudos (49,5%), evidenciando a relevância da produção científica nacional e ibero-americana nos temas de acessibilidade digital e usabilidade em plataformas acadêmicas. A base internacional Scopus contribuiu com 80 artigos (26,9%), seguida por CAPES, com 37 estudos (12,5%), e pela ACM Digital Library, com 20 artigos (6,7%). As bases PubMed, com 12 estudos (4,0%), e IEEE Digital Library, com apenas 1 estudo (0,3%), apresentaram baixa representatividade.

A utilização de múltiplas fontes é fundamental para garantir uma cobertura abrangente na construção do estado da arte, equilibrando referências nacionais e internacionais. Essa estratégia contribui para ampliar a diversidade e a representatividade dos dados analisados, refletindo a pluralidade e a amplitude da pesquisa, como pode ser observado na Figura 7. De acordo com Ferreira (2002), a adoção desse procedimento é essencial para mapear e discutir de forma consistente a produção acadêmica de uma área, assegurando um panorama mais completo e atualizado.

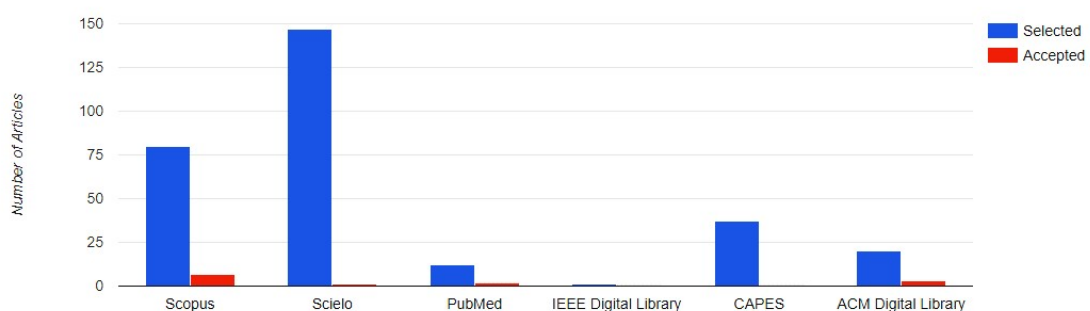
A análise cronológica dos artigos selecionados evidencia uma concentração significativa de publicações nos anos de 2021, 2022 e 2024, com menor incidência em 2020 e 2023. Tal variação indica uma maturidade crescente da temática, possivelmente impulsionada pelo avanço das políticas de inclusão digital e pela intensificação do uso de plataformas digitais durante e após a pandemia de COVID-

19. A retração em 2023 pode estar relacionada a fatores editoriais ou alterações nos focos de pesquisa, enquanto a retomada em 2024 reforça a atualidade do debate sobre acessibilidade digital e conformidade às diretrizes WCAG em ambientes educacionais. Esses achados corroboram Cavalcante e Andrade (2024), que identificaram padrões semelhantes na produção científica sobre inclusão digital e tecnologias assistivas, ressaltando que as oscilações refletem tanto avanços sociais e tecnológicos quanto desafios editoriais. Assim, a consolidação da produção científica nos últimos anos justifica a relevância do presente estudo.

A aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, somada à avaliação de qualidade metodológica, resultou na aceitação de apenas 13 artigos dos 297 inicialmente importados. As bases com maior número de estudos aceitos foram a Scopus (7 artigos) e a ACM Digital Library (3 artigos), seguidas por PubMed (2 artigos) e SciELO (1 artigo). Nenhum artigo das bases CAPES e IEEE Digital Library atendeu aos critérios exigidos.

Após a aplicação da checklist de avaliação da qualidade - composta por cinco questões e pontuação máxima de 10 - dois artigos foram eliminados por não atingirem o ponto de corte mínimo de 6 pontos, totalizando 11 artigos elegíveis para análise final. Esses dados demonstram que, embora o volume inicial de estudos tenha sido alto, apenas uma parcela reduzida apresentava aderência temática e contribuições relevantes para a discussão sobre acessibilidade digital em plataformas acadêmicas. A triagem rigorosa fortaleceu a validade dos resultados da revisão e assegurou a robustez do referencial teórico da pesquisa. A Figura 7 apresenta graficamente os resultados obtidos.

Figura 7: Resultados após critérios de inclusão e exclusão dos artigos por base de dados

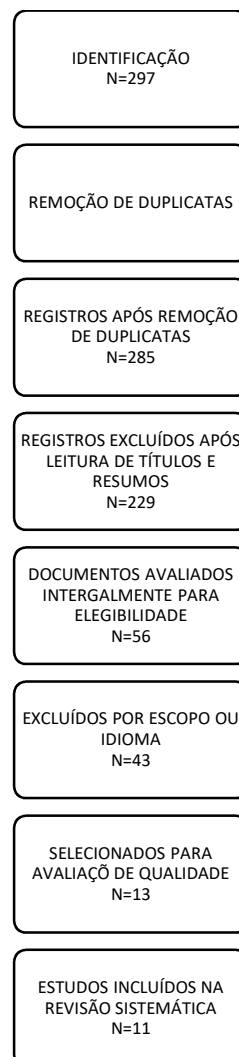


Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A revisão sistemática foi conduzida seguindo a metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), que delinea de forma estruturada os passos da seleção e inclusão dos artigos. Inicialmente, foram identificados 297 registros provenientes de diversas bases de dados, como Scielo, Scopus, CAPES, entre outras.

Após a remoção de duplicatas e a leitura de títulos e resumos, 229 documentos foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Em seguida, 56 documentos foram avaliados em profundidade, dos quais 43 foram descartados devido a critérios de escopo, idioma e qualidade. Finalmente, 13 artigos foram selecionados para avaliação de qualidade, resultando em 11 estudos incluídos nesta revisão. O fluxograma a seguir ilustra claramente o processo de seleção e exclusão dos estudos, de acordo com os critérios estabelecidos (Figura 8).

Figura 8: Fluxograma do Processo de Seleção RSL



Fonte: Elaborada pela Autora (2025)

Os 11 estudos aceitos na revisão sistemática - complementados pelas obras clássicas de Nielsen (1995) e Santa Rosa (2020) - contribuíram para a construção de um referencial analítico robusto, ao trazer diferentes perspectivas sobre acessibilidade digital, usabilidade e avaliação heurística. Embora abordem variados contextos, como plataformas educacionais, websites governamentais, visualizações gráficas e MOOCs, os artigos convergem ao evidenciar limitações recorrentes na implementação prática das diretrizes WCAG e na consideração da experiência real do usuário.

Estudos como *"Incorporating accessibility in web interface development for deaf users"* e *"How accessible is my visualization?"* exemplificam abordagens que vão além da verificação automatizada, ao integrar métodos qualitativos e considerar públicos com deficiências específicas. Por outro lado, artigos como *"Analysis of the accessibility of selected MOOCs"* e *"Accessibility and usability evaluation of university websites in Afghanistan"* reforçam o desafio de garantir conformidade em ambientes educacionais amplamente utilizados.

A ausência de metodologias integradas entre normas técnicas e inspeção heurística reforça a originalidade do presente estudo, que propõe unir diretrizes WCAG, avaliação heurística adaptada e princípios da ergonomia cognitiva para promover uma análise mais contextualizada, centrada no usuário e voltada ao aprimoramento de plataformas acadêmicas.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DA PESQUISA

4.2.1 CEUA UFPE

O Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) é uma instância colegiada essencial no âmbito acadêmico e científico, responsável por garantir que as pesquisas e atividades de ensino que envolvem o uso de animais sejam realizadas de forma ética, responsável e em conformidade com as normas legais e regulatórias. O CEUA é regulamentado pela Lei Arouca (Lei nº 11.794/2008), que estabelece procedimentos para o uso científico de animais no Brasil.

O comitê é composto por profissionais multidisciplinares, incluindo veterinários, biólogos, pesquisadores e relatores, membros da secretaria

(administrativo) e sociedade, que avaliam e monitoram projetos de pesquisa e ensino que envolvem animais. Sua principal função é assegurar que os princípios éticos e o bem-estar animal sejam respeitados em todas as etapas dos estudos.

O CEUA desempenha um papel fundamental na promoção de práticas científicas responsáveis, garantindo que os projetos submetidos estejam alinhados com as diretrizes do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). Entre suas atividades, destacam-se a avaliação de projetos, o monitoramento de pesquisas em andamento, a capacitação de pesquisadores e a emissão de pareceres técnicos e éticos. A criação de uma plataforma digital para o CEUA surge como uma solução inovadora para otimizar esses processos, tornando-os mais ágeis, transparentes e acessíveis.

4.2.2 Caracterização da Plataforma do CEUA

A plataforma digital CEUA é um sistema educacional e administrativo desenvolvido para operar de forma responsiva nos ambientes web e mobile, visando facilitar a submissão, acompanhamento e avaliação de projetos que envolvem o uso de animais em atividades de ensino e pesquisa. O sistema centraliza as etapas de cadastro, análise ética, envio de documentos e emissão de pareceres, promovendo rastreabilidade, transparência e conformidade com os marcos regulatórios vigentes (como a Lei nº 11.794/2008 e as diretrizes do CONCEA).

Em termos gerais, a plataforma digital do CEUA tem como objetivo modernizar e otimizar os processos de submissão, avaliação e monitoramento de projetos de pesquisa e ensino que envolvem o uso de animais. Cumpre ressaltar que, embora a Plataforma Brasil continue sendo o repositório oficial para submissões de projetos de pesquisa em nível nacional, a Plataforma Acadêmica Digital do CEUA visa complementar esse fluxo, oferecendo recursos para um gerenciamento interno mais aprimorado na UFPE. Essa complementaridade poderá trazer benefícios como maior padronização, controle e transparência nos procedimentos institucionais relativos ao uso de animais em pesquisa.

O público-alvo da plataforma é composta por discentes, docentes, pesquisadores, e técnicos de diferentes cursos e áreas, cujas atividades requerem aprovação ética de protocolos que envolvam o uso de animais. Tais usuários podem submeter seus projetos diretamente à plataforma, a qual, por sua vez, geram

certificados de submissão e aprovação na própria plataforma (pode ser baixado através de link), e também podem acompanhar o status de avaliação em tempo real. Para tanto, o sistema distribui os projetos aos relatores designados, emite notificações de pendência e automatiza a elaboração dos certificados de aprovação ou de recomendações específicas.

Atualmente, a Plataforma Acadêmica CEUA encontra-se em fase de pré-lançamento. Em fevereiro de 2025, o sistema foi oficialmente apresentado à Diretoria do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), marcando um avanço significativo no processo de institucionalização da solução digital.

O projeto da plataforma foi originalmente solicitado em 2023 ao STI Labs, setor vinculado à Superintendência de Tecnologia da Informação (STI) da UFPE. A equipe técnica envolvida no desenvolvimento do sistema é composta por servidores da área de Sistemas de Informação, bem como por bolsistas do curso de Ciência da Computação. Juntos, atuaram na concepção e na programação da plataforma, estruturada em modelo híbrido (Software/Web e Mobile). Apesar do progresso no desenvolvimento funcional, até o momento não foi realizada uma avaliação formal de usabilidade da plataforma, o que representa uma lacuna significativa no processo de validação da experiência do usuário.

Por fim, cumpre ressaltar que, embora a Plataforma Brasil continue sendo o repositório oficial para submissões de projetos de pesquisa em nível nacional, a Plataforma Acadêmica Digital do CEUA visa complementar esse fluxo, oferecendo recursos para um gerenciamento interno mais aprimorado na UFPE. Essa complementaridade poderá trazer benefícios como maior padronização, controle e transparência nos procedimentos institucionais relativos ao uso de animais em pesquisa.

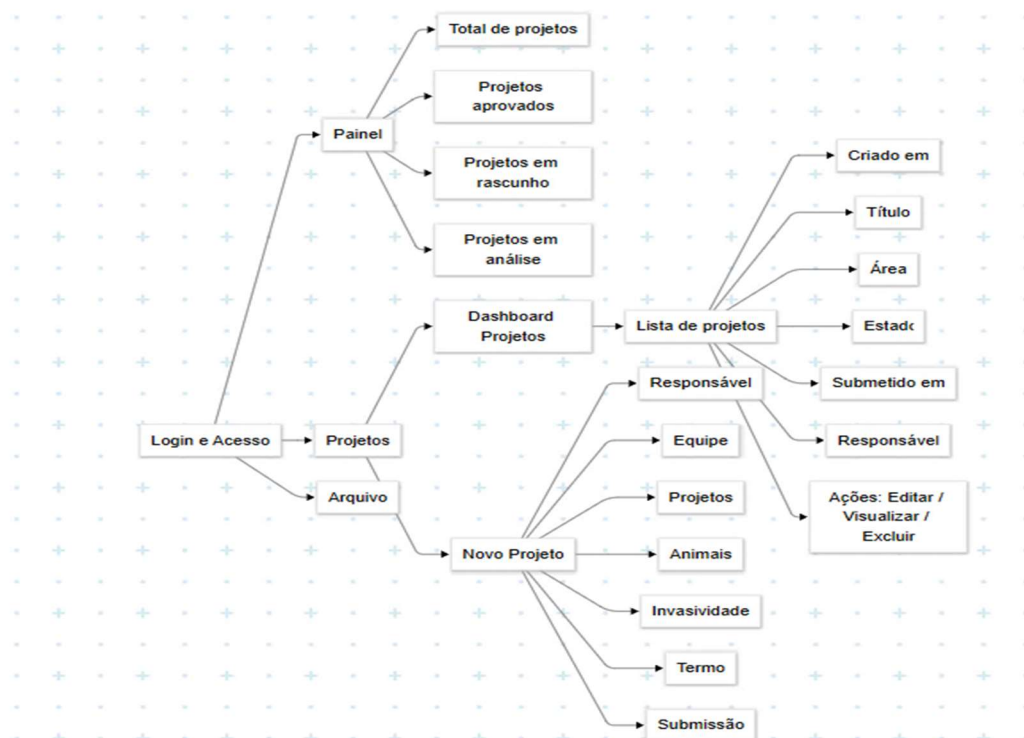
Quanto à sua concepção a plataforma foi concebida como um sistema web responsivo, com adaptação para dispositivos móveis, permitindo que os usuários - discentes, docentes e avaliadores - possam acessá-la de forma integrada e segura por meio de computadores, tablets ou smartphones. No aspecto técnico, a plataforma apresenta uma arquitetura baseada em tecnologias web modernas, como frameworks front-end e back-end robustos, com integração a bancos de dados relacionais. Ela foi estruturada em módulos funcionais que incluem: cadastro e autenticação de usuários, submissão de projetos com anexos, acompanhamento do status do processo,

emissão de pareceres e notificações automáticas. A interface é organizada por perfis de acesso distintos, garantindo a atuação específica de cada tipo de usuário — pesquisadores, avaliadores e gestores.

A plataforma foi estruturada em quatro módulos principais: (1) Módulo Usuário, responsável pelo cadastro e autenticação; (2) Módulo Pesquisador, que permite a submissão e o acompanhamento de projetos; (3) Módulo Administrativo, que gerencia a distribuição de tarefas e o monitoramento das avaliações; e (4) Módulo Relator, que facilita a análise detalhada dos projetos e a emissão de pareceres. O público-alvo da plataforma inclui pesquisadores, relatores e a secretaria/administração do CEUA.

Como parte do processo de análise e apresentação da plataforma digital CEUA, foi elaborada uma jornada do usuário com base na experiência real de navegação pelo site. Essa jornada mapeia de forma sequencial os passos percorridos pelos diferentes perfis de usuários - desde o acesso inicial ao sistema, o cadastro e a submissão de projetos, até o recebimento de pareceres e notificações. Acesse o link: <https://ceua.ufpe.br/login>. A seguir a Figura 9, ilustra a estrutura básica (Abas) da plataforma.

Figura 9: Fluxo de Navegação da Plataforma CEUA



Fonte: Baseado no código Mermaid® (2025)

Figura 10: Tela inicial Plataforma Acadêmica CEUA

Acesse sua conta

E-mail
pesquisadors@ceua.ufpe.br

Senha
Esqueceu sua senha?

Login

Não possui cadastro?

O que é a CEUA

Criar conta

Seu nome
Seu nome

Email
pesquisadors@ceua.ufpe.br

Senha
Repita a senha

Repita a senha

Cadastre-se

Já possui cadastro?

UFPE
PROPESQI
A Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação
CEUA
Comissão de Ética no Uso de Animais

UFPE
STI
Sistema de Trabalho Integrado

Versão: 1.8.4
Powered by Alpine.js + Tailwind CSS + daisyUI

Fonte: <https://ceua-staging.ufpe.br/> (2025)

Para iniciar, o pesquisador acessa o site CEUA fazendo **login** (Figura 10), informando e-mail e senha nos campos centralizados e clicando em “Login”. Caso ainda não possua **cadastro**, seleciona o link “Não possui cadastro?” (Figura 10) e preenche o formulário com nome completo, e-mail, senha e repita e senha.

Figura 11: CEUA – Aba Painel

UFPE
PROPESQI
A Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação
CEUA
Comissão de Ética no Uso de Animais

Pesquisador 1

Painel

TOTAL DE PROJETOS
2

PROJETOS EM RASCUNHO
0

PROJETOS APROVADOS
0

PROJETOS EM ANÁLISE
1

UFPE
STI
Sistema de Trabalho Integrado

Versão: 1.6.5
Powered by Alpine.js + Tailwind CSS + daisyUI

Fonte: <https://ceua-staging.ufpe.br/> (2025)

Após o registro ou autenticação, é redirecionado ao **painel principal** (Figura 11), que exibe indicadores rápidos (total de projetos, rascunhos, em avaliação e aprovados) em cartões coloridos, além do menu lateral para navegação.

Figura 12: CEUA – Aba Projetos

Criado em	Título	Área	Status	Justificativa	Submetido em	Responsável	Ações
22/7/2025	asdasda	Ensino (Aula Prática)	Rascunho		22/7/2025	Pesquisador 1	👁️ 📄 🗑️
17/7/2025	título de projeto	Manutenção	Rascunho		17/7/2025	Pesquisador 1	👁️ 📄 🗑️
9/6/2025	Título de projeto	Pesquisa (Acadêmica)	Submetido		9/6/2025	Pesquisador 1	👁️
9/6/2025	ítulo de projeto	Ensino (Aula Prática)	Rascunho		9/6/2025	Pesquisador 1	👁️ 📄 🗑️
4/6/2025	Título do projeto	Pesquisa (Acadêmica)	Rascunho		4/6/2025	Pesquisador 1	👁️ 📄 🗑️
4/6/2025	Título do projeto	Pesquisa (Acadêmica)	Rascunho		4/6/2025	Pesquisador 1	👁️ 📄 🗑️
4/6/2025	Título do projeto	Pesquisa (Acadêmica)	Rascunho		4/6/2025	Pesquisador 1	👁️ 📄 🗑️

Fonte: <https://ceua-staging.ufpe.br/> (2025)

A **aba Projetos** reúne, em um único painel, todas as propostas cadastradas em formato de tabela, exibindo colunas para data de criação, título, área, status, justificativa, data de submissão, pesquisador responsável e ícones de ação (visualizar/editar). No topo, oferece campo de **busca** por palavras-chave, além dos botões “Criar Projeto” e “Filtros” para facilitar o gerenciamento. À esquerda, o menu permite navegar entre Painel, Projetos e Arquivos, e, ao rodapé, um indicador mostra o total de projetos registrados. (Figura 12)

Ao clicar em “Novo Projeto” (Figura 13), o usuário é conduzido por sete abas que organizam o preenchimento das informações de forma modular e flexível. Na aba Responsável, registra seus dados pessoais e vinculação institucional; em Equipe, inclui colaboradores, atribuições e contatos; em Projeto, descreve objetivo, justificativa, métodos e cronograma; em Animais, especifica espécies, quantidades, condições de alojamento e procedimentos; em Invasividade, classifica o nível de intervenção, protocolos de analgesia/anestesia e fundamenta as escolhas éticas; em

Termo, confirma a leitura e concordância com as normas do comitê, anexando documentos quando necessário; e, por fim, em Submissão, revisa todos os dados, anexa arquivos complementares e aciona o envio, gerando o protocolo de registro. Essa estrutura em etapas garante um fluxo claro, reduzindo erros e facilitando o acompanhamento do progresso pela plataforma.

Figura 13: Novo Projeto

CEUA UFPE

ceua.ufpe.br/projects/fa5fb644-0d22-4da5-ac01-eb396fa6a20e/edit

Página inicial - Port... | Parsifal | Login no CEUA UFPE | Bootcampinho UI/UX | Post meeting feedb... | 10 Heurísticas de Us... | Simulador Interativ... | Todos os favoritos

CEUA UFPE Pesquisador 1

Editar Projeto de Ensino (Aula Prática) - Exemplo de projeto

Passo: Animais

1 Responsável 2 Equipe 3 Projeto 4 Animais 5 Invasividade 6 Termo 7 Submissão

Animais (cadastre todos os animais que serão utilizados no projeto) + Adicionar Animais

Grupo	Espécie / Linhagem	Sexo	Quantidade Total	Ações
Ave	pardal	Machos	2	👁️ ⚙️ 🗑️

Voltar Próximo

Pesquisar 27°C Pred. nublado POR 15:13 PTB2 23/07/2025

Fonte: <https://ceua-staging.ufpe.br/> (2025)

4.3 ANÁLISE DE CONFORMIDADE DA PLATAFORMA

A análise de conformidade da plataforma digital do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) foi realizada com o objetivo de verificar o alinhamento da plataforma com as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG), estabelecidas pelo World Wide Web Consortium (W3C). A avaliação foi conduzida utilizando a ferramenta WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool), que permite identificar barreiras de acessibilidade e fornece recomendações para melhorias. A análise focou nos princípios fundamentais das WCAG: Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto (POUR). (Ver APÊNDICE D).

Conforme ilustrado na Figura 14, o WAVE realiza uma análise detalhada, apontando não apenas as falhas detectadas - como contrastes de cores insuficientes,

hierarquia inadequada de cabeçalhos e ausência de textos alternativos em imagens, mas também oferecendo recomendações práticas para correção e aprimoramento desses elementos. A escolha dessa ferramenta justifica-se pela sua eficácia em verificar aspectos cruciais da acessibilidade digital, garantindo um diagnóstico sistemático baseado nas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo da Web (WCAG) e contribuindo para a implementação de melhorias contínuas.

Figura 14: Ferramenta WAVE



Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

Ao acessar a plataforma (<https://wave.webaim.org/>), o pesquisador pode inserir o URL do site a ser analisado e, em segundos, o WAVE gera um relatório visual interativo, destacando diretamente na página os elementos que apresentam problemas de acessibilidade. A interface é organizada em abas que categorizam os resultados em erros, alertas, recursos de acessibilidade e sugestões de melhoria, permitindo uma análise detalhada e estruturada. Além disso, a ferramenta fornece explicações claras sobre cada problema identificado, incluindo referências às diretrizes WCAG, o que auxilia o pesquisador a compreender as violações e a propor soluções adequadas. Essa abordagem visual e informativa torna o processo de avaliação mais eficiente, mesmo para usuários com menos experiência em acessibilidade, garantindo uma jornada clara e produtiva na identificação e correção de barreiras digitais.

A análise foi realizada pela pesquisadora em conjunto com o programador de softwares responsável pela plataforma, no dia 21 de janeiro de 2025, às 14:00 horas na UFPE Campus Recife. Durante o teste de conformidade, foram avaliados os principais componentes da plataforma, incluindo formulários, menus de navegação, conteúdo multimídia e funcionalidades interativas.

Os resultados da análise de conformidade realizados com a ferramenta WAVE foram documentados por meio de capturas de tela apresentadas no Anexo C e adaptado como Tabela por página/aba no Apêndice D – Resultados da Análise de Conformidade, nas quais se observa, em cada interface digital, a iconografia descrita na sessão 3.3 Procedimentos metodológicos, na etapa 3, Figura 4 - sobreposta aos elementos examinados. Esses ícones permitem uma avaliação visual e interativa das violações e das boas práticas de acessibilidade; ao clicar em cada marcador, o WAVE exibe detalhes específicos sobre o tipo, a localização e a severidade de cada problema identificado.

Complementarmente, o Apêndice B – Tabela de Tarefas de Navegação apresenta o mapeamento funcional das tarefas executadas durante a avaliação, oferecendo um panorama das ações críticas de interação do usuário. Em relação aos resultados da análise automatizada, no Quadro 03 apresenta a distribuição quantitativa de ocorrências por categoria de avaliação (erros críticos, alertas, elementos estruturais, recursos conformes e itens sujeitos a verificação manual), evidenciando tanto a complexidade quanto a fragilidade de determinadas áreas da plataforma frente às diretrizes da WCAG 2.1.

O escopo desta avaliação de conformidade concentrou-se em três interfaces essenciais ao fluxo do pesquisador: o link Painel, ponto de partida que centraliza informações e autenticação; o link Projetos, de onde se acessa o stepper Novo Projeto, responsável por agrupar múltiplos campos de formulário, e preenchimento de componentes dinâmicos; e o stepper Animais (4/7), caracterizada por uma barra de progresso que sinaliza o estágio atual, uma área “Sem animais” com botão Adicionar Animais, e um modal de cadastro que organiza dados em criando listagens dinâmicas e controles numéricos complexos que testam semântica e navegabilidade para tecnologias assistivas. Essa seleção segue a recomendação de Jakob Nielsen (1994) de priorizar apenas as telas que representam as tarefas críticas do usuário, em vez de avaliar exaustivamente todas as páginas, assegurando objetividade e eficiência na detecção de barreiras de acessibilidade

O procedimento de avaliação seguiu um fluxo sistemático: primeiro, cada URL (Login, Novo Projeto e Animais) foi submetido individualmente à ferramenta WAVE®, desenvolvida pela WebAIM, que injeta ícones de erro, alerta, recurso e verificação manual diretamente na interface analisada.

Em seguida, cada página (Painel, Projetos, Novo Projeto e Animais) foi capturada em *screenshots* para que a iconografia inserida pelo WAVE®, pudesse ser revisitada manualmente. Essas imagens serviram de base para a extração quantitativa das ocorrências, permitindo contar e comparar o número de markers (marcadores/ícones) por categoria em planilhas de análise. Esse fluxo, que combina inspeção automática com inspeção manual das capturas, segue as recomendações do W3C para metodologias de teste que não podem ser plenamente automatizadas (W3C, 2018) e o método original de Nielsen e Molich (1990) que preconiza agrupar achados de múltiplos avaliadores para padronizar a severidade e priorização dos problemas identificados.

Quadro 3: Resultados da Análise de Conformidade por Link/Stepper

Página/ Etapa	Erro (✖)	Alertas (⚠)	Recursos de Acessibilidade (✓)	Estrutura (■)	ARIA (□)	Contraste (⦿)
Link Painel	3	5	6	12	5	0
Link Projetos	6	2	7	22	5	2
Stepper Novo Projeto	76	69	100	100	1280	0
Stepper Animais	75	69	100	100	1280	0

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

Na etapa Link Painel, a análise da ferramenta WAVE identificou um total de 3 erros críticos (✖) e 5 alertas (⚠) relacionados à acessibilidade. Entre os erros, destacam-se problemas significativos como a ausência de rótulos associados a campos de formulário, o que configura violação do critério 1.3.1 (Informação e Relações) da WCAG 2.1, prejudicando usuários que utilizam leitores de tela ao dificultar a compreensão do propósito dos campos (Heurística 5: Prevenção de erros). Além disso, há links com textos ambíguos, que violam o critério 2.4.4 (Objetivo do Link em Contexto), comprometendo a navegação assistida e a clareza da interface.

Os 5 alertas (⚠️) apontam falhas na visibilidade do status do sistema, associadas ao critério 4.1.3 (Mensagens de Status) da WCAG, indicando que o feedback visual ou programático para processos de carregamento ou confirmação de ações é insuficiente (Heurística 1: Visibilidade do status do sistema). Essa deficiência afeta principalmente usuários com deficiências visuais ou cognitivas, que dependem de informações claras para acompanhar o progresso de suas interações.

No que diz respeito aos aspectos positivos, foram identificados 6 recursos acessíveis (✅) presentes na interface, como textos alternativos adequados e uso parcial de atributos ARIA, dos quais foram contabilizados 5 elementos ARIA (◻), que auxiliam na semântica da interface (Heurística 7: Eficiência de uso). A estrutura da página conta com 12 elementos organizados hierarquicamente (■), o que facilita o reconhecimento do conteúdo pelo usuário e minimiza a carga cognitiva (Heurística 6: Reconhecimento em vez de memorização). Não foram detectados problemas de contraste (🎯), indicando conformidade com o critério 1.4.3 (Contraste Mínimo) e mantendo um design visual adequado (Heurística 8: Estética e Design Minimalista).

Exemplo: Em um formulário para solicitação, o campo “Nome do usuário” não possui um rótulo associado (WAVE: missing form label), violando o critério WCAG 1.3.1 (Informação e Relações) e a heurística de Prevenção de Erros (Heurística 5). Um usuário cego que utiliza leitor de tela ouve apenas “campo editável”, sem indicação do que deve ser preenchido, levando-o a abandonar o processo ou preencher incorretamente.

Na etapa Link Projetos, a avaliação identificou um total de 6 erros críticos (❌) e 2 alertas (⚠️) relacionados à acessibilidade. Entre os erros, destacam-se a ausência de rótulos claros em campos de formulário e elementos interativos, configurando violação do critério 3.3.2 (Rótulos ou Instruções) da WCAG 2.1, o que dificulta o correto preenchimento e uso da interface por usuários que dependem de tecnologias assistivas (Heurística 5: Prevenção de erros). Também foram detectadas imagens e ícones sem texto alternativo adequado, em desacordo com o critério 1.1.1 (Conteúdo Não Textual), comprometendo a compreensão visual para usuários com deficiência (Heurística 9: Suporte à Recuperação de Erros).

Os dois alertas apontam para pequenas deficiências na visibilidade do status do sistema, ligadas ao critério 4.1.3 (Mensagens de Status) da WCAG, sugerindo que o sistema poderia fornecer feedback mais claro em determinados processos

(Heurística 1: Visibilidade do Status do Sistema). Além disso, foram identificados 7 recursos de acessibilidade (✓) e o uso de 5 atributos ARIA (□) que contribuem para a semântica e navegação assistida (Heurística 7: Eficiência de Uso).

A estrutura da página conta com 22 elementos hierarquizados (■), o que sugere uma organização mais complexa e rica do conteúdo, porém exige cuidado para não sobrecarregar o usuário cognitivamente (Heurística 6: Reconhecimento em vez de Memorização). No aspecto visual, foram detectados 2 problemas de contraste (⦿), violando o critério 1.4.3 (Contraste Mínimo) da WCAG, o que pode dificultar a leitura para pessoas com baixa visão ou daltonismo (Heurística 8: Estética e Design Minimalista).

Exemplo: Um botão identificado apenas como “clique aqui” aparece em várias seções para abrir documentos (WAVE: ambiguous link text), o que viola o critério WCAG 2.4.4 (Objetivo do Link) e a heurística de Prevenção de Erros (Heurística 5). Para um usuário com baixa visão ou deficiência cognitiva, o texto vago dificulta entender para onde o link levará, aumentando o risco de navegação equivocada.

Na etapa Stepper Novo Projeto, foram identificados 76 erros críticos (✗) e 69 alertas (⚠), revelando uma série de problemas significativos relacionados à acessibilidade. Entre os erros, destaca-se a ausência de sinalização adequada em campos obrigatórios e a falta de mensagens de erro claras, configurando violação do critério 3.3.1 (Identificação do Erro) da WCAG 2.1. Essa deficiência dificulta a prevenção e correção de falhas durante o preenchimento de formulários, impactando negativamente usuários com deficiências visuais e cognitivas (Heurística 5: Prevenção de Erros).

Os alertas refletem fragilidades na visibilidade do status do sistema, especialmente na comunicação sobre o progresso e a confirmação de ações, associadas ao critério 4.1.3 (Mensagens de Status) da WCAG (Heurística 1: Visibilidade do Status do Sistema). Além disso, a ausência de foco visível em elementos interativos infringe o critério 2.4.7 (Foco Visível), dificultando a navegação via teclado e causando desorientação em usuários que dependem exclusivamente dessa forma de interação (Heurística 2: Controle do Usuário e Liberdade).

A etapa apresenta uma extensa utilização de 1280 atributos ARIA (□), o que indica uma interface altamente dinâmica e dependente desses recursos para oferecer suporte semântico e navegação assistida. Contudo, o uso excessivo e inadequado

pode gerar complexidade e confusão, violando o critério 4.1.2 (Nome, Função, Valor) da WCAG, e impactando negativamente a eficiência de uso (Heurística 7). Por outro lado, foram detectados 100 recursos acessíveis (✓) e uma estrutura robusta com 100 elementos hierarquizados (■), o que contribui para o reconhecimento e organização da interface (Heurística 6: Reconhecimento em vez de Memorização). Não foram identificados problemas de contraste, indicando conformidade com o critério 1.4.3 (Contraste Mínimo) (Heurística 8: Estética e Design Minimalista).

Exemplo: Ao preencher um formulário complexo, o campo obrigatório “Data de início” não é marcado visualmente nem possui alerta programático (WAVE: missing required field indication), violando o critério WCAG 3.3.1 (Identificação do Erro) e a heurística de Prevenção de Erros (Heurística 5). O usuário com deficiência visual pode não perceber a obrigatoriedade, enviando o formulário incompleto e recebendo uma mensagem de erro genérica após a tentativa de submissão.

Na etapa Stepper Animais, foram encontrados 75 erros críticos (✗) e 69 alertas (⚠), que refletem problemas similares aos observados na etapa anterior, Stepper Novo Projeto. Entre os erros, destacam-se a ausência de rótulos acessíveis em campos e formulários, configurando violação dos critérios 1.3.1 (Informação e Relações) e 3.3.2 (Rótulos ou Instruções) da WCAG 2.1, o que dificulta o uso da interface por pessoas que dependem de leitores de tela ou tecnologia assistiva (Heurística 5: Prevenção de Erros). Além disso, a falta de feedback claro e em tempo real durante o carregamento e confirmação de ações evidencia descumprimento do critério 4.1.3 (Mensagens de Status), impactando a visibilidade do status do sistema (Heurística 1).

Os alertas apontam também para a ausência de foco visível em elementos interativos, violando o critério 2.4.7 (Foco Visível), prejudicando usuários que navegam por teclado e aumentando a dificuldade de controle e orientação (Heurística 2: Controle do Usuário e Liberdade). O uso elevado e inadequado de atributos ARIA, totalizando 1280 (□), indica uma interface altamente complexa, que pode causar sobrecarga cognitiva e confusão para tecnologias assistivas, em desacordo com o critério 4.1.2 (Nome, Função, Valor), impactando a eficiência de uso (Heurística 7).

Por outro lado, a presença de 100 recursos acessíveis (✓) e uma estrutura bem organizada com 100 elementos hierarquizados (■) sugere que, apesar das falhas, a interface mantém um nível satisfatório de organização e usabilidade

(Heurística 6: Reconhecimento em vez de Memorização). A ausência de problemas de contraste reforça a conformidade com o critério 1.4.3 (Contraste Mínimo) e evidencia um design visual adequado (Heurística 8: Estética e Design Minimalista).

Exemplo: Durante a navegação por teclado, o foco em um botão “Salvar alterações” não é visualmente destacado (WAVE: focus not visible), descumprindo o critério WCAG 2.4.7 (Foco Visível) e a heurística de Controle do Usuário e Liberdade (Heurística 2). Isso dificulta a orientação de usuários com mobilidade reduzida ou cegueira, que dependem do teclado para interagir, podendo perder a noção do ponto atual e não conseguir completar a tarefa.

Quadro 4: Análise Quantitativa das Heurísticas de Nielsen vs Ferramenta WAVE

Heurística de Nielsen	Indicador WAVE Correspondente à Heurística	Total de Ocorrências	% nas Etapas Críticas
H1 – Visibilidade do Status do Sistema	Alertas (⚠)	145	4,36%
H5 – Prevenção de Erros	Erros (✖)	160	4,81%
H6 – Reconhecimento em vez de Memorização	Elementos Estruturais (■)	234	7,04%
H7 – Flexibilidade e Eficiência de Uso	Atributos ARIA (□)	2.570	77,32%
H8 – Estética e Design Minimalista	Problemas de Contraste (⦿)	2	0,06%
H9 – Ajudar usuários a reconhecer e corrigir	Recursos Acessíveis (✓)	213	6,41%

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

A análise percentual demonstra que a Heurística 5 (Prevenção de Erros) – medida pelos erros (✖) do WAVE – concentra 4,81% das falhas nos fluxos “Novo Projeto” e “Animais”, sendo, portanto, a prioridade máxima de correção.

Em seguida, a Heurística 1 (Visibilidade do Sistema), representada pelos alertas (⚠), acumula 4,36 % de todos os avisos nesses mesmos steppers, reforçando a urgência de melhorar o feedback ao usuário.

A Heurística 9 (Recursos acessíveis) (✓), concentra 6,41% das estratégias de recuperação nos processos complexos, garantindo potencial de correção para quem precisa voltar atrás.

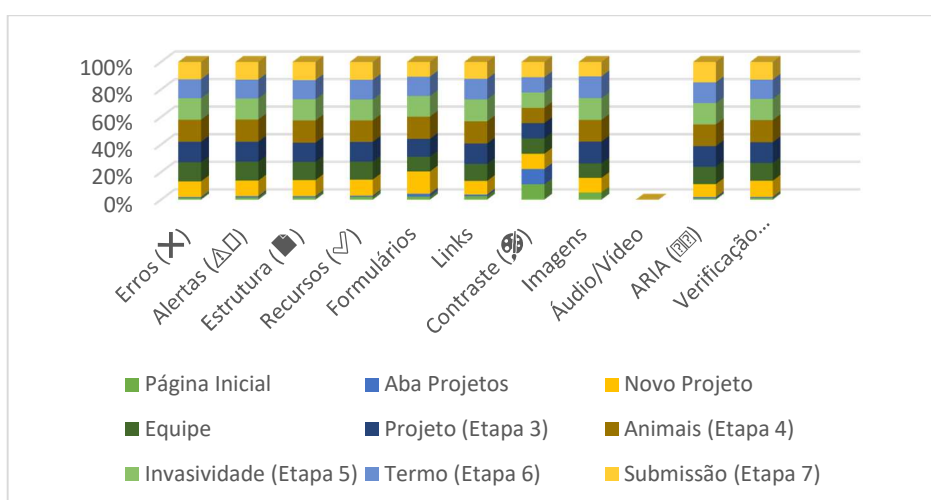
A Heurística 6 (Reconhecimento em vez de memorização), associada aos elementos estruturais (■), representa 7,04% da hierarquia presente nos steppers, mas o volume relativamente alto em “Link Projetos” (47,5%) sinaliza risco de sobrecarga cognitiva.

A Heurística 7 (Flexibilidade e Eficiência de uso), mapeada pelos atributos ARIA (□), concentra quase 77,32% de seus registros nos steppers, indicando necessidade de simplificar e padronizar essas marcações.

Por fim, a Heurística 8 (Design Estético e Minimalista), aferida via problemas de contraste (⦿), embora apareça apenas em “Link Projetos” com 2 ocorrências, exige correção imediata para preservar legibilidade, em se tratando de violação WCAG. Essa priorização, baseada na correlação entre dados WAVE e heurísticas de Nielsen, orienta as intervenções pela ordem de severidade e impacto na experiência.

A análise realizada por meio da ferramenta WAVE evidencia que a maioria das falhas de acessibilidade da plataforma CEUA está concentrada na ausência de atributos ARIA adequados, representando 77,32% dos problemas identificados — um indicativo de baixa compatibilidade com tecnologias assistivas e comprometimento da Flexibilidade e Eficiência de Uso. Em seguida, observam-se as deficiências nos Elementos Estruturais (7,04%), Recursos Acessíveis (6,41%), Erros (4,81%) e Alertas (4,36%), os quais afetam diretamente os princípios de Prevenção de Erros, Visibilidade do Status do Sistema e Controle do Usuário. Embora os Problemas de Contraste (0,06%) representem uma parcela mínima, sua presença exclusiva na tela “Link Projetos” compromete o critério de Design Estético e Minimalista, indicando um ponto crítico para intervenção. Esses dados revelam a necessidade urgente de correções estruturais e semânticas, com foco na melhoria da navegabilidade, usabilidade e inclusão digital da plataforma, conforme sintetizado na Figura 15.

Figura 15: Análise de Conformidade por Categoria



Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

4.3.1 Análise Estatística do WAVE

A estatística descritiva revelou variações expressivas entre as páginas da plataforma no que diz respeito à quantidade de elementos relacionados à acessibilidade detectados pela ferramenta WAVE. As médias variaram de 5,17 (Link Painei) a 271 (Stepper Novo Projeto e Stepper Animais), evidenciando desigualdade na distribuição de erros e alertas ao longo das seções do sistema.

A análise do desvio-padrão confirmou elevada dispersão nos dados das etapas do formulário (496), sugerindo presença de variabilidade estrutural no código dessas interfaces.

Com o intuito de verificar a adequação do modelo estatístico, foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os resultados revelaram que apenas a página "Link Painei" apresentou distribuição compatível com a normalidade ($p = 0,572$), enquanto as demais seções obtiveram p-valores inferiores a 0,05, indicando violação dessa suposição. Diante disso, optou-se pela aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, apropriado para a comparação de medianas entre grupos independentes com distribuições assimétricas e variáveis em escalas distintas.

O objetivo foi verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas na quantidade total de elementos relacionados à acessibilidade digital identificados pela ferramenta WAVE entre as páginas da plataforma acadêmica CEUA/UFPE: Link Painei, Link Projetos, Stepper Novo Projeto e Stepper Animais.

Os resultados indicaram que houve diferença significativa entre as páginas analisadas ($\chi^2 = 8,14$; $gl = 3$; $p = 0,043$). Esse valor de p ($< 0,05$) permite rejeitar a hipótese nula, sugerindo que ao menos uma das páginas apresenta uma quantidade de ocorrências de acessibilidade significativamente distinta das demais.

Quadro 5: ANOVA Não Paramétrica (Kruskal-Wallis) para Análise do WAVE

Kruskal-Wallis

	χ^2	gl	p
Quantidade	8.14	3	0.043

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

A inspeção dos valores médios e do desvio-padrão reforça essa evidência: as etapas "Stepper Novo Projeto" e "Stepper Animais" concentraram volumes muito superiores de elementos acessíveis (positivos e negativos), indicando conformidades e, ao mesmo tempo, sobrecarga estrutural e semântica no uso de atributos como ARIA e estruturação de formulário. Já as páginas "Link Painel" e "Link Projetos" apresentaram número reduzido de elementos, o que pode tanto refletir menor complexidade quanto sub implementação de critérios de acessibilidade.

A análise estatística dos dados extraídos pela ferramenta WAVE evidenciou que há disparidades significativas na implementação dos critérios de acessibilidade entre as diferentes páginas da plataforma CEUA/UFPE. O teste de Kruskal-Wallis confirmou essa desigualdade ao indicar diferença estatisticamente significativa na quantidade total de ocorrências detectadas ($\chi^2 = 8,14$; gl = 3; p = 0,043).

Observou-se uma concentração crítica de elementos e falhas nas seções "Stepper Novo Projeto" e "Stepper Animais", em contraste com a menor densidade nas páginas "Link Painel" e "Link Projetos". Esses achados apontam para uma distribuição assimétrica de boas práticas de acessibilidade, sinalizando a necessidade de ajustes estruturais e semânticos nas etapas mais complexas da interface. Além de corroborar a importância da avaliação automatizada como instrumento diagnóstico, os resultados reforçam a urgência de intervenções corretivas alinhadas às diretrizes da WCAG 2.1, visando à promoção da inclusão digital de forma equânime e eficiente em todo o sistema.

4.4 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DA PLATAFORMA

A presente seção apresenta os resultados da avaliação heurística aplicada à plataforma CEUA, com base nas dez heurísticas de Nielsen (1994), complementada por evidências da literatura científica levantadas por meio de uma Revisão Sistemática. A avaliação contou com a participação de especialistas, que analisaram a conformidade da interface por meio da atribuição de escores de severidade variando de 0 (sem problema) a 4 (problema crítico), além de sugerirem correções qualitativas por heurística. Os dados obtidos foram tratados estatisticamente e analisados de forma interpretativa.

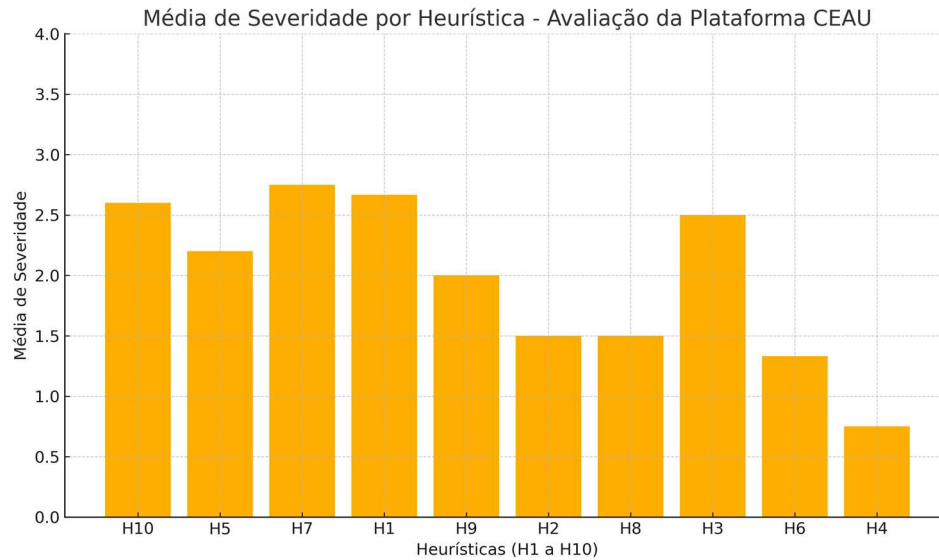
A equipe de especialistas para a avaliação da plataforma CEUA foi composta por cinco especialistas com formações diversas, sendo quatro com titulação *stricto sensu* (três mestres e um doutor) e um graduado em áreas relacionadas à engenharia de software e design de interação. As áreas de atuação incluíam Engenharia de Produção, UX/UI, Arquitetura da Informação e Acessibilidade Digital, garantindo uma análise multidisciplinar. Em termos de experiência, dois avaliadores tinham entre 7 e 10 anos, dois entre 1 e 3 anos, e um menos de um ano em usabilidade, acessibilidade e experiência do usuário. Quanto à familiaridade com avaliação heurística, dois realizavam inspeções com frequência, um ocasionalmente e dois participavam pela primeira vez.

A análise demográfica dos avaliadores apontou que 80% se identificaram com o gênero masculino e 20% feminino. Em termos de escolaridade, 60% possuíam mestrado, 20% doutorado e 20% graduação. Quatro dos cinco especialistas (80%) tinham formação em Design, UX/UI ou Arquitetura da Informação, e um em Engenharia de Produção/Software. Quanto ao tempo de experiência, 40% atuavam entre 7 e 10 anos, 40% entre 1 e 3 anos e 20% há menos de um ano.

A heterogeneidade da equipe, em formação e experiência, está alinhada à recomendação de Santa Rosa (2020), que destaca a eficácia da avaliação heurística com pequenos grupos diversos, pois diferentes perfis identificam variados tipos de problemas. A variação no nível de familiaridade com o método também reforça a validade do processo, simulando a diversidade dos usuários reais, conforme Acioly (2016), que valoriza múltiplos pontos de vista na identificação de barreiras de usabilidade e acessibilidade em plataformas digitais institucionais.

A análise quantitativa revelou que as heurísticas mais críticas foram: H10 – Ajuda e documentação (soma = 13, média = 2,6); H5 – Prevenção de erros (soma = 11, média = 2,2) e H7 – Flexibilidade e eficiência de uso (soma = 11, média = 2,75). Essas heurísticas revelam fragilidades estruturais que comprometem a experiência do usuário, principalmente nos aspectos de autonomia, confiabilidade e adaptação da interface. Por outro lado, heurísticas como H1 – Visibilidade do status do sistema e H9 – Diagnóstico e recuperação de erros apresentaram pontuações mais discretas, mas ainda dentro de um patamar que exige atenção. A Figura 16 ilustra a média de severidade atribuída por heurística, permitindo uma visualização clara das áreas mais problemáticas da interface.

Figura 16: Média de Severidade por Heurística

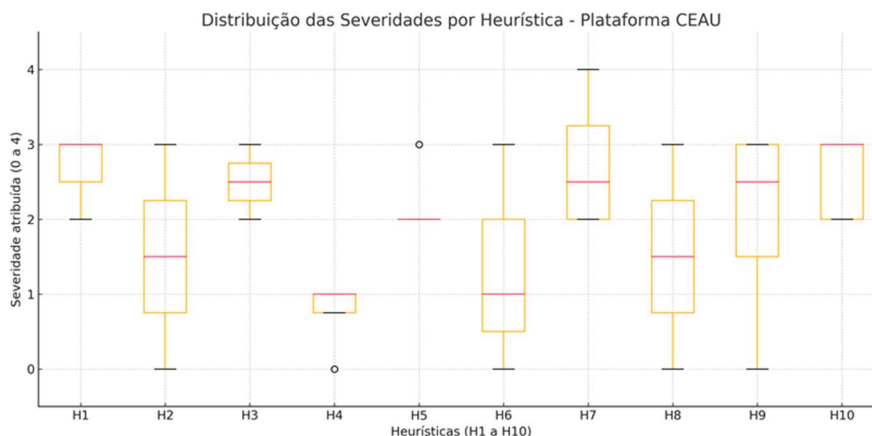


Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

A análise qualitativa das sugestões fornecidas indicou que, para H1, os avaliadores sugeriram o uso de feedbacks sonoros e visuais. Para H10, foi recomendada a criação de um sistema de ajuda estruturado, com FAQ, glossário e tutoriais em vídeo. Em H5, os especialistas destacaram a necessidade de validação de campos em tempo real e mensagens de erro mais intuitivas.

A Figura 17 apresenta a distribuição das severidades atribuídas por heurística. O *boxplot* revela alto grau de concordância entre os avaliadores nas heurísticas mais críticas - H5 e H10, e maior dispersão em H7 e H9, sugerindo divergência de percepção nesses critérios.

Figura 17: Distribuição das Severidades por Heurística



Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

Adicionalmente, foi avaliado o percentual de especialistas que relataram problemas em cada heurística (escore maior que zero). As heurísticas H5 e H10 foram relatadas por 100% dos avaliadores, seguidas por H7 (80%) e H1, H2, H4, H8 e H9 (60%). As heurísticas H3 e H6 tiveram os menores índices, com 40% de relato. Essa métrica revela o grau de consenso entre os avaliadores e complementa a análise de severidade.

A revisão sistemática da literatura realizada nesta pesquisa confirma a relevância dos achados empíricos. Estudos internacionais apontam que a ausência de mecanismos preventivos de erro (H5) e de suporte à documentação (H10) são deficiências comuns em plataformas digitais educacionais e governamentais. Um exemplo é o trabalho de Olsen *et al.* (2022), que analisou 356 sites de municípios noruegueses e encontrou falhas críticas de validação. Costabile *et al.* (2017) e Silveira *et al.* (2021) também relatam ausência de ajuda contextual em MOOCs e aplicativos móveis voltados a usuários com deficiência visual, confirmando a importância da heurística H10. Buzzi *et al.* (2021) demonstraram limitações na aplicação prática da WCAG por estudantes universitários, o que converge com as dificuldades de flexibilidade (H7) observadas na presente avaliação. Por fim, estudos sobre o portal e-Campo da Embrapa também identificaram alto índice de inconsistência visual e terminológica (H4), coincidindo com os achados dos especialistas na plataforma CEAU.

Diante das evidências empíricas e da consonância com a literatura especializada, constata-se que a plataforma CEAU apresenta fragilidades recorrentes em aspectos fundamentais da usabilidade, com destaque para a ausência de suporte contextual (H10), falhas na prevenção de erros (H5) e limitações na flexibilidade de

uso (H7). A análise integrada de severidade, frequência de relatos e dispersão das avaliações permitiu identificar não apenas os pontos críticos da interface, mas também o grau de consenso entre especialistas quanto à necessidade de ajustes. Com base nesses achados, torna-se imprescindível avançar para a proposição de recomendações técnicas e estratégicas que orientem intervenções assertivas, viáveis e alinhadas às diretrizes internacionais de acessibilidade digital. O capítulo seguinte dedica-se, portanto, à formulação dessas propostas, tendo como base os resultados aqui discutidos e as melhores práticas de design centrado no usuário.

4.4.1 Análise Estatística da Avaliação Heurística

Os resultados da análise descritiva das severidades atribuídas a cada uma das dez heurísticas avaliadas (H1–H10), bem como o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para cada variável estão descritas a seguir, na Tabela 1 encontra-se o resumo das médias, os desvios-padrão, os valores de W e p-valores do teste de normalidade, indicando, ainda, se a distribuição de cada heurística se ajusta ao modelo normal ($p > 0,05$).

Observa-se que as heurísticas H10 ($M = 2,60$; $\sigma = 0,55$), H5 ($M = 2,20$; $\sigma = 0,45$) e H7 ($M = 2,20$; $\sigma = 1,48$) apresentaram as maiores severidades médias, enquanto H4 ($M = 0,60$; $\sigma = 0,55$) e H6 ($M = 0,80$; $\sigma = 1,30$) registraram as menores médias, sugerindo menor criticidade média. Quanto à variabilidade, destaca-se que H1, H7 e H9 exibiram maior dispersão entre avaliadores ($\sigma \approx 1,5$), ao passo que H5 e H10 mostraram maior concordância ($\sigma < 0,6$), vista na Tabela 1, abaixo:

Tabela 1: Estatística descritiva e teste de normalidade (Shapiro-Wilk) das heurísticas

Estatística	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
Média (M)	1,60	1,20	1,00	0,60	2,20	0,80	2,20	1,20	1,60	2,60
Desvio-padrão (σ)	1,52	1,30	1,41	0,55	0,45	1,30	1,48	1,30	1,52	0,55
W (Shapiro-Wilk)	0,803	0,902	0,767	0,684	0,552	0,735	0,956	0,902	0,803	0,684

p (Shapiro- Wilk)	0,086	0,421	0,042	0,006	< 0,001	0,021	0,777	0,421	0,086	0,006
Normali- dade?	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk evidenciou que apenas metade das heurísticas avaliadas (H1, H2, H7, H8 e H9) apresentou distribuição compatível com o modelo normal ($p > 0,05$), o que viabiliza a utilização de testes paramétricos, como a ANOVA para medidas repetidas. Em contrapartida, as demais (H3, H4, H5, H6 e H10) não atenderam a esse pressuposto ($p < 0,05$), exigindo abordagens não paramétricas ou a transformação dos dados, conforme orientações metodológicas de Field (2013) e Creswell (2018).

Conforme apresentado na Tabela 1, destacam-se as heurísticas H10 ($M = 2,60$; $\sigma = 0,55$), H5 ($M = 2,20$; $\sigma = 0,45$) e H7 ($M = 2,20$; $\sigma = 1,48$) como aquelas com maior média de severidade, refletindo criticidade mais acentuada segundo os avaliadores. Por outro lado, H4 ($M = 0,60$) e H6 ($M = 0,80$) indicaram menor presença de problemas. Quanto à variabilidade, observa-se maior dispersão nas heurísticas H1, H7 e H9 ($\sigma \approx 1,5$), o que pode indicar menor consenso entre os especialistas. Em contrapartida, H5 e H10 apresentaram os menores desvios-padrão ($\sigma < 0,6$), sugerindo maior consistência nas avaliações.

Com base nos resultados do teste de normalidade, foi conduzida uma análise de variância para medidas repetidas (Repeated Measures ANOVA) exclusivamente para as heurísticas que apresentaram distribuição normal: H1, H2, H7, H8 e H9. Esta abordagem é apropriada para identificar diferenças entre médias de avaliações realizadas por um mesmo grupo de especialistas em múltiplas condições (Creswell; Plano Clark, 2018). A verificação da esfericidade foi realizada com o teste de Mauchly ($W = 0,0165$; $p = 0,468$), não indicando violação dessa premissa. Ainda assim, foi aplicada a correção de Greenhouse-Geisser ($\epsilon = 0,531$) para maior robustez. (Tabela 2)

Tabela 2: ANOVA de Medidas Repetidas para Heurísticas H1, H2, H7, H8, H9

Efeito	Soma de Quadrados	GL corrigido	Quadrado Médio	F	p
Heurísticas	3,36	2,12	1,58	0,476	0,648
Residual	28,24	8,50	3,32	–	–

Nota: Valores corrigidos com base no ϵ de Greenhouse-Geisser ($\epsilon = 0,531$).

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

Os resultados da ANOVA de medidas repetidas para heurísticas (H1, H2, H7, H8, H9) revelaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre as heurísticas avaliadas ($F(2,12) = 0,476$; $p = 0,648$). Isso indica que os avaliadores atribuíram níveis de severidade relativamente homogêneos às cinco heurísticas analisadas, sugerindo que os elementos da interface digital em desenvolvimento apresentaram falhas distribuídas de maneira equilibrada, sem concentração crítica em uma heurística específica. Tal achado reforça a importância de considerar a totalidade dos princípios de usabilidade e não apenas focar em correções pontuais, já que o desempenho da interface depende da integração entre todos os aspectos heurísticos envolvidos.

Dando continuidade à análise estatística e considerando que as heurísticas H3, H4, H5, H6 e H10 não atenderam ao pressuposto de normalidade ($p < 0,05$ pelo teste de Shapiro-Wilk), foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, apropriado para dados ordinais e amostras pequenas. O objetivo foi verificar se houve diferenças significativas entre os níveis de severidade atribuídos a essas cinco heurísticas pelos especialistas. (Tabela 3)

Tabela 3: ANOVA Não Paramétrica (Kruskal-Wallis) para Análise da Avaliação Heurística

Kruskal-Wallis			
	χ^2	gl	p
SEVERIDADE	11.0	4	0.027

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

Os resultados revelaram diferença estatisticamente significativa entre ao menos duas heurísticas ($\chi^2(4) = 11,00$; $p = 0,027$). Esse achado indica que a distribuição dos problemas de usabilidade não foi homogênea entre essas categorias, evidenciando maior concentração de falhas em determinadas heurísticas específicas. Tal resultado reforça a importância de observar a natureza de cada heurística individualmente ao propor intervenções corretivas, especialmente em casos como a

H10, que já havia apresentado a maior média de severidade ($M = 2,60$), conforme evidenciado na análise descritiva.

Os resultados da avaliação heurística revelaram um panorama abrangente sobre a qualidade da interface da plataforma CEUA, evidenciando falhas distribuídas ao longo de múltiplas heurísticas. A análise descritiva indicou que as heurísticas H10 (ajuda e documentação), H5 (prevenção de erros) e H7 (flexibilidade e eficiência de uso) foram as mais críticas, com as maiores médias de severidade atribuídas pelos especialistas. A aplicação da ANOVA de medidas repetidas para as heurísticas com distribuição normal (H1, H2, H7, H8 e H9) não identificou diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,648$), sugerindo homogeneidade nos níveis de severidade entre essas categorias. No entanto, o teste de Kruskal-Wallis aplicado às heurísticas com distribuição não normal (H3, H4, H5, H6 e H10) revelou diferença estatisticamente significativa ($p = 0,027$), indicando maior concentração de problemas de usabilidade em algumas dessas dimensões específicas.

4.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta análise estatística integrada, com base na abordagem mista da pesquisa considerou dados quantitativos provenientes da avaliação heurística conduzida por especialistas e da inspeção automatizada utilizando a ferramenta WAVE. Os resultados estatísticos são apresentados em três frentes: (1) análise descritiva e inferencial das notas heurísticas, (2) análise de conformidade automatizada baseada na WCAG 2.1 e (3) cruzamento entre ambos os instrumentos para identificação de padrões críticos e implicações para o redesign da plataforma CEUA.

A triangulação dos resultados constitui uma estratégia metodológica amplamente reconhecida em estudos de abordagem mista, por permitir a integração de diferentes fontes de dados, favorecendo a convergência, a validação cruzada e o aprofundamento da análise (Creswell, 2018). No presente estudo, a triangulação foi conduzida com o intuito de integrar os achados provenientes da inspeção automatizada realizada por meio da ferramenta WAVE com os resultados da avaliação heurística aplicada por especialistas, visando à identificação de padrões de criticidade, lacunas de conformidade e oportunidades de melhoria na plataforma digital acadêmica CEUA/UFPE.

A análise quantitativa dos dados extraídos pela ferramenta WAVE revelou disparidades expressivas entre as páginas da plataforma. As seções “Stepper Novo Projeto” e “Stepper Animais” apresentaram, respectivamente, 1.625 e 1.624 ocorrências relacionadas à acessibilidade, enquanto “Link Paineis” e “Link Projetos” totalizaram apenas 31 e 44 elementos. O teste de Kruskal-Wallis confirmou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($\chi^2 = 8,14$; gl = 3; p = 0,043), indicando que a distribuição das ocorrências não foi homogênea.

O Quadro 6 apresenta os indicadores WAVE triangulados com as heurísticas de Nielsen, revelando que os maiores volumes de erros estão associados aos atributos ARIA (77,3% das ocorrências), seguidos por elementos estruturais e alertas. As heurísticas H7 (Flexibilidade e Eficiência de Uso), H6 (Reconhecimento em vez de Memorização) e H1 (Visibilidade do Status do Sistema) estiveram entre as mais afetadas, todas mapeadas ao princípio da robustez da WCAG. O maior valor médio por página foi identificado nos atributos ARIA (M = 58,5), reforçando a necessidade de reforçar a codificação semântica e a estrutura de navegação da plataforma. O valor-p constante (p = 0,043) indica que essas diferenças são estatisticamente significativas, validando a robustez das análises inferenciais realizadas.

Quadro 6: Indicadores de Correlação WAVE vc Heurísticas vs Severidade

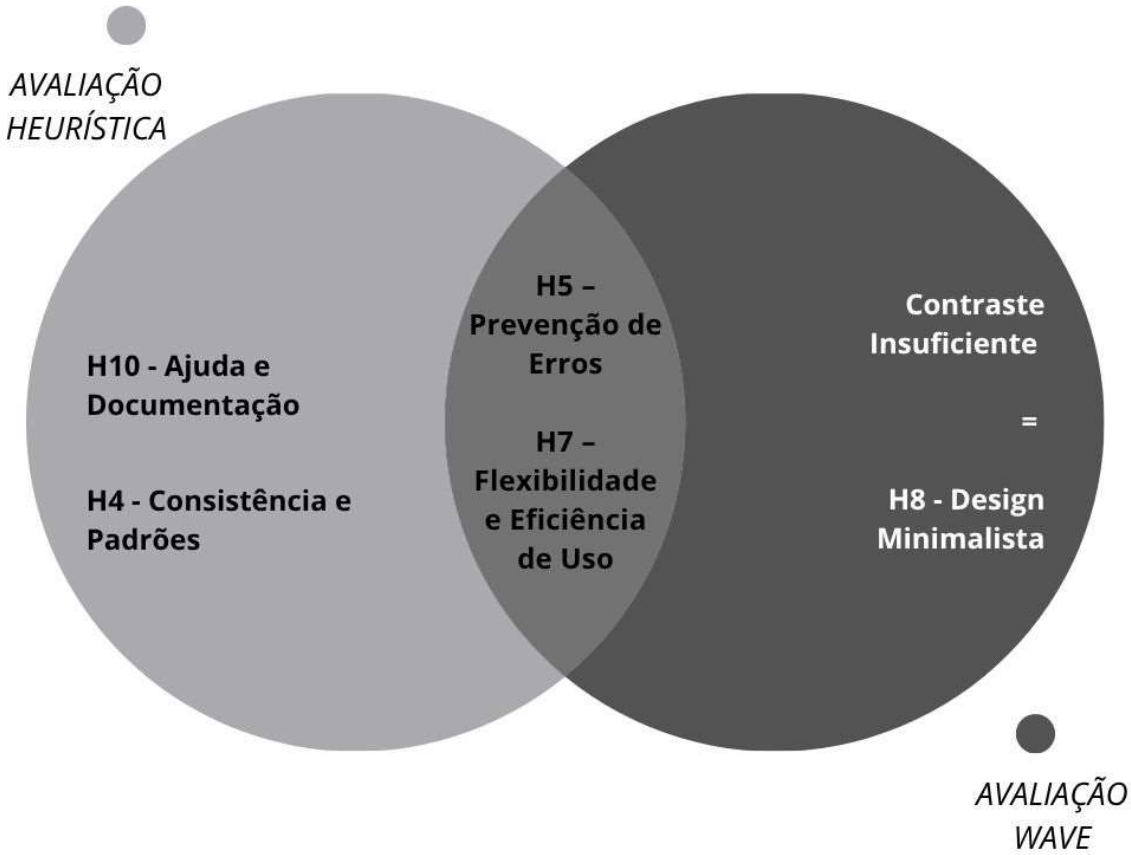
INDICADOR WAVE	OCORRÊNCIAS TOTAIS	% nas Etapas Críticas	HEURÍSTICA NIELSEN	PRINCÍPIO POUR (WCAG)	NÍVEL WCAG	MÉDIA POR PÁGINA	DESVIO-PADRÃO	KRUSKAL-WALLIS (P)	SEVERIDADE ESTIMADA
Alertas (□)	145	4,36%	H1 – Visibilidade do Status do Sistema	Robusto	3.3.1 (A) / 3.3.3 (AA) – Identificar e confirmar erros	40,0	40,25	0,043	ALTA
Erros (✕)	160	4,81%	H5 – Prevenção de Erros	Perceptível	3.3.3 (AA) – Confirmação de envio, alerta visual de erro	36,25	34,49	0,043	MODERADA
Elementos Estruturais (□)	234	7,04%	H6 – Reconhecimento em vez de Memorização	Robusto	1.3.1 (A) – Informações estruturais e relacionais	53,25	47,64	0,043	ALTA
Atributos ARIA (□)	2.570	77,3%	H7 – Flexibilidade e Eficiência de Uso	Compreensível	2.4.3 (AA) – Ordem lógica de navegação	58,5	45,71	0,043	ALTA

Problemas de Con- traste (□)	2	0,06%	H8 – Estética e Design Mi- nimalista	Robusto	4.1.2 (A) – Name, Role, Value corre- tamente im- plementados	642,5	738,37	0,043	CRÍTICA
Recursos Acessíveis (☑)	213	6,41%	H9 – Ajudar usuários a re- conhecer e corrigir	Perceptível	1.4.3 (AA) – Contraste mí- nimo de 4.5:1	0,5	1,0	0,043	BAIXA

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

Simultaneamente, a avaliação heurística realizada por cinco especialistas apontou maior severidade média nas heurísticas H10 (ajuda e documentação – M = 2,60), H7 (flexibilidade e eficiência de uso – M = 2,75) e H5 (prevenção de erros – M = 2,20), que também apresentaram menor desvio-padrão, sugerindo maior consistência entre os avaliadores. Os testes estatísticos aplicados indicaram diferença significativa entre essas heurísticas ($\chi^2 = 11,00$; gl = 4; p = 0,027), reforçando a existência de áreas críticas no sistema.

Figura 18: Diagrama de Venn



Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

O diagrama de Venn (Figura 18) evidencia a interseção entre os métodos de avaliação empregados, destacando a convergência de três heurísticas principais — H5 (Prevenção de Erros), H7 (Flexibilidade e Eficiência de Uso) e H8 (Estética e Design Minimalista). Essas heurísticas emergem como pontos críticos comuns nas falhas identificadas tanto pela inspeção automatizada quanto pela avaliação heurística conduzida por especialistas, o que reforça a consistência dos achados e a validade da triangulação metodológica adotada. Esse cruzamento confirma a validade do uso combinado dos métodos, sugerindo que problemas de usabilidade mais severos tendem a emergir em ambas as abordagens. Ademais, heurísticas como H4 (Consistência e Padrões) e H10 (Ajuda e Documentação) foram identificadas exclusivamente pela avaliação heurística, enquanto a deficiência de contraste foi destacada apenas pela WAVE, reforçando a complementaridade dos métodos.

A análise cruzada dos dados demonstrou correlação entre os problemas detectados pela ferramenta automatizada e as falhas apontadas pelos avaliadores humanos. Por exemplo, a sobrecarga estrutural e semântica observada nas páginas do formulário (etapas “Stepper”) associou-se a falhas nas heurísticas de auxílio ao usuário (H10), robustez (H5) e eficiência de navegação (H7), aspectos estes também contemplados nos princípios Robust, Understandable e Operable das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web – WCAG 2.1 (W3C, 2018).

Por outro lado, as seções “Link Painel” e “Link Projetos” apresentaram menor número de elementos acessíveis e erros identificados, o que, à primeira vista, poderia indicar maior conformidade. No entanto, essa escassez também pode refletir a sub implementação de critérios de acessibilidade, evidenciando uma possível ausência de boas práticas de codificação semântica, o que compromete os princípios de perceptibilidade e navegabilidade (Godoy; Ferreira; Cinelli, 2019).

A triangulação dos dados revela, portanto, não apenas os pontos de maior vulnerabilidade da plataforma, como também confirma a importância de análises complementares e integradas para uma avaliação abrangente da acessibilidade digital. Os achados reforçam a ideia defendida por Bastien e Scapin (1993), segundo a qual a combinação entre avaliações heurísticas e métodos automatizados potencializa a capacidade diagnóstica, especialmente em contextos de desenvolvimento iterativo.

4.6 PROPOSIÇÃO DE RECOMENDAÇÕES PARA A PLATAFORMA

A partir dos resultados obtidos na pesquisa e em consonância com os objetivos específicos previamente estabelecidos, esta seção apresenta a proposição de recomendações para o aprimoramento da plataforma digital acadêmica do CEUA da UFPE. As recomendações são fundamentadas nos princípios de acessibilidade e usabilidade, com o intuito de promover a inclusão digital dos usuários — objetivo geral desta investigação. Além disso, pretende-se reduzir barreiras de uso por meio da implementação de diretrizes de interface que assegurem a conformidade da plataforma com os critérios estabelecidos pelas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo da Web (WCAG 2.1) e pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015).

4.6.1 Recomendações quanto à conformidade ao padrão de Acessibilidade

A análise automatizada conduzida pela ferramenta WAVE evidenciou um volume expressivo de erros críticos, especialmente na ausência de texto alternativo em imagens, à estruturação semântica inadequada de cabeçalhos e na falta de *landmarks* ARIA. Em paralelo, os alertas de contraste revelaram que diversas combinações de cores não alcançam o patamar mínimo de relação (4,5:1 para texto normal), impactando diretamente a legibilidade para usuários com baixa visão. Embora tenham sido identificados elementos positivos - como botões com *labels* claros, esses recursos se encontram dispersos em diferentes seções, sem um fluxo de navegação coerente ou hierarquizado.

Apesar de algumas boas práticas pontuais - como o uso de rótulos descritivos em botões, observou-se que esses elementos encontram-se dispersos e desarticulados em relação ao fluxo de navegação, o que prejudica a experiência do usuário. A ausência sistemática de textos alternativos em imagens e ícones, por exemplo, é uma das falhas mais severas identificadas, especialmente por impactar diretamente a acessibilidade para pessoas que utilizam leitores de tela. Essa fragilidade foi corroborada por Martín Núñez, Amado-Salvatierra e Hilera (2016), que, ao analisarem plataformas MOOC, observaram a recorrência dessa falha como um dos principais entraves à inclusão digital de pessoas com deficiência visual.

De forma similar, a ausência de hierarquia semântica nos cabeçalhos e a omissão de *landmarks* ARIA dificultam significativamente a escaneabilidade da página e a navegação por meio de tecnologias assistivas. Carmo, Paiva e Cagnin (2021) enfatizam que a correta utilização de elementos como *<role>*, *aria-label* e *landmarks* como *<nav>* e *<main>* é essencial para a experiência de usuários com deficiência auditiva e visual, sobretudo em ambientes educacionais. Al-Azawei, Serenelli e Lundqvist (2016) também reforçam que a fraca organização hierárquica é uma limitação comum em plataformas digitais de ensino, aumentando a carga cognitiva para estudantes com diferentes perfis neurodivergentes.

Outro ponto crítico identificado refere-se à desorganização da ordem de tabulação e à navegação por teclado, especialmente nas etapas “Projetos” e “Animais”, onde os campos de formulário e os controles do *stepper* não seguem uma lógica de foco. Rahimi e Asad (2021), ao investigarem a acessibilidade de websites universitários no Afeganistão, apontaram que a falta de uma ordem de tabulação coerente é um dos fatores que mais afasta usuários com deficiência, por inviabilizar tarefas básicas como o preenchimento de formulários. De modo complementar, Mateus *et al.* (2022) destacam que a ausência de controle adequado de *tabindex* e *focus* pode tornar a interface inacessível para usuários que dependem exclusivamente de navegação por teclado ou comandos por voz.

A ausência de validação semântica adequada nos formulários também foi observada, em descumprimento à heurística H05 (“Prevenção de erros”). Esta falha compromete a usabilidade, especialmente pela ausência de mensagens claras e feedback visual durante a interação. Rodrigues, Garcia e Oliveira (2021) evidenciaram, em sua análise de plataformas MOOC, que a inexistência de mecanismos de validação reduz a confiança do usuário e compromete a experiência. Costa (2018), ao avaliar a plataforma e-Campo da EMBRAPA, também identificou a ausência de vínculos entre rótulos e campos de entrada (atributos *for*, *aria-describedby*), ressaltando o impacto negativo na navegação de usuários com deficiência visual.

A Tabela 04 aprofunda a análise apresentada anteriormente, reorganizando as recomendações conforme os critérios da WCAG 2.1 e atribuindo níveis de severidade para cada item detectado. Essa categorização permite uma priorização estratégica das correções, de acordo com o impacto de cada falha na experiência do usuário e na conformidade normativa. Cada linha da tabela relaciona o critério técnico

violado (por exemplo, 1.1.1 para textos alternativos ou 2.4.3 para ordem de tabulação), a gravidade da falha (alta, média ou baixa) e apresenta observações específicas sobre como o problema se manifesta em cada painel da plataforma. Essa abordagem proporciona uma visão analítica mais refinada, permitindo que decisões técnicas sejam tomadas com base em evidências objetivas, otimizando o uso de recursos e maximizando os ganhos em acessibilidade e usabilidade.

Tabela 4: Recomendação por item WCAG e Matriz de Severidade

Recomendação	Categoria WCAG	Severidade	Painel	Projetos	Novo Projeto	Animais	Observações específicas
1. Textos alternativos (alt)	Perceptível (1.1.1)	Alta	✓	✓	✓	✓	Revisar imagens decorativas para uso de alt=""; todos os ícones devem receber descrições significativas.
2. Hierarquia semântica de cabeçalhos	Compreensível (1.3.1)	Média	✓	✓	✓	✓	Em "Animais", ajustar para refletir "Etapa 4: Animais"; verificar sequência de todos os níveis de .
3. Landmarks e roles ARIA	Operável (2.4.1)	Média	✓	✓	✓	✓	Confirmar role="alert" em mensagens de erro e aria-live em componentes dinâmicos.
4. Ordem de foco (tabulação)	Operável (2.4.3)	Alta	✓	✓	✓	✓	Testar fluxo de tabulação; atribuir tabindex correto em controles numéricos do stepper "Animais".
5. Contraste de cores	Perceptível (1.4.3)	Alta	✓	✓	✓	✓	Validar contraste com ferramentas como Colour Contrast Analyser; priorizar pares de alto impacto.
6. Formulários acessíveis	Operável (3.3.2)	Média	N/A	✓	✓	✓	Garantir uso de , aria-invalid e aria-describedby nas validações inline.
7. Título de página claro	Compreensível (2.4.2)	Baixa	✓	✓	✓	✓	Assegurar único e descritivo; atualizar meta em cada view.
8. Remoção de elementos obsoletos	Robustez (4.1.2)	Média	✓	✓	✓	✓	Confirmar que não há uso de , ou meta-refresh em nenhuma página.
9. Testes com usuários reais	Robustez (4.1.3)	Baixa	✓	✓	✓	✓	Planejar sessões com NVDA e JAWS; incluir testes de fluxo completo em "Novo Projeto".

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

Adicionalmente, o APÊNDICE E apresenta uma tabela de recomendações em HTML, com exemplos de código “antes” e “depois”, permitindo a replicação prática das melhorias. Do ponto de vista da engenharia de acessibilidade, essa transposição da percepção visual para a marcação semântica é essencial para garantir que tecnologias assistivas interpretem corretamente o conteúdo digital. A conformidade com os critérios 1.1.1, 1.3.1, 2.4.3 e 3.3.2, por meio da inclusão de atributos como *alt*, *tabindex*, *aria-invalid* e *aria-describedby*, assegura que a interface seja funcional, compreensível e navegável para todos os perfis de usuários.

Em síntese, a análise conduzida possibilitou a construção de uma matriz de ações priorizadas, orientadas por evidências empíricas obtidas via inspeção automatizada e respaldadas por diretrizes reconhecidas internacionalmente. Essa estrutura oferece subsídios objetivos para que a equipe de desenvolvimento elimine as barreiras mais críticas de acessibilidade, promovendo uma evolução da plataforma CEUA alinhada à WCAG 2.1 e à legislação brasileira vigente.

4.6.2 Recomendações quanto aos padrões de usabilidade

A avaliação heurística da plataforma permitiu identificar tanto problemas recorrentes quanto oportunidades de melhoria em relação à usabilidade. Com base na escala de severidade adotada (0 a 4), os dados quantitativos apontaram as heurísticas H01 (Visibilidade do status do sistema) e H05 (Prevenção de erros) como as mais críticas, enquanto a heurística H04 (Consistência e padrões) apresentou menor gravidade percebida.

A análise qualitativa permitiu evidenciar aspectos sutis da usabilidade que não foram devidamente refletidos pelos indicadores estatísticos e/ou ferramentas automatizadas. No caso de H01, observou-se a ausência de sinalizações claras nos formulários e falhas na retroalimentação visual e sonora — o que compromete diretamente a percepção do progresso da tarefa pelo usuário, como identificado em pesquisas anteriores sobre acessibilidade em plataformas públicas (TAVARES *et al.*, 2023). Comentários como “Campos opcionais ou obrigatórios não estão sinalizados” e “Não há feedback sonoro” sugerem deficiência na aplicação de micro interações e na conformidade com princípios do W3C (2022), especialmente no que diz respeito à diretriz WCAG 2.1 – Critério 3.3.1 (Identificação de erros).

A heurística H05, demonstrou ausência de sinalizações de campos obrigatórios e pela recorrência de erros não preveníveis. A literatura reforça que a falta de prevenção de erros aumenta a frustração e evasão, principalmente entre usuários com deficiência cognitiva ou visual (Saini; Kataria, 2022). O estudo de Hayat *et al.* (2021) sobre acessibilidade em portais de COVID-19 na Ásia também constatou que mensagens de erro e campos mal rotulados são os principais impeditivos para navegação autônoma. Na presente avaliação, os especialistas sugeriram a

implementação de marcadores como asteriscos e descrições orientativas — práticas simples, mas efetivas para mitigar frustrações de navegação.

O texto aborda a heurística H04 (Consistência e padrões), destacando que os avaliadores identificaram inconsistências visuais e semânticas relevantes, como duplicidade de nomes e falta de padronização em botões, ícones e navegação. Embora a média de severidade dessas falhas tenha sido baixa, os relatos qualitativos apontam que elas dificultam o aprendizado e aumentam a carga cognitiva dos usuários. Pesquisas como as de Lima *et al.* (2021) e Rosa e Veras (2013) mostram que a ausência de padrões e a inconsistência de layout prejudicam a previsibilidade, a eficiência e a confiança na interface, tanto em ambientes educacionais quanto em portais jornalísticos. Portanto, mesmo problemas considerados de baixa severidade devem ser tratados com atenção, pois podem gerar desorientação, especialmente para pessoas com menor familiaridade digital ou necessidades de acessibilidade.

Os achados dialogam com o estudo de Treviranus (2020), que defende o conceito de "Design para a Margem", enfatizando que melhorias que beneficiam usuários com deficiências frequentemente resultam em ganhos de usabilidade para todos. Isso se alinha aos princípios de Design Universal e justifica a necessidade de considerar heurísticas não apenas como critérios técnicos, mas como mecanismos de inclusão.

Além disso, os resultados estão em consonância com estudos mais amplos sobre acessibilidade de plataformas de MOOCs (Cursos Online Abertos e Massivos), como o de Lima *et al.* (2022), que identificaram problemas similares - especialmente na ausência de feedback em formulários e inconsistência visual - mesmo em ambientes educacionais com grande alcance global. Avaliações feitas por usuários com deficiência visual em apps mobile (Diniz *et al.*, 2021) também destacaram o valor da padronização e feedback para garantir a autonomia digital.

Por fim, a ausência de correlações entre problemas apontados e sua gravidade aparente pode ser explicada pelo que Nielsen e Molich (1990) chamam de "peso perceptivo" de certas heurísticas. Ou seja, algumas falhas, embora tecnicamente menos graves, impactam emocionalmente a experiência do usuário e desencadeiam abandono da tarefa — o que ressalta a importância de uma análise qualitativa complementar às métricas estatísticas.

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a conformidade da plataforma digital acadêmica CEUA/UFPE com os padrões de acessibilidade web, utilizando princípios de usabilidade e design universal. Para isso, aplicou-se uma abordagem metodológica mista, combinando avaliação heurística baseada nas Heurísticas de Nielsen (1994) e inspeção automatizada pela ferramenta WAVE, que segue os critérios das diretrizes WCAG 2.1 (W3C, 2018). A triangulação desses métodos proporcionou uma análise mais robusta, fortalecendo a validade dos achados e ampliando a profundidade interpretativa.

Os resultados revelaram falhas significativas de acessibilidade e usabilidade distribuídas ao longo da plataforma, com maior criticidade nas páginas relacionadas à submissão de projetos — em especial “Stepper Novo Projeto” e “Stepper Animais”. A análise estatística dos dados extraídos pelo WAVE evidenciou disparidades na adoção das boas práticas de acessibilidade entre as páginas, fato confirmado pelo teste de Kruskal-Wallis, que indicou diferença estatisticamente significativa na quantidade total de ocorrências detectadas ($\chi^2 = 8,14$; $gl = 3$; $p = 0,043$). Essa assimetria demonstra que algumas páginas atendem parcialmente aos critérios da WCAG 2.1, enquanto outras concentram falhas críticas que comprometem a experiência de usuários com diferentes capacidades, incluindo aqueles com deficiências sensoriais, motoras ou cognitivas (Norman, 2013; W3C, 2018; Santa Rosa *et al.*, 2021).

A avaliação heurística identificou aspectos ergonômicos relevantes que impactam a navegabilidade e eficiência da interface. Destacam-se as heurísticas H10 (Ajuda e Documentação), H5 (Prevenção de Erros) e H7 (Flexibilidade e Eficiência de Uso), que apresentaram as maiores médias de severidade atribuídas pelos especialistas. A análise estatística inferencial reforçou essas constatações, com o teste de Kruskal-Wallis revelando diferença significativa nas heurísticas relacionadas à prevenção de erros, suporte ao usuário e adaptabilidade do sistema ($p = 0,027$), enquanto as heurísticas com distribuição normal demonstraram relativa homogeneidade (ANOVA, $p = 0,648$) (Nielsen, 1995; Santa Rosa; Oliveira, 2020).

Quadro 7: Recomendações

PROBLEMA IDENTIFICADO	HEURÍSTICA ASSOCIADA	CRITÉRIO WCAG VIOLADO	DETECTADO PELO WAVE	DETECTADO PELA HEURÍSTICA	NÍVEL DE SEVERIDADE TRIANGULADA	RECOMENDAÇÃO TÉCNICA
Falta de Feedback Visual/Sonoro	H1 – Visibilidade do Status do Sistema	3.3.1 – Identificação de Erros	Parcial	Sim (Moderado)	ALTA	Inserir feedback visual e sonoro em todas as etapas críticas da submissão de projetos, com sinalização clara de progresso.
Ausência de Rótulo em Campos de Formulário	H5 – Prevenção de Erros	3.3.2 – Rótulos ou Instruções	Sim	Sim (Alta)	ALTA	Utilizar rótulos visíveis e programáticos em campos obrigatórios, com asteriscos e mensagens orientativas.
Contraste Insuficiente	H8 – Estética e Design Minimalista	1.4.3 – Contraste (mínimo)	Sim	Sim (Moderado)	CRÍTICA	Ajustar cores para atingir contraste mínimo conforme WCAG; utilizar ferramenta de verificação automática antes da publicação.
Navegação Complexa / Fluxo Ineficiente	H7 – Flexibilidade e Eficiência de Uso	2.4.6 – Cabeçalhos e Rótulos / 2.4.3 – Ordem de Foco	Parcial	Sim (Alta)	ALTA	Redesenhar fluxo de navegação com foco em linearidade, lógica, e uso de atalhos e tabulação correta.
Ausência de Ajuda e Documentação	H10 – Ajuda e Documentação	Sem correspondência direta na WCAG	Não	Sim (Crítica)	CRÍTICA	Criar seção de ajuda acessível com orientações claras, tutoriais em texto e vídeo, e suporte contextualizado.
Falta de Padronização Visual	H4 – Consistência e Padrões	1.3.1 – Informação e Relações	Parcial	Sim (Baixa)	MODERADA	Padronizar nomenclaturas, botões e ícones, garantindo consistência semântica e visual em toda a plataforma.

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

A síntese das recomendações (Quadro 7), técnicas elaboradas com base no cruzamento de dados heurísticos e automatizados reforça a criticidade de falhas como ausência de feedback visual/sonoro, rótulos em formulários e contrastes insuficientes. Problemas como “Falta de Feedback Visual” (H1, WCAG 3.3.1), “Ausência de Rótulo em Campos” (H5, WCAG 3.3.2) e “Contraste Insuficiente” (H8, WCAG 1.4.3) foram classificados como de severidade alta ou crítica. Essas ocorrências exigem intervenções específicas, como revisão de design, ajustes visuais e inserção de componentes de acessibilidade ativa (por exemplo, uso adequado de ARIA, feedbacks de status e elementos interativos semanticamente nomeados). Além disso, recomenda-se a reformulação de fluxos complexos de navegação, promovendo uma experiência mais fluida e compatível com os princípios de design universal.

Os resultados obtidos revelaram falhas significativas de acessibilidade e usabilidade distribuídas ao longo da plataforma, sendo mais críticas nas páginas relacionadas à submissão de projetos — notadamente “Stepper Novo Projeto” e “Stepper Animais”. A análise estatística dos dados extraídos pela ferramenta WAVE evidenciou uma disparidade na aplicação das boas práticas de acessibilidade entre as páginas analisadas. O teste de Kruskal-Wallis confirmou essa desigualdade ao indicar diferença estatisticamente significativa na quantidade total de ocorrências detectadas ($\chi^2 = 8,14$; gl = 3; $p = 0,043$). Essa assimetria demonstra que, enquanto algumas páginas adotaram parcialmente os critérios da WCAG 2.1, (W3C, 2018) outras concentram falhas críticas que comprometem severamente a experiência de usuários com deficiência. (Santa Rosa *et al.*, 2022).

A avaliação heurística também contribuiu para a identificação de aspectos ergonômicos que afetam a navegabilidade e a eficiência da interface. A análise descritiva apontou que as heurísticas H10 (Ajuda e Documentação), H5 (Prevenção de Erros) e H7 (Flexibilidade e Eficiência de Uso) foram as mais problemáticas, com as maiores médias de severidade atribuídas pelos especialistas. A análise descritiva e inferencial das heurísticas evidenciou variações significativas nas dimensões mais críticas para a usabilidade, sobretudo em aspectos ligados à prevenção de erros e suporte ao usuário (Nielsen, 1995; Santa Rosa; Oliveira, 2020).

Conforme recomendado em pesquisas de métodos mistos (Creswell; Plano Clark, 2018) foi realizado o teste ANOVA de medidas repetidas às heurísticas com distribuição normal (H1, H2, H7, H8 e H9) não revelou diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,648$), indicando relativa homogeneidade entre essas categorias. No entanto, o teste de Kruskal-Wallis aplicado às heurísticas com distribuição não normal (H3, H4, H5, H6 e H10) identificou diferença estatisticamente significativa ($p = 0,027$), evidenciando maior concentração de falhas em aspectos essenciais para a prevenção de erros, assistência ao usuário e adaptabilidade do sistema.

As análises integradas, tanto heurísticas quanto automatizadas, indicam que a plataforma, em seu estado atual, não atende satisfatoriamente aos critérios de acessibilidade digital e usabilidade esperados para ambientes acadêmicos. Uma interface acessível deve possibilitar que todos os usuários, independentemente de suas capacidades funcionais, possam navegar, interagir e compreender o conteúdo de forma autônoma, segura e eficiente. (W3C, 2018).

Do ponto de vista científico, a pesquisa contribui ao demonstrar a viabilidade de uma abordagem metodológica triangulada para avaliação de acessibilidade e ergonomia em interfaces web (Creswell; Plano Clark, 2018). Também oferece subsídios práticos para o aprimoramento do design de plataformas digitais educacionais, propondo uma atuação mais proativa na identificação e correção de barreiras de acessibilidade (W3C, 2018; Santa Rosa; Oliveira, 2020). A construção de diretrizes específicas, com base nos achados empíricos, representa um avanço relevante para o campo da ergonomia digital aplicada à educação (Bastien; Scapin, 1993).

Entre as limitações da pesquisa, destaca-se a ausência de testes com usuários reais, o que poderia ampliar a compreensão sobre as interações práticas e os efeitos subjetivos das barreiras encontradas, conforme defendido por Norman (2013). Além disso, a avaliação heurística foi realizada por um número reduzido de especialistas, o que, embora tecnicamente aceitável (Nielsen, 1995), restringe a generalização dos resultados. Tais limitações não comprometem a validade do estudo, mas indicam caminhos para o aprofundamento de futuras investigações.

Como recomendação, sugere-se que pesquisas futuras incluam usuários com deficiência nos processos de avaliação (Silva *et al.*, 2022), além de aplicar testes de usabilidade em contextos reais de uso. Também se recomenda que o ciclo de desenvolvimento da plataforma seja acompanhado por auditorias periódicas de acessibilidade, com base nas atualizações das WCAG (W3C, 2018), e que equipes multidisciplinares sejam capacitadas para incorporar os princípios de ergonomia digital desde as etapas iniciais do design (Moraes; Mont'alvão, 2020).

Conclui-se, portanto, que o fortalecimento da acessibilidade web em ambientes acadêmicos digitais é não apenas uma exigência normativa, mas uma condição ética e técnica indispensável para garantir equidade de acesso ao conhecimento. A ergonomia digital, articulada ao design universal, oferece as bases necessárias para promover uma experiência de uso inclusiva, intuitiva e eficiente — valores essenciais à democratização do ensino superior em contextos digitais contemporâneos (Mace, 1998; Norman, 2013).

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Relatório técnico: Acessibilidade em ambientes digitais educacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. 45 p.
- ALMEIDA, M. S.; SANTOS, J. Acessibilidade digital no ensino superior: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Educação*, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 45–60, 2021. DOI: 10.1590/1980-5470-2021v26n3.
- ALMEIDA, M. R. *et al.* Incorporating accessibility in web interface development for deaf users. *ACM International Conference Proceeding Series*, 2022.
- ABASCAL, J.; NICOLLE, C.; LÓPEZ-JAQUERO, M. Evaluating web accessibility: towards a more comprehensive methodology combining automatic and manual evaluations. *Universal Access in the Information Society*, v. 18, p. 1-18, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10209-018-0633-4>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- ACOSTA-VARGAS, P.; SALVADOR-ACOSTA, B.; SALVADOR-ULLAURI, L.; JADÁN-GUERRERO, J. Accessibility Challenges of E-Commerce Websites. *PeerJ Computer Science*, v. 8, 2022, e891. DOI: 10.7717/peerj-cs.891.
- ACIOLY, A. de S. G. Usabilidade, Ergonomia e Segurança Aplicados a Embalagens: Estudo com Embalagens de Consumo de Fraldas Geriátricas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- AGÜERO-FLORES, P.; QUESADA-LÓPEZ, C.; MARTÍNEZ, A.; JENKINS, M. *Tools for the evaluation of web accessibility: A systematic literature mapping*. In: 2019 IV Jornadas Costarricenses de Investigación en Computación e Informática (JoCICI). IEEE, 2019. p. 1-7. DOI: 10.1109/JoCICI48395.2019.9105263. Disponível em: https://consensus.app/papers/tools-evaluation-accessibility-literature-mapping-agüeroflores/0ebd237cc44252a2a2734ccf2d3c9175/?utm_source=chatgpt. Ac
- ALBERT, William; TULLIS, Thomas. *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. 2. ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2013.
- ALVES, C. F.; CARVALHO, L. D. R. Avaliação de acessibilidade em ambientes virtuais de aprendizagem conforme WCAG 2.1. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 30, p. 1-20, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/rbie.2022.30.0.1>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- ARIEF, Muzawir; RISSANEN, Sari; SARANTO, Kaija. Effectiveness of Web Accessibility Policy Implementation in Online Healthcare Information. *Studies in Health Technology and Informatics*, v. 270, p. 1108–1112, 16 jun. 2020. DOI: 10.3233/SHTI200334.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. ABNT NBR 17060:2022: Acessibilidade em aplicativos de dispositivos móveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050:2020.

Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BASTIEN, J. M. C. Usability testing: a review of some methodological and technical aspects of the method. *International Journal of Medical Informatics*, v. 79, n. 4, p. e18–e23, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2009.12.003>. Acesso em: 10 jun. 2024.

BASTIEN, J. M. C.; SCAPIN, D. L. Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. Rocquencourt: INRIA, 1993. (Technical Report No. 156).

BASTOS, L. A.; CORDEIRO, D. C.; ZAGHENI, A. L. *et al.* As pessoas com deficiência e a acessibilidade digital nos dias de hoje no Brasil. *Revista Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, v. 19, n. 58, p. 212-228, out./dez. 2023.

BONACIN, R.; MARTINS, M. Conformidade em acessibilidade digital: uma análise baseada na WCAG. **Revista de Ergonomia e Acessibilidade**, v. 8, p. 25-36, 2019.

BRAJNIK, G. Beyond Conformance: The Role of Accessibility Evaluation Methods. In: *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services*. Berlin: Springer, 2008. p. 86-95. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-85200-1_9. Acesso em: 8 abr. 2025.

BLINDERS, J.; KATZ, A.; SHARMA, V. How accessible is my visualization? Evaluating visualization accessibility with Chartability. *Computer Graphics Forum*, v. 40, n. 3, p. 389–404, 2021.

BRASIL. Decreto nº 9.296, de 1º de março de 2018. Regulamenta a Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, para dispor sobre a acessibilidade em sítios da internet. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 mar. 2018. Seção 1, p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9296.htm. Acesso em: 10 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Seção 1, p. 2. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 10 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Governo Digital. eMAG: Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico. 3. ed. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-digital/emag>. Acesso em: 10 jun. 2024.

BROWN, T.; LEE, J. Cognitive Accessibility in Digital Learning Tools: A Study on Users with Intellectual Disabilities. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 153, p. 102667, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2021.102667>. Acesso em: 10 jun. 2024.

- BUZZI, M.; MORSELLI, P.; BENASSAI, L. The use of WCAG and automatic tools by computer science students: a case study evaluating MOOC accessibility. *Journal of Universal Computer Science*, v. 27, n. 8, p. 828–847, 2021.
- CAMPOS, I. M. S.; PAIVA, E. B.; FARIAS, R. A. N. Acessibilidade digital em sistemas acadêmicos da UFPB: análise a partir das heurísticas de usabilidade. *Informação & Informação*, v. 26, n. 1, p. 632-659, 2021.
- CARD, Stuart K.; MORAN, Thomas P.; NEWELL, Allen. *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- CARVALHO, A. L.; SANTOS, J. R.; ALMEIDA, F. G. Usability heuristics for electronic health records: adapting and validating a set of criteria. *Journal of Biomedical Informatics*, v. 102, p. 103371, 2020.
- CAVALCANTE, Emely Laysla Silva; ANDRADE, Roberia de Lourdes de Vasconcelos. Inclusão digital e tecnologias assistivas: análise da produção científica indexadas na Base de Dados em Ciência da Informação. *Siti, Maceió*, v. 6, e186, 2024.
- CENTER FOR UNIVERSAL DESIGN. *The Principles of Universal Design*. Raleigh: North Carolina State University, 1997.
- CLARKSON, P. J., COLEMAN, R., HOSKING, I.; WALLER, S. (2013). *Inclusive Design: Design for the Whole Population*. Springer.
- CLEMENTE, K. A. P. *et al.* Barreiras ao acesso das pessoas com deficiência aos serviços de saúde: uma revisão de escopo. *Revista de Saúde Pública*, v. 56, p. 64, 2022.
- CONCEA (Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal). Resoluções normativas. Disponível em: <http://concea.mcti.gov.br/>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA (CNJ). Diagnóstico sobre Acessibilidade e Inclusão da Pessoa com Deficiência no Poder Judiciário. Brasília: CNJ, 2025. Disponível em: <https://www.cnj.jus.br/wp-content/uploads/2025/03/pnudcnj-relatorio-pessoa-com-deficiencia-13032025.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- COOK, A. M.; POLGAR, J. M. *Assistive Technologies: Principles and Practice*. 4. ed. St. Louis: Elsevier, 2015.
- COSTABILE, M. F. *et al.* MOOCs for all: evaluating the accessibility of top MOOC platforms. In: *Proceedings of the 14th International Web for All Conference*. ACM, 2017.
- CHAVES, Í. T.; DAVID, J. A.; CAVALCANTE, R. M. Avaliação da usabilidade do Museu Virtual da Fotografia do Ceará. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.
- CRESWELL, John W.; PLANO CLARK, Vicki L. *Designing and conducting mixed methods research*. 3rd ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.

DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, v. 13, n. 3, p. 319-340, 2020.

DATAREPORTAL. *Digital 2024: Brazil*. 2024. Disponível em: <https://datareportal.com/reports/digital-2024-brazil>. Acesso em: 22 jul. 2025.

DEQUE SYSTEMS. Axe DevTools. 2024. Disponível em: <https://www.deque.com/axe>. Acesso em: 07 abr. 2025.

DESURVIRE, H.; CAPLAN, M.; TOTH, J. Heuristic evaluation of user interfaces for games. In: *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*, 2004.

DIX, A. *et al.* Engenharia de interação. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

ERENLER, T. Analysis of Learning Management Systems with Structural Equation Modeling. *Journal of Education and Learning*, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 26–36, 2018.

EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE. EN 301 549: Accessibility requirements suitable for public procurement of ICT products and services in Europe. ETSI, 2018.

EUROPEAN UNION. Directive (EU) 2016/2102 of the European Parliament and of the Council on the accessibility of the websites and mobile applications of public sector bodies. Strasbourg: European Parliament, 2016.

FARMANESH, B.; SAMANI, F. R. Evaluating User Interface of Moodle Based on Nielsen's Heuristics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, [S. l.], v. 226, p. 194–201, 2016.

FAUST, F. G.; SIERRA, I. de S.; GOMES FERREIRA, M. G.; OKIMOTO, M. L. L. R.; VERGARA, L. G. L. Aplicabilidade dos conceitos do desenho universal e de usabilidade no desenvolvimento de produtos. In: *13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, 2018, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Blucher, 2019.

FERNÁNDEZ, Almudena; MACÍAS, José A. Heuristic-based usability evaluation support: a systematic literature review and comparative study. *Journal of Systems and Software*, v. 176, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/353905888>. Acesso em: 08 abr. 2025.

FERNÁNDEZ, Diego; MACÍAS, Eduardo. Métodos mistos em usabilidade: Integração de avaliação heurística e análise quantitativa. Cidade: Editora de Tecnologia Educacional, 2021.

FERREIRA, Caroline; PEREIRA, Lucas; SANTOS, Marília. Heuristic evaluation: a practical approach to improve digital interfaces. *Interaction Design Journal*, v. 12, n. 3, p. 45–56, 2018.

FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas “estado da arte”. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 23, n. 79, p. 257-272, ago. 2002.

FIELD, Andy. *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics*. 4th ed. London: SAGE Publications, 2013.

- FLICK, Uwe. Introdução à pesquisa qualitativa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- GACI, O. *et al.* Systematic Literature Review on Accessibility Evaluation Methods for E-Learning Platforms. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2020.
- GARCÍA, M. *et al.* Digital Accessibility in Higher Education: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, v. 11, p. 12345-12360, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3345678>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- GIBSON, J. J. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GNEWUCH, U.; MORCHER, M.; MAEDCHE, A. Designing chatbots: a systematic review of the state of the art. In: *Proceedings of the 2017 International Conference on Information Systems (ICIS)*, 2017.
- GODOY, Ana Cláudia Barbosa; FERREIRA, Danieli de Melo; CINELLI, Valéria Cristina. Acessibilidade e usabilidade em interfaces digitais: contribuições para o design centrado no usuário. *Projética, Londrina*, v. 10, n. 1, p. 100–122, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/33759>. Acesso em: 08 abr. 2025.
- GOOGLE. Lighthouse: Audit tool for improving the quality of web pages. 2024. Disponível em: <https://developer.chrome.com/docs/lighthouse/overview>. Acesso em: 07 abr. 2025.
- GOVERNMENT OF ONTARIO. *Accessibility for Ontarians with Disabilities Act*, 2005. Ontario: Queen's Printer for Ontario, 2005.
- GUEST, G.; BUNCE, A.; GUAJARDO, M. How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, v. 18, n. 1, p. 59–82, 2006.
- GRILO, A.; RODRIGUES, L. de A.; SILVA, B. S. Design inclusivo e acessibilidade digital para surdos em páginas web. *Design & Tecnologia*, v. 9, n. 18, p. 71–83, 2019. DOI:10.23972/det2019iss18pp71-83.
- HABIBI, M. K.; AHMADI, F.; NASSAJI, H. Accessibility and usability evaluation of university websites in Afghanistan: a comparison between public and private universities. *Education and Information Technologies*, v. 26, p. 1727–1751, 2021.
- HASSENZAHN, M.; TRACTINSKY, N. User experience – a research agenda. *Behaviour & Information Technology*, v. 25, n. 2, p. 91–97, 2006.
- HENRY, S. L. *Just Ask: Integrating Accessibility Throughout Design*. 2021. Disponível em: <https://www.uiaccess.com/accessucd/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. (Eds.). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, version 5.1.0 [updated March 2011]. London: The Cochrane Collaboration, 2011.

HWANG, G. J.; CHEN, C. H. The trend of digital learning in higher education: a systematic review. *Computers & Education*, v. 148, p. 103788, 2020.

IMARC Group. *E-Learning Market Size & Industry Share & Trends, 2033*. 2025. Disponível em: <https://www.imarcgroup.com/e-learning-market>. Acesso em: 22 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo demográfico: pessoas com deficiência no Brasil*. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9241-11:2018 – Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts*. Geneva: ISO, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO/IEC 40500:2012: Information technology – W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*. Geneva: ISO, 2012.

KAKINOHANA, G. K. *et al.* *Beyond Conformance: The Role of Accessibility Evaluation Methods*. ResearchGate, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/221194755_Beyond_Conformance_The_Role_of_Accessibility_Evaluation_Methods. Acesso em: 08 abr. 2025.

KALBACH, James. *Mapping Experiences: A Complete Guide to Creating Value through Journeys, Blueprints, and Diagrams*. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2020.

KARWOWSKI, W. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*. CRC Press, 2006.

KIM, J. *et al.* *The Impact of Web Accessibility on Student Engagement: A Meta-Analysis*. *Computers & Education*, v. 163, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104096>. Acesso em: 17 jul. 2024.

KITCHENHAM, B. *Procedures for performing systematic reviews*. Keele University Technical Report TR/SE-0401, 2004.

KULPA, Cristiane T. G.; PERRY, Joice K.; AMARAL, Angélica T. Diretrizes para o design de interfaces de ambientes virtuais de aprendizagem voltadas a usuários com baixa visão. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 29, p. 1–24, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/357946246>. Acesso em: 08 abr. 2025.

LAHTINEN, M.; KALLIO, T. Towards a refined heuristic evaluation: incorporating hierarchical analysis for weighted usability assessment. In: *Proceedings of the 33rd Australian Conference on Human-Computer Interaction*. ACM, 2021.

LAZAR, J.; GOLDFELD, K.; HEYMANN, P. Ensuring digital accessibility through universal design. New York: Springer, 2020.

LAURILLARD, D. Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology. New York: Routledge, 2012.

LIDWELL, W.; HOLDEN, K.; BUTLER, J. Universal principles of design. Beverly, MA: Rockport, 2010.

LIMA, C.; ALVES, R. A importância da conformidade com as WCAG em plataformas acadêmicas. *Revista Brasileira de Acessibilidade Digital*, v. 15, p. 45–67, 2022.

LOPES, B.; REZENDE, A. Avaliação de acessibilidade em portais de instituições federais de ensino superior. In: *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2019)*, Porto Alegre: SBC, 2019.

LOPES, R. *et al.* Avaliação automática de acessibilidade em sites governamentais brasileiros. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, n. 1, p. 77–94, 2020.

LUGER, E.; SELLEN, A. Like having a “really bad PA”: boas práticas para assistentes pessoais conversacionais. In: *Proceedings of the 2016 Conference on Designing Interactive Systems*, 2016.

LUJÁN-MORA, S.; MASRI, F. Evaluation of web accessibility: a combined method. ResearchGate, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286655264_Evaluation_of_web_accessibility_A_combined_method. Acesso em: 08 abr. 2025.

MACE, R. L. Universal design: barrier-free environments for everyone. *Designers West*, v. 33, n. 1, p. 147–152, 1985.

MACE, Ronald L. Universal design in housing. In: *Assistive technology and universal design: Selected papers from the 17th annual conference of the RESNA*, Washington: RESNA Press, 1998.

MAGNUSSON, J. Heuristic evaluation in practice: bridging the gap between theory and application. *Journal of Usability Studies*, v. 15, n. 4, p. 52–65, 2020.

MAGUIRE, M. Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 55, n. 4, p. 587–634, 2001.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MARSCHARK, M.; SPENCER, P. E. *The Oxford Handbook of Deaf Studies in Learning and Education*. Oxford: Oxford University Press, 2020.

MARTIN, L.; MARTÍNEZ, N.; BOTICARIO, J. G. A Heuristic Evaluation of Web-Based OERs. In: **EC-TEL 2008: European Conference on Technology Enhanced Learning**, 2008, Maastricht. *Anais [...]*. Berlin: Springer, 2008. p. 322–327. (LNCS, v. 5192).

MARTINS, A. *et al.* Analysis of the accessibility of selected massive open online courses (MOOCs) for users with disabilities. *Universal Access in the Information Society*, v. 20, 2021.

MELO, A. M.; BARANAUSKAS, M. C. C. Diretrizes de acessibilidade: da teoria à prática. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, n. 1, p. 101–120, 2020.

MERMAID. Mermaid.js: Generation of diagrams and flowcharts from text in a markdown-like syntax. Disponível em: <https://mermaid.js.org/>. Acesso em: 07 jun. 2025.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009

MORAES, Anamaria de; MONT'ALVÃO, Cláudia. *Ergonomia e Usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2020.

MORAES, Anamaria de; MONT'ALVÃO, Claudia. *Ergonomia: conceitos e aplicações*. São Paulo: Blucher, 2020.

MORENO, Pedro; GARCÍA, Ana; LÓPEZ, Beatriz. *Ergonomia e usabilidade: análise da adaptação de interfaces em ambientes educacionais*. Cidade: Editora de Ergonomia, 2022.

MONT'AVÃO, C.; SOUZA, R. R. Acessibilidade digital e inclusão: diretrizes e desafios para plataformas educacionais. *Revista Brasileira de Educação e Tecnologias*, v. 15, n. 3, p. 45–62, 2023.

NASCIMENTO, S. C. *et al.* Experiência do usuário: análise de usabilidade do ambiente virtual de aprendizagem e-Campo (EMBRAPA). *Revista Brasileira de Ensino a Distância*, v. 11, n. 2, p. 101–115, 2019.

NIELSEN, Jakob; LORANGER, Hoa. *Prioritizing web usability*. Berkeley: New Riders, 2007.

NIELSEN, Jakob; MOLICH, Rolf. Heuristic evaluation of user interfaces. In: *PROCEEDINGS OF THE SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS*, 1990, Seattle. New York: ACM, 1990. p. 249–256.

NIELSEN, Jakob. *Ten usability heuristics revisited*. Nielsen Norman Group, 2005. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics-revisited/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

NIELSEN, Jakob. *Heuristic evaluation 2.0*. Nielsen Norman Group, 2012. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/heuristic-evaluation-2/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

NIELSEN, Jakob. *Usability engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1994.

NORMAN, D. A. *The design of everyday things*. Revised and expanded ed. New York: Basic Books, 2013.

OLSEN, C.; DAHL, Y.; SCHMIDT, F. An analysis of web content accessibility of municipality websites for people with disabilities in Norway: web accessibility of Norwegian municipality websites. In: Proceedings of the 19th International Web for All Conference. ACM, 2022.

PA11Y. Pa11y: Your automated accessibility testing tool. 2024. Disponível em: <https://pa11y.org>. Acesso em: 07 abr. 2025.

PAUL, S. Accessibility analysis using WCAG 2.1: evidence from Indian e-government websites. *Universal Access in the Information Society*, v. 22, n. 2, p. 663–669, 2023.

PASSERINO, L. M.; BEZ, M. R. Acessibilidade e inclusão digital: perspectivas para a inclusão escolar. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 14, n. 1, p. 43-60, 2008.

PERDIGÃO, L. T.; LIMA, N. R. W. Acessibilidade digital e o mundo real: uma análise sobre audioguia do Museu do Amanhã. *Blucher Design Proceedings*, São Paulo, v. 3, n. 11, p. 640–646, 2017. DOI: 10.5151/16ergodesign-0063.

PINELLE, D.; WONG, N.; STACH, T. Heuristic evaluation for mobile applications. In: Proceedings of the 10th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, 2008.

PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. Método de inspeção de usabilidade orientado por cenários. *Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, 2003.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. Interaction design: beyond human–computer interaction. 4. ed. New York: Wiley, 2013.

RICHARDSON, W. S. *et al.* The well-built clinical question: a key to evidence-based decisions. *ACP Journal Club*, Philadelphia, v. 123, n. 3, p. A12-A13, set./out. 1995.

ROCHA, H.; BARANAUSKAS, M. C. C. Interação humano-computador: aspectos teóricos e práticos. *Ciência da Informação*, v. 32, n. 3, p. 79–85, 2003.

ROTH, C. *et al.* Heuristic evaluation of augmented reality educational applications. In: PROCEEDINGS OF THE 25TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT (ISD), Katowice. Springer, 2020. p. 284-293.

RUBIN, J. *et al.* Dyslexia-Friendly Design: Best Practices for Digital Content. *ACM Transactions on Accessible Computing*, v. 15, n. 2, p. 1-25, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3511292>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SANTA ROSA, José Guilherme; OLIVEIRA, Caroline de. Avaliação Heurística de Interfaces: aplicações para melhoria da usabilidade e da experiência do usuário. Rio de Janeiro: Rio Books, 2020.

SANTOS, E. F.; LIMA, R. A. Acessibilidade digital no ensino superior: um estudo sobre as WCAG. *Revista Brasileira de Educação a Distância*, v. 20, n. 1, 2022.

SAURO, Jeff; LEWIS, James R. Quantifying the user experience: practical statistics for user research. 2. ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2016.

SEALE, J. E-Learning and Disability in Higher Education: Accessibility Research and Practice. New York: Routledge, 2014.

SHAW, R.; KUMAR, A. Accessibility Barriers in Virtual Learning Environments for Blind Users: A Systematic Review. *Journal of Educational Technology & Society*, v. 25, n. 3, p. 45-60, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/jeductechsoci.25.3.45>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SHINOHARA, K.; WOBBROCK, J. O. Making accessible design a reality: challenges and strategies. *ACM Transactions on Accessible Computing*, v. 12, n. 3, p. 21, 2019.

SHNEIDERMAN, B.; PLEWIS, A.; HOLZ, C. Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction. 6. ed. Boston: Pearson, 2

SILVA, F. Q. B. *et al.* Parsifal: Uma ferramenta para apoiar revisões sistemáticas na Engenharia de Software. SBES, 2014.018.

SILVA, R. A.; SANTOS, F. M. Design Universal no Contexto Brasileiro: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Ergonomia*, v. 11, n. 2, p. 45–60, 2021.

SILVA, C. G. da; PAULA, S. L. de; PINTO, J. da S.; BRANDÃO, S. Valença; OLIVEIRA SANTOS, C. de F. S. A usabilidade como recurso emergente em website: um estudo com usuários no Portal do Ministério da Saúde. *Revista FOCO*, Curitiba, v. 16, n. 5, p. 1–30, maio 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n5-057.

SILVEIRA, F.; CASTILHO, R.; OLIVEIRA, L. Accessibility of mobile applications: evaluation by users with visual impairment and by automated tools. In: *Proceedings of the 23rd International Conference on Human-Computer Interaction*. ACM, 2021.

SIEGEL, Sidney; CASTELLAN, Jr. N. John. Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SOUZA, P. H.; MARTINS, C. R. Aplicação do Design Universal em Espaços Públicos no Brasil: desafios e perspectivas. *Cadernos de Arquitetura*, v. 7, n. 3, p. 123–140, 2020.

STEINFELD, E.; MAISAL, J. L. Universal design: creating inclusive environments. Hoboken: Wiley, 2012.

STORY, M. F.; MUELLER, J. L.; MACE, R. L. The Universal Design File: designing for people of all ages and abilities. Raleigh: The Center for Universal Design, North Carolina State University, 1998.

SUTCLIFFE, A.; GAULT, B. Heuristic evaluation of virtual reality applications. In: *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*, 2004.

TAYLOR, S.; PATEL, N.; JAIN, R. Accessibility of COVID-19 websites of Asian countries: an evaluation using automated tools. *SN Computer Science*, v. 2, n. 4, 2021.

TEIXEIRA, L. N. B. Acessibilidade do catálogo em linha para usuário com deficiência visual: um estudo de caso na Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade de Brasília, 2018. Disponível em:

https://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/32325/1/2018_LaysseNolettoBalbinoTeixeira.pdf. Acesso em: 08 abr. 2025.

THE PACIELLO GROUP (TPGi). Color Contrast Analyser. Disponível em:

<https://developer.paciellogroup.com/resources/contrast-analyser/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

UNITED KINGDOM. Equality Act, 2010. London: The National Archives, 2010.

UNITED STATES. Section 508 of the Rehabilitation Act. Washington, DC: U.S. Government, 2018.

VIGO, Mark; BARNES, Stuart J.; NIELSEN, Jakob. Accessibility testing of web applications: a comparative study of tools and methods. *Universal Access in the Information Society*, v. 12, n. 1, p. 1–15, 2013.

VENTAYEN, R. J. M.; ESTIRA, K. L. A.; DE GUZMAN, M. J. Usability Evaluation of Google Classroom. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 246–252, 2017.

WEBAIM. WAVE Web Accessibility Evaluation Tool. Disponível em:

<https://wave.webaim.org/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM – W3C. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. W3C, 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ANEXO A - TERMO DE ANUÊNCIA DA PESQUISA**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ERGONOMIA****CARTA DE ANUÊNCIA**

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos (o) a pesquisador (a) Luciula Vasconcelos Valença, a desenvolver o seu projeto de pesquisa O USO DE PADRÕES DE ACESSIBILIDADE WEB PARA O APERFEIÇOAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL ACADÊMICA, que está sob a coordenação/orientação do (a) Prof. (a) Prof. Dr^a Angélica de Souza Galdino cujo objetivo é contribuir para o desenvolvimento de uma plataforma digital acadêmica a partir do uso de padrões de acessibilidade para conteúdo web, com vistas a promover uma maior inclusão digital, na Universidade Federal de Pernambuco na Superintendência de Tecnologia da Informação – Coordenação do Laboratório de Inovação em TIC (STI Labs) – localizada em Recife, Pernambuco, Brasil.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do (a) pesquisador (a) aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde 466/12, 510/16 e suas complementares, comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes de pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados a pesquisadora deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Recife, em 04 de dezembro de 2024

MARLOS GONDIM RIBEIRO BATISTA

Coordenador do STI Labs

ANEXO B - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

CENTRO UNIVERSITÁRIO
FRASSINETTI DO RECIFE -
UNIFAFIRE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: : O USO DE PADRÕES DE ACESSIBILIDADE WEB PARA O APERFEIÇOAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL ACADÊMICA

Pesquisador: Luciula Vasconcelos Valença

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 85317924.0.0000.5586

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.310.836

Apresentação do Projeto:

Uma Abordagem Integrada Qualitativa e Quantitativa Metodologia: Este estudo utiliza uma abordagem metodológica mista, dividida em duas fases complementares. Na fase qualitativa, será aplicada a ferramenta WAVE para realizar uma análise automatizada de acessibilidade digital, com base nas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG). As barreiras identificadas serão classificadas nos níveis A, AA e AAA. Em seguida, será conduzida uma avaliação heurística qualitativa pelos princípios de usabilidade de Nielsen, envolvendo especialistas em ergonomia digital, para validar o protótipo ajustado da plataforma CEAU. Na fase quantitativa, será realizada uma análise de variância (ANOVA) para comparar as médias das barreiras de acessibilidade entre diferentes seções da plataforma, permitindo a identificação de áreas prioritárias para intervenção.

-Objetivo: O objetivo principal é avaliar e aprimorar a acessibilidade e a usabilidade da plataforma acadêmica CEAU, garantindo conformidade com as normas WCAG e oferecendo uma experiência digital inclusiva e eficiente para todos os usuários, especialmente pessoas com deficiência.

-Resultados Esperados: Espera-se que a análise qualitativa identifique barreiras críticas de acessibilidade e usabilidade na plataforma, enquanto a fase quantitativa auxilie na priorização de ajustes com base em evidências estatísticas. Como resultado, será desenvolvido um protótipo acessível e alinhado às melhores práticas de ergonomia e usabilidade digital,

Endereço: Av. Conde da Boa Vista, 921 ,bloco A , 2º andar - corredor do auditório São José
Bairro: Boa Vista **CEP:** 50.060-002
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2122-3534 **Fax:** (81)99150-0775 **E-mail:** comitedeetica@fafire.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO FRASSINETTI DO RECIFE - UNIFAFIRE



Continuação do Parecer: 7.310.836

contribuindo para a inclusão digital no ensino superior e para a replicabilidade de diretrizes acessíveis em outras plataformas acadêmicas.

Palavras-chave: Ergonomia Digital; Diretrizes WCAG, Desing Universal, Acessibilidade Web.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Contribuir para o desenvolvimento de uma plataforma digital acadêmica a partir do uso de padrões de acessibilidade para conteúdo web, com vistas a promover uma maior inclusão digital.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

A pesquisa apresenta possíveis riscos, principalmente de natureza emocional, como possíveis sentimentos de constrangimento ou desconforto relacionados à avaliação crítica do conteúdo das plataformas propostas. Esses riscos podem surgir devido à interpretação dos resultados, que poderão indicar inadequações ou inconformidades com as diretrizes WCAG (Web Content Accessibility Guidelines). No entanto, vale ressaltar que a análise será técnica e não envolverá coleta de dados pessoais ou interação com usuários. Os riscos operacionais potenciais, como falhas na aplicação das heurísticas ou viés na interpretação dos dados, serão controlados por meio de treinamento da equipe de avaliação e uso de ferramentas de análise padronizadas. Já os riscos de impacto social, relacionados à repercussão negativa dos resultados, serão mitigados por uma comunicação responsável, focada na melhoria contínua e na sensibilização sobre a importância da acessibilidade digital. Por fim, será garantido que todos os dados sejam tratados de maneira confidencial e em conformidade com as legislações vigentes, incluindo a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), reforçando o compromisso com a ética e a transparência.

Benefícios:

Nesta pesquisa não estão previsto benefícios diretos. Há previsão de benefícios indiretos, tais como o aprimoramento da plataforma CEAU, facilitando o acesso e a navegação, especialmente para estudantes, pesquisadores e profissionais que a utilizam para acompanhamento de projetos acadêmicos e submissão de protocolos. Ao promover uma interface mais inclusiva e acessível, esta análise incentivará a criação de diretrizes que poderão ser aplicadas não apenas à plataforma CEAU, mas também a outras interfaces

Endereço: Av. Conde da Boa Vista, 921, bloco A, 2º andar - corredor do auditório São José
Bairro: Boa Vista CEP: 50.060-002
UF: PE Município: RECIFE
Telefone: (81)2122-3534 Fax: (81)99150-0775 E-mail: comitedeetica@fafire.br

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
FRASSINETTI DO RECIFE -
UNIFAFIRE**



Continuação do Parecer: 7.310.836

digitais, reforçando o compromisso da UFPE com a acessibilidade e a experiência do usuário.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto apresenta uma boa organização.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

1. Projeto Detalhado/Brochura do investigador: "Projeto.docx"
2. Termo de consentimento livre e esclarecido: "TCLEUNIFAFIRE.pdf"
3. Preenchimento da Plataforma Brasil: "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2468810.pdf"
4. Carta de Anuência: "ANUENCIA.pdf"
5. Termo de Compromisso de Confidencialidade: "ConfidencialidadeUNIFAFIRE.pdf"
6. Folha de Rosto: "FRUNIFAFIRE.pdf"

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Este protocolo de pesquisa não apresenta óbices éticos para sua execução.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este protocolo de pesquisa não apresenta óbices éticos para sua execução.

Lembramos que o (a) pesquisador (a) responsável assume o compromisso de encaminhar ao CEP/UNIFAFIRE o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto nas normativas vigentes, Resolução CNS nº 510/16 e 466/12. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2468810.pdf	05/12/2024 11:01:46		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	ANUENCIA.pdf	05/12/2024 11:01:03	Luciula Vasconcelos Valença	Aceito
TCLE / Termos de	TCLEUNIFAFIRE.pdf	05/12/2024	Luciula	Aceito

Endereço: Av. Conde da Boa Vista, 921 ,bloco A , 2º andar - corredor do auditório São José
 Bairro: Boa Vista CEP: 50.060-002
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2122-3534 Fax: (81)99150-0775 E-mail: comitedeetica@fafire.br

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
FRASSINETTI DO RECIFE -
UNIFAFIRE**



Continuação do Parecer: 7.310.836

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEUNIFAFIRE.pdf	10:58:39	Vasconcelos Valença	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	05/12/2024 10:56:54	Luciula Vasconcelos Valença	Aceito
Folha de Rosto	FRUNIFAFIRE.pdf	04/12/2024 14:26:33	Luciula Vasconcelos Valença	Aceito
Declaração de Pesquisadores	ConfidencialidadeUNIFAFIRE.pdf	04/12/2024 07:38:21	Luciula Vasconcelos Valença	Aceito
Declaração de Pesquisadores	ANGELICA.pdf	02/12/2024 10:20:43	Luciula Vasconcelos Valença	Aceito
Declaração de Pesquisadores	LUCIULA.pdf	02/12/2024 10:20:04	Luciula Vasconcelos Valença	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	VINCULO.pdf	02/12/2024 10:17:55	Luciula Vasconcelos Valença	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

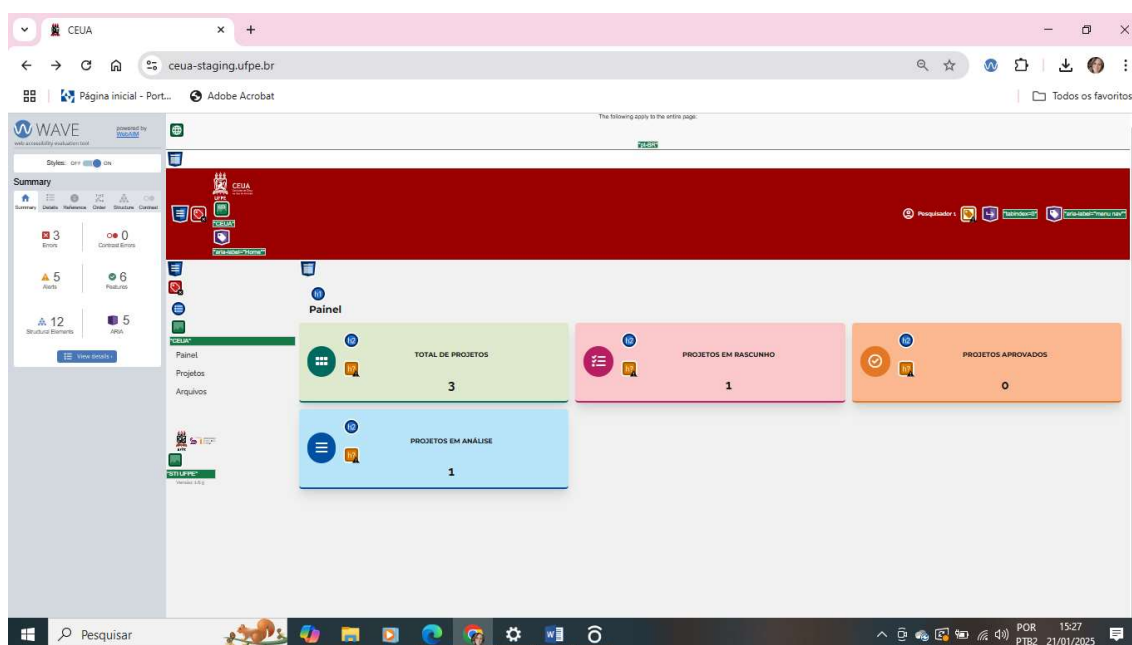
RECIFE, 19 de Dezembro de 2024

Assinado por:
Ana Maria Rabelo de Carvalho
(Coordenador(a))

Endereço: Av, Conde da Boa Vista, 921 ,bloco A , 2º andar - corredor do auditório São José
Bairro: Boa Vista **CEP:** 50.060-002
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2122-3534 **Fax:** (81)99150-0775 **E-mail:** comitedeetica@fafire.br

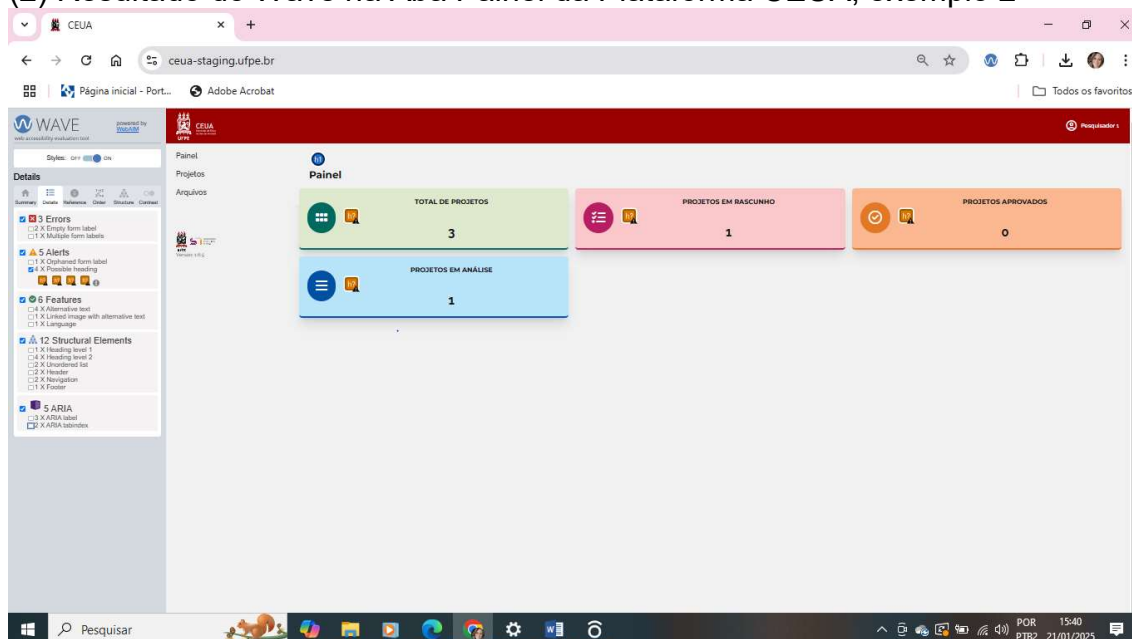
ANEXO C - RESULTADO DA AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DO SOFTWARE WAVE NA PLATAFORMA CEUA

(1) Resultado do Wave na Aba Paineis da Plataforma CEUA, exemplo 1



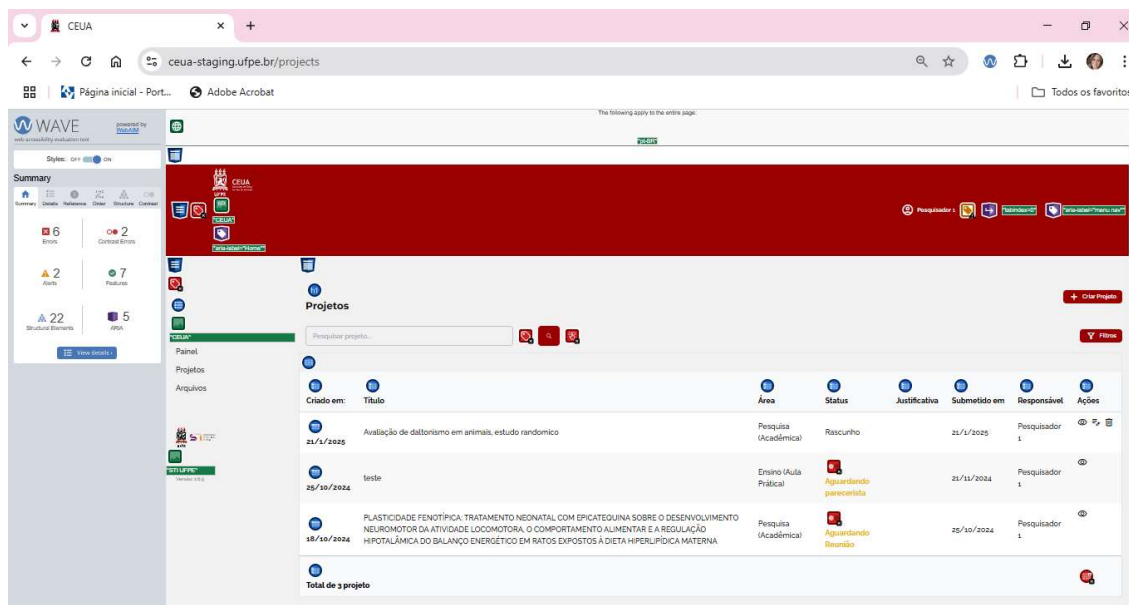
Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

(2) Resultado do Wave na Aba Paineis da Plataforma CEUA, exemplo 2



Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

(3) Resultado do Wave na Aba Projetos da Plataforma CEUA, exemplo 1



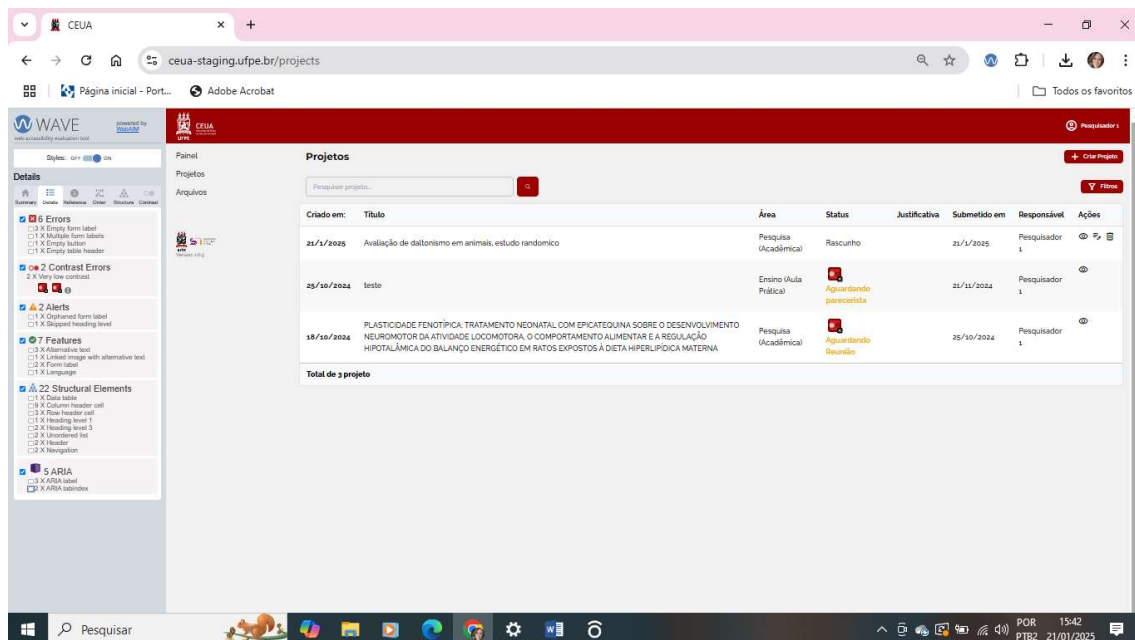
The screenshot shows the CEUA platform interface. The 'Projetos' tab is active, displaying a table of projects. The table has the following columns: Criado em, Título, Área, Status, Justificativa, Submetido em, Responsável, and Ações. There are three projects listed:

Criado em	Título	Área	Status	Justificativa	Submetido em	Responsável	Ações
21/1/2025	Avaliação de daltonismo em animais, estudo randomico	Pesquisa (Acadêmica)	Rascunho		21/1/2025	Pesquisador 1	
25/10/2024	teste	Ensino (Aula Prática)	Aguardando parecerista		21/11/2024	Pesquisador 1	
18/10/2024	PLASTICIDADE FENOTÍPICA: TRATAMENTO NEONATAL COM EPICATEQUINA SOBRE O DESENVOLVIMENTO NEUROMOTOR DA ATIVIDADE LOCOMOTORA, O COMPORTAMENTO ALIMENTAR E A REGULAÇÃO HIPOTALÂMICA DO BALANÇO ENERGÉTICO EM RATOS EXPOSTOS A DIETA HIPERLÍPIDICA MATERNA.	Pesquisa (Acadêmica)	Aguardando Revisão		25/10/2024	Pesquisador 1	

Total de 3 projeto

Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

(3) Resultado do Wave na Aba Projetos da Plataforma CEUA, exemplo 2



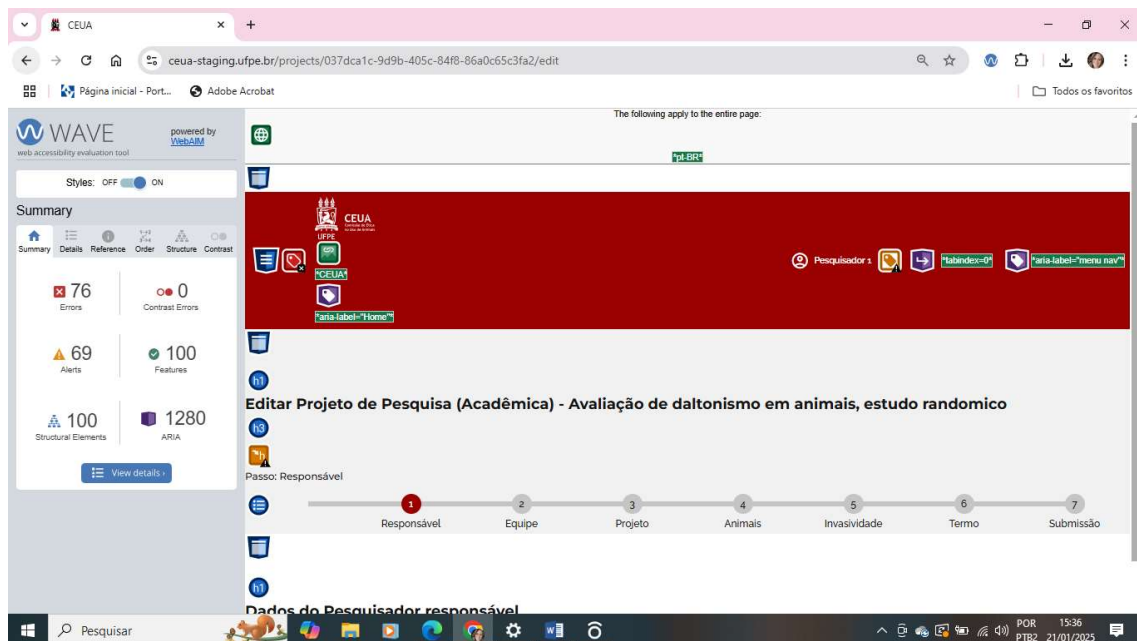
The screenshot shows the CEUA platform interface. The 'Projetos' tab is active, displaying a table of projects. The table has the following columns: Criado em, Título, Área, Status, Justificativa, Submetido em, Responsável, and Ações. There are three projects listed:

Criado em	Título	Área	Status	Justificativa	Submetido em	Responsável	Ações
21/1/2025	Avaliação de daltonismo em animais, estudo randomico	Pesquisa (Acadêmica)	Rascunho		21/1/2025	Pesquisador 1	
25/10/2024	teste	Ensino (Aula Prática)	Aguardando parecerista		21/11/2024	Pesquisador 1	
18/10/2024	PLASTICIDADE FENOTÍPICA: TRATAMENTO NEONATAL COM EPICATEQUINA SOBRE O DESENVOLVIMENTO NEUROMOTOR DA ATIVIDADE LOCOMOTORA, O COMPORTAMENTO ALIMENTAR E A REGULAÇÃO HIPOTALÂMICA DO BALANÇO ENERGÉTICO EM RATOS EXPOSTOS A DIETA HIPERLÍPIDICA MATERNA.	Pesquisa (Acadêmica)	Aguardando Revisão		25/10/2024	Pesquisador 1	

Total de 3 projeto

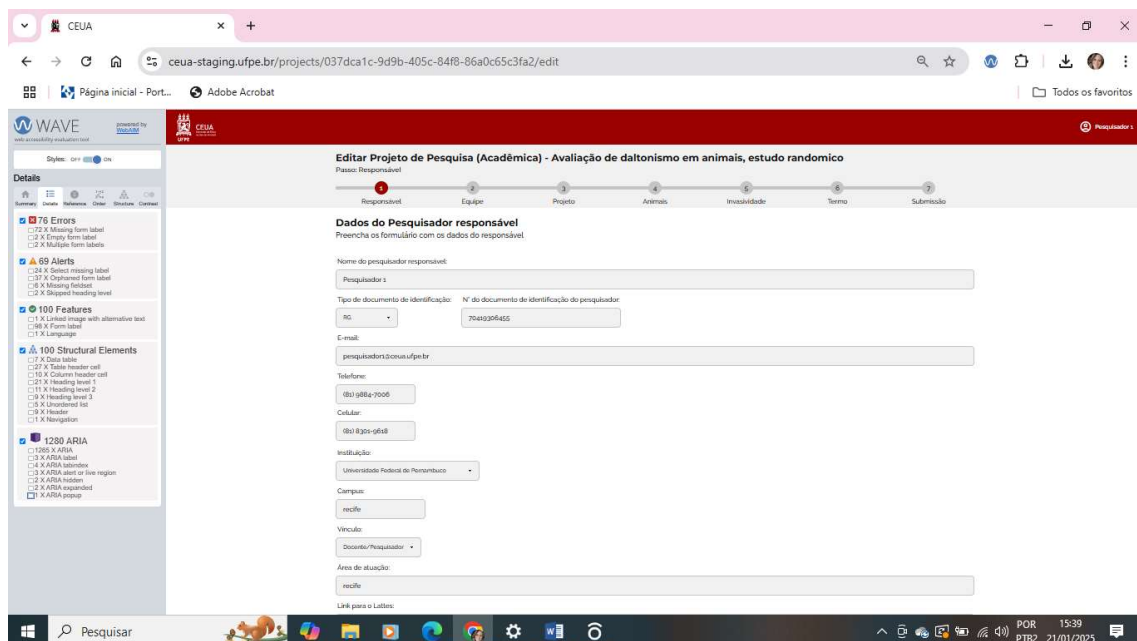
Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

(4) Resultado do Wave da Plataforma CEUA. Novo Projeto > Responsável, exemplo 1



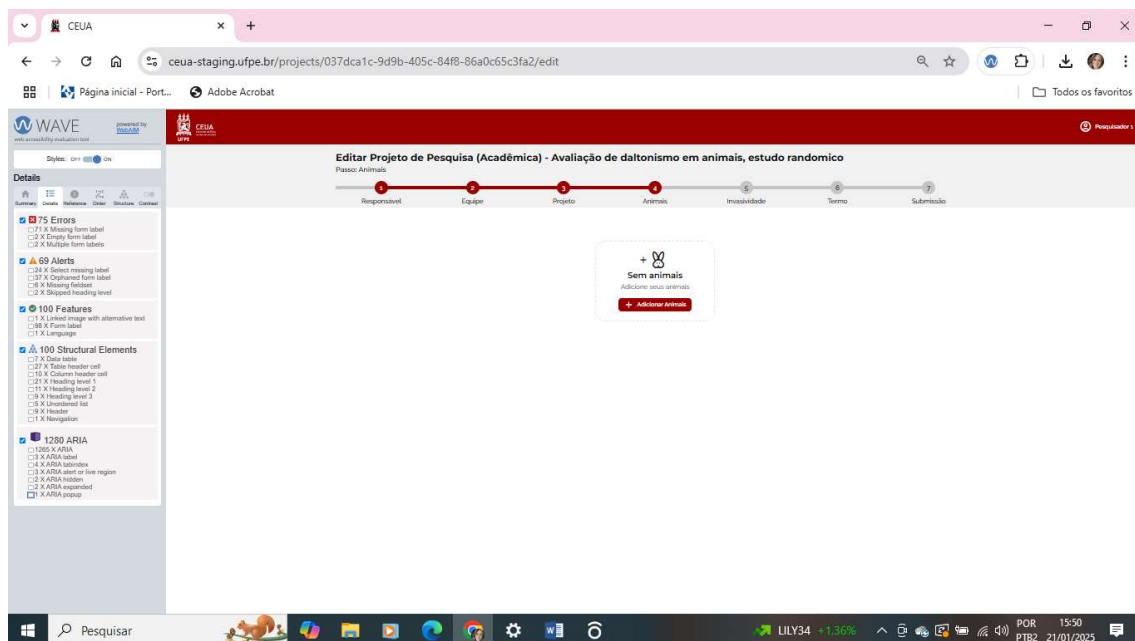
Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

(4) Resultado do Wave da Plataforma CEUA. Novo Projeto > Responsável, exemplo 2



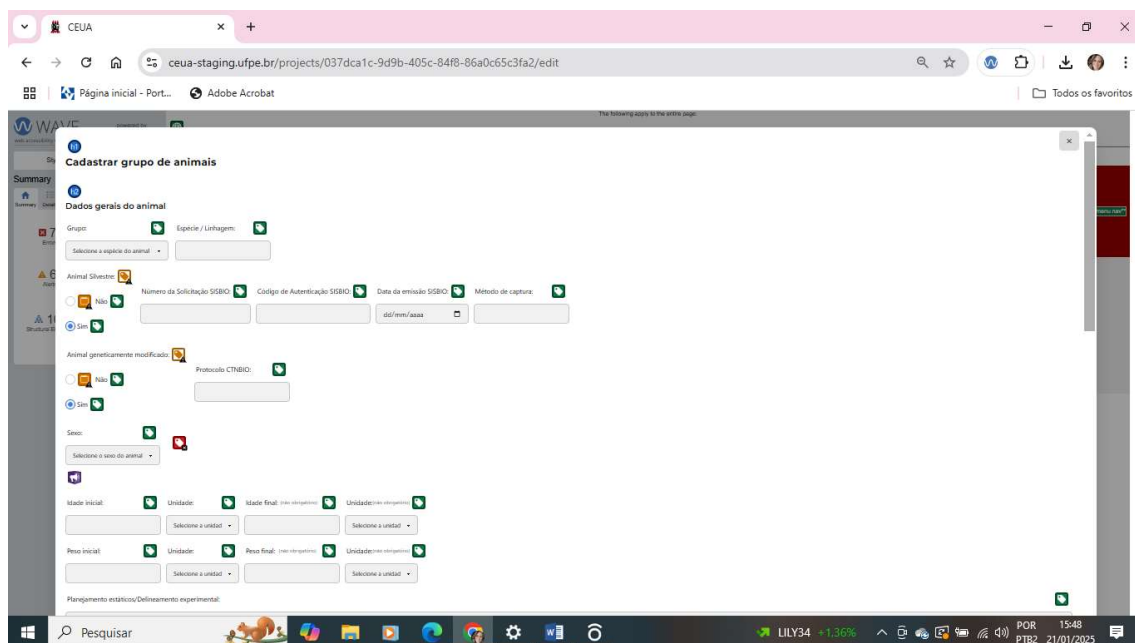
Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

(5) Resultado do Wave da Plataforma CEUA. Novo Projeto > Animais, exemplo 1



Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

(5) Resultado do Wave da Plataforma CEUA. Novo Projeto > Animais, exemplo 2



Fonte: <http://wave.webaim.org> (2025)

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ERGONOMIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - COLETA DE DADOS VIRTUAL

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar da pesquisa O USO DE PADRÕES DE ACESSIBILIDADE WEB PARA O APERFEIÇOAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL ACADÊMICA, que está sob a responsabilidade da pesquisadora que reside em: <OMITIDO>, TELEFONE: <OMITIDO>, E-mail: <OMITIDO>. E está sob a orientação a orientação da Prof. Dra. Angélica de Souza Galdino. TELEFONE: <OMITIDO>, E-mail: <OMITIDO>.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde em participar desse estudo, pedimos que assinale a opção de “Aceito participar da pesquisa” no final desse termo.

O (a) senhor (a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- **Descrição da pesquisa e esclarecimento da participação:** Esta pesquisa realizará uma avaliação de conformidade na plataforma CEAU da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), sem a participação direta de usuários. A análise focará exclusivamente nas diretrizes de acessibilidade WCAG, visando identificar possíveis barreiras que possam comprometer a usabilidade e acessibilidade da plataforma. Serão examinados aspectos como facilidade de navegação, clareza das informações, contraste visual e estrutura da interface, de modo a fornecer recomendações para aprimoramento da acessibilidade da plataforma CEAU no contexto acadêmico. Todas as informações coletadas serão utilizadas exclusivamente para fins desta pesquisa, mantendo sigilo e confidencialidade dos dados analisados.
- **RISCOS:** A pesquisa apresenta possíveis riscos, principalmente de natureza emocional, como possíveis sentimentos de constrangimento ou desconforto relacionados à avaliação crítica do conteúdo das plataformas propostas. Esses riscos podem surgir devido à interpretação dos resultados, que poderão indicar inadequações ou inconformidades com as diretrizes WCAG (Web Content Accessibility Guidelines). No entanto, vale ressaltar que a análise será técnica e não envolverá coleta de dados pessoais ou interação com usuários. Os riscos operacionais potenciais, como falhas na aplicação das heurísticas ou viés na interpretação dos dados, serão controlados por meio de treinamento da equipe de avaliação e uso de ferramentas de análise padronizadas. Já os riscos de impacto social, relacionados à repercussão negativa dos resultados, serão mitigados por uma comunicação responsável, focada na melhoria contínua e na sensibilização

sobre a importância da acessibilidade digital. Por fim, será garantido que todos os dados sejam tratados de maneira confidencial e em conformidade com as legislações vigentes, incluindo a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), reforçando o compromisso com a ética e a transparência.

- **BENEFÍCIOS diretos/indiretos** para os participantes: Nesta pesquisa não estão previsto benefícios diretos. Há previsão de benefícios indiretos, tais como o aprimoramento da plataforma CEAU, facilitando o acesso e a navegação, especialmente para estudantes, pesquisadores e profissionais que a utilizam para acompanhamento de projetos acadêmicos e submissão de protocolos. Ao promover uma interface mais inclusiva e acessível, esta análise incentivará a criação de diretrizes que poderão ser aplicadas não apenas à plataforma CEAU, mas também a outras interfaces digitais, reforçando o compromisso da UFPE com a acessibilidade e a experiência do usuário.

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os participantes poderão solicitar acesso aos resultados. Os dados coletados nesta pesquisa como questionários de avaliação heurística e registro de evidência digital (WAVE), ficarão armazenados em pastas de arquivo no computador pessoal em nuvem, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço Rua Padre Inglês, 367 – Boa Vista Recife. CEP:50050-230. Apto 604, Bloco B (ftluciulavalenca@gmail.com), pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do UniFAFIRE no endereço: **Avenida Conde da Vista n 921– Boa Vista- Cidade Recife-PE, CEP: 50060-002, Tel.: (81) 2122.3504 – Whatsapp (81) 99150-0775 - e-mail: comitedeetica@unifafire.edu.br.**

Luciula Vasconcelos Valença

Pesquisadora

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO PARTICIPANTE

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo O USO DE PADRÕES DE ACESSIBILIDADE WEB PARA O APERFEIÇOAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL ACADÊMICA, como participante. Fui devidamente informado (a) e

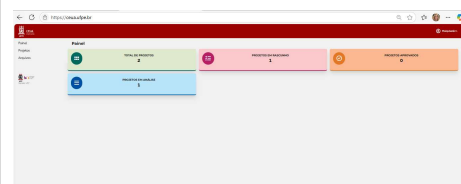
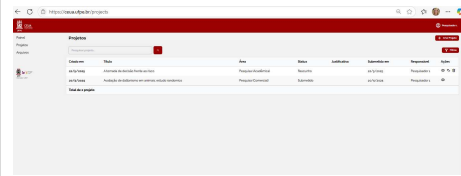
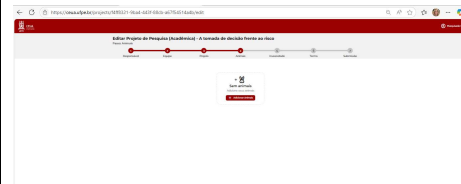
esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento para participar da pesquisa.

() Aceito Participar da pesquisa

() Não aceito participar da pesquisa

APÊNDICE B – TABELA DE TAREFAS DE NAVEGAÇÃO

TAREFA	CENÁRIO	PRÉ CONDIÇÕES	FLUXO DE PASSOS	CAPTURA DE TELA
Acessar Painel Inicial	Após efetuar login na plataforma CEUA	– Email cadastrado	1. Abrir navegador e acessar https://ceua.ufpe.br 2. Inserir usuário e senha 3. Login: pesquisador1@ceua.ufpe.br Senha: 12345678 3. Clicar em Entrar. 4. Visualizar o Painel	
Cadastrar Novo Projeto	Dentro da aba Projetos – Menu a esquerda	– Flegar/Clicar no Link Projetos	1. Clicar em Projetos no menu lateral 2. Clicar em Novo Projeto 3. Simular Preenchimento todos os campos obrigatórios (Título, Área, Responsável)	
preencher animais	Durante o fluxo de preenchimento de pesquisa na etapa Projeto>Animais	– Formulário “Projetos>Novo Projeto>Animais” aberto e campos básicos preenchidos	1. Avançar no stepper até a etapa Animais 2. Clicar em Adicionar Animais 3. Preencher dados no modal (espécie, quantidade etc.) 4. Clicar em Salvar	

SUBMETER PESQUISA	Anexar arquivo >Preencher o nome > enviar submissão > certificado	- Ter acesso à seção “Submissão” - Possuir o arquivo salvo localmente em pdf; - Arquivo anexado - Nome preenchido	1. Acessar a tela de Submissão 2. Selecionar o arquivo para upload 3. Informar o nome do projeto 4. Enviar e verificar confirmação 5. Emitir Certificado	
--------------------------	---	--	--	---

Fonte: Elaborado pela Autora (2025)

APÊNDICE C - MODELO DE QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



Avaliação Heurística Plataforma CEUA UFPE

O objetivo do estudo é propor recomendações para o aperfeiçoamento de uma plataforma digital acadêmica do CEUA UFPE, a partir de pressupostos da acessibilidade e da usabilidade. **CAAE: 85317924.0.0000.5586**

Para uma melhor compreensão e conforto visual recomendamos o uso de um computador ou qualquer dispositivo com tela maior do que a do smartphone.

Agradecemos cordialmente a sua participação.
Responsáveis pela Pesquisa: Luciula Valença / Angélica Acioly

O nome, a foto e o e-mail associados à sua Conta do Google serão registrados quando você fizer upload de arquivos e enviar este formulário.

*** Indica uma pergunta obrigatória**

Enviar por e-mail *

☐ Registrar ftluciulavalenca@gmail.com como o e-mail a ser incluído na minha resposta

Após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) *

☐ estou ciente dos termos desta pesquisa, e declaro que concordo em participar de forma voluntária.

Solicitamos que coloque seu nome completo, CPF, data e assine digitalmente pelo Gov.br o TCLE recebido, e anexe o arquivo em pdf. *

Faça upload de 1 arquivo aceito. O tamanho máximo é de 10 MB.

[Adicionar arquivo](#)

DADOS DO PARTICIPANTE

Qual é a sua identidade de gênero?

☐ Feminino
☐ Masculino
☐ Pessoa não binária
☐ Prefiro não informar

Qual seu nível de escolaridade?

- ☐ Graduação
- ☐ Especialização (lato sensu)
- ☐ Mestrado (stricto sensu)
- ☐ Doutorado

Qual é a sua principal área de formação acadêmica ou atuação profissional?

- ☐ Design, (UX/UI), Arquitetura da Informação, design thinking ou áreas correlatas
- ☐ Engenharia de Produção, Engenharia de Software, Engenharia de Computação ou áreas tecnológicas
- ☐ Tecnologia da Informação, Sistemas de Informação ou Ciências da Computação
- ☐ Educação, Psicologia, Ciências Cognitivas ou outras Ciências Humanas
- ☐ Ergonomia, Fisioterapia, Terapia Ocupacional ou Saúde do Trabalhador
- ☐ Outro: _____

Qual seu tempo de experiência com usabilidade, UX ou acessibilidade ?

- ☐ Menos de 1 ano
- ☐ Entre 1 e 3 anos
- ☐ Entre 4 e 6 anos
- ☐ Entre 7 e 10 anos
- ☐ Mais de 10 anos

Sua experiência profissional abrange qual setor de mercado?

- ☐ Governamental /ONG
- ☐ Indústria/Comércio/Finanças
- ☐ Serviços/Consultoria
- ☐ Academia/Pesquisa
- ☐ Inovação e Empreendedorismo (Startups)
- ☐ Outro: _____

Você já participou de avaliações heurísticas anteriormente?

- ☐ Sim, com frequência
- ☐ Sim, algumas vezes
- ☐ Não, esta será a primeira vez

Você possui familiaridade com as diretrizes de Acessibilidade Digital?

- ☐ Sim, conheço e aplico regularmente
- ☐ Sim, conheço de forma teórica
- ☐ Não conheço as diretrizes

Você atua ou já atuou com tecnologias assistivas ou projetos de inclusão digital?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Indiretamente, como consultor, pesquisador ou docente

AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA

O **CEUA (Comitê de Ética no Uso de Animais)** é o órgão institucional responsável por analisar, aprovar, acompanhar e fiscalizar os procedimentos experimentais ou didáticos que envolvem a utilização de animais em atividades científicas ou acadêmicas na **Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)**, conforme determina a **Lei nº 11.794/2008** (Lei Arouca) e as normas do **CONCEA (Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal)**.

A UFPE disponibiliza uma **plataforma digital específica para submissão, acompanhamento e gestão dos projetos submetidos ao CEUA**. Essa ferramenta é utilizada por estudantes, professores e técnicos vinculados a projetos que envolvam experimentação animal, sendo obrigatória para: Submissão de protocolos; Anexação de documentos (termos, cronogramas, justificativas); Recebimento de pareceres; Registro de alterações ou prorrogações nos projetos.

INSPEÇÃO DA PLATAFORMA:

Pré tarefa:

1º passo: **Ligue um temporizador de sua preferência para contabilizar o tempo de navegação**

2º passo Abra seu navegador de preferência (Chrome, Firefox, Edge etc.)

3º passo: Digite ou clique diretamente: [Login no CEUA UFPE](#)

4º passo: Você será direcionado à página de Login do sistema, cadastra-se com Email enviado ao pesquisador

Tarefa 1: Preencha de login (Login: pesquisador1@ceua.ufpe.br / Senha: 12345678)

> Clique em "Entrar";

Tarefa 2: Acesse ao "**Painel**" principal do usuário > navegue

Tarefa 3: Acesse "**Projetos**" > navegue > Criar Projeto > Preencher campos - simular inclusão de pesquisa;

Tarefa 4: Acesse e preencha "**Animais**" (Etapa 4) > Vá até o ícone "Adicionar Animais" simule o cadastro "cadastrar grupo de animais";

Tarefa 5: Acesse e preencha "**Submissão**" > simule anexar documentos > Upload > Enviar > Receba o Certificado

A tarefa foi realizada?

- ☐ Sim, completamente
- ☐ Sim, parcialmente
- ☐ Não

Tempo de realização da tarefa:

(Indique o tempo mesmo que a tarefa não tenha sido completada)

Sua resposta _____

AVALIAÇÃO DA USABILIDADE**INSTRUÇÕES:**

- Preencher os campos a seguir, **apenas** se identificar algum problema relacionado às heurísticas;
- **Se identificar** algum problema deverá ser atribuído um dos graus a seguir:
 0 - SEM IMPORTÂNCIA: não afeta a operação da interface para todos usuários, não sendo encarado necessariamente como um problema de usabilidade;
 1 - PROBLEMA COSMÉTICO: não necessita ser reparado, a menos que haja tempo disponível;
 2 - PROBLEMA SIMPLES: pode ser reparado, com baixa prioridade de correção;
 3 - PROBLEMA GRAVE: deve ser reparado, com alta prioridade de correção;
 4 - PROBLEMA CATASTRÓFICO: deve ser reparado de qualquer forma antes do produto ser disponibilizado.

Heurística 01/10 - VISIBILIDADE DO STATUS DO SISTEMA - A plataforma informa claramente ao usuário o que está acontecendo (ex: carregando, enviado, erro)?
 Descrição norteadora: Verifique se a plataforma fornece feedback visual e/ou auditivo após ações do usuário, como clicar em um botão ou enviar um formulário. Mensagens como "carregando...", "salvo com sucesso" ou "erro ao enviar" devem estar visíveis e ser lidas por leitores de tela.

H01/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta _____

H01/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H01/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta _____

Heurística 02/10 - CORRESPONDÊNCIA ENTRE O SISTEMA E O MUNDO REAL - A linguagem da plataforma é clara, próxima ao vocabulário do usuário, sem termos técnicos desnecessários?

Descrição norteadora: Avalie se a interface utiliza termos familiares, especialmente em contextos acadêmicos. Os ícones e textos devem refletir ações reais do cotidiano acadêmico (ex: "Entregar atividade", e não "Upload de documento").

H02/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta _____

H02/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H02/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Heurística 03/10 - CONTROLE E LIBERDADE DO USUÁRIO - O usuário pode desfazer ou corrigir ações com facilidade?

Descrição norteadora: Verifique se há botões de "cancelar", "editar", "voltar" e se é possível corrigir erros sem refazer tudo. Isso é essencial para usuários com deficiência motora ou cognitiva, que podem clicar por engano.

H03/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta

H03/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H03/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Heurística 04/10 - CONSISTÊNCIA E PADRÕES - Os elementos da interface são usados de maneira consistente em todas as páginas?

Descrição norteadora: Observe se os menus, ícones, cores e comandos mantêm o mesmo padrão de uma página para outra. Um botão de "enviar" deve parecer igual em todas as seções, e a navegação deve seguir o mesmo padrão visual e funcional.

H04/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta

H04/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H04/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Heurística 05/10 - PREVENÇÃO DE ERROS - A plataforma ajuda o usuário a evitar erros antes de realizar uma ação?

Descrição norteadora: Veja se os formulários têm instruções claras, campos obrigatórios bem indicados, máscaras para entrada de dados e exemplos. Avalie se há validação antes do envio, evitando que o usuário envie informações erradas.

H05/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta

H05/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H05/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Heurística 06/10 - RECONHECIMENTO EM VEZ DE RECORDAÇÃO - As opções e informações importantes estão visíveis, sem exigir que o usuário lembre onde estão?

Descrição norteadora: Observe se o usuário não precisa decorar caminhos ou nomes de funções. Menus devem ser visíveis, com links claros como "Ver histórico" ao invés de "Clique aqui". As ações devem estar à vista, sem depender de memória.

H06/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta

H06/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H06/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Heurística 07/10 - FLEXIBILIDADE E EFICIÊNCIA DE USO - A plataforma oferece maneiras diferentes de interação para usuários iniciantes e experientes?
 Descrição norteadora: Avalie se há atalhos de teclado, navegação por tabulação e formas alternativas de realizar ações. Por exemplo, um usuário pode usar o teclado, mouse ou comandos por voz para concluir uma tarefa com eficiência.

H07/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta

H07/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H07/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Heurística 08/10 - DESIGN ESTÉTICO E MINIMALISTA - A interface evita excesso de informações ou elementos visuais desnecessários?

Descrição norteadora: Verifique se a interface é limpa, objetiva e com bom contraste. Não deve haver distrações visuais, propagandas ou textos em excesso. A navegação deve ser intuitiva e os elementos importantes devem estar em destaque.

H08/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta

H08/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H08/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Heurística 09/10 - AJUDAR USUÁRIOS A RECONHECER, DIAGNOSTICAR E SE RECUPERAR DE ERROS - As mensagens de erro explicam claramente o que deu errado e como resolver?

Descrição norteadora: Analise se as mensagens de erro são claras, específicas e acessíveis, indicando o campo com problema e sugerindo uma solução. Exemplo: "Campo obrigatório: e-mail inválido. Digite no formato nome@exemplo.com."

H09/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta

H09/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H09/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Heurística 10/10 - AJUDA E DOCUMENTAÇÃO - A plataforma oferece ajuda acessível para os usuários com dúvidas?

Descrição norteadora: Verifique se há uma seção de ajuda ou FAQ acessível, com textos de fácil leitura, vídeos com legenda e possibilidade de navegação por teclado. Links para contato ou suporte devem ser visíveis e fáceis de entender.

H10/10 - Problema(s) identificado(s) (Caso haja)

Sua resposta

H10/10 - Grau de Severidade (Caso tenha sido identificado algum problema)

	0 - Sem importância	1 - Problema cosmético	2 - Problema simples	3 - Problema grave	4 - Problema catastrófico
H01	☐	☐	☐	☐	☐

H10/10 - Sugestão de correção?

Sua resposta

Sobre a usabilidade da aplicação qual(is) ponto(s) positivo(s) você identificou?

Sua resposta

De modo geral, você considera que a plataforma avaliada está adequada ao seu público-alvo (Professores, Técnicos e estudantes da UFPE)?

Sua resposta

Comentários/sugestões:

Sua resposta

Agradecemos a sua participação.

Enviar

Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. - [Entre em contato com o proprietário do formulário](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Este formulário parece suspeito? [Relatório](#)

Google Formulários

APÊNDICE D - RESULTADOS DA ANÁLISE DE CONFORMIDADE

Tabela de Ocorrências Identificadas pelo WAVE

Aspectos Avaliados	Ícone	Descrição	Quantidade
(1) Ocorrências na Aba Painei			
Erros	✗	Elementos críticos que afetam diretamente a acessibilidade, como etiquetas vazias ou múltiplas etiquetas por formulário.	3
Alertas	⚠	Pontos que podem indicar potenciais problemas, como etiquetas isoladas ou cabeçalhos desajustados.	5
Recursos	✓	Aspectos positivos identificados, como texto alternativo e definição adequada do idioma.	6
Elementos estruturais	🏠	Elementos estruturantes do conteúdo da página, contribuindo para uma melhor navegação e organização.	12
Atributos ARIA	♿	Uso de atributos ARIA para melhorar a experiência do usuário, principalmente daqueles que utilizam tecnologias assistivas.	5
(2) Ocorrências na Aba Projetos			
Erros Críticos	✗	Elementos críticos que afetam diretamente a acessibilidade, como etiquetas vazias ou múltiplas etiquetas por formulário.	6
Erros de Contraste	⚠	Problemas específicos relacionados ao contraste insuficiente entre texto e plano de fundo.	2
Recursos Positivos	✓	Elementos como texto alternativo adequado e definição correta do idioma.	7
Elementos Estruturais	🏠	Elementos que proporcionam uma melhor organização e navegação clara da página, como cabeçalhos e menus.	22
Atributos ARIA	♿	Elementos ARIA que aprimoram a experiência, especialmente para usuários de tecnologias assistivas.	5
(3) Ocorrências em Novo Projeto			
Erros Críticos	✗	Problemas graves, especialmente na rotulagem e etiquetagem inadequada ou inexistente em formulários.	75
Erros de Contraste	⚠	Contraste insuficiente entre texto e plano de fundo.	0
Alertas	⚠	Problemas potenciais como cabeçalhos e links mal estruturados.	69
Recursos Positivos	✓	Elementos corretamente implementados, como textos alternativos e definição do idioma.	100
Elementos Estruturais	🏠	Estruturação clara e organização lógica da página para melhor navegação.	100
Atributos ARIA	♿	Uso extensivo de atributos ARIA que facilitam significativamente a acessibilidade via tecnologias assistivas.	1280
(4) Ocorrências em Novo Projeto > Animais			
Erros Críticos	✗	Problemas graves, especialmente relacionados a rotulagem e etiquetagem inadequada ou ausente em formulários.	75
Erros de Contraste	⚠	Contraste insuficiente entre texto e plano de fundo.	0
Alertas	⚠	Problemas potenciais, como cabeçalhos inadequados ou elementos órfãos.	69
Recursos Positivos	✓	Elementos corretamente implementados, como textos alternativos e definição correta do idioma.	100
Elementos Estruturais	🏠	Estruturação clara e organização lógica da página, favorecendo a navegação.	100

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

APÊNDICE E - SOLUÇÕES EM HTML PARA ERROS APONTADOS PELA FERRAMENTA WAVE

LINK/ STEPPER	Correção	HTML Antes	HTML Depois
PAINEL	1. Textos alternativos (alt)		
	2. Hierarquia de cabeçalhos	Painel	Painel
	3. Landmarks ARIA	<div class="nav"> ... </div>	<nav> ... </nav>
	4. Título da página	<title>Home</title>	<title>Painel — Plataforma Acadêmica</title>
	5. Ordem de foco (exemplo gen.)	<button class="menu-btn">...</button>	<button class="menu-btn" tabindex="0">...</button>
	6. Formulários acessíveis	N/A (nenhum formulário nesta tela)	—
PROJETOS	1. Textos alternativos (alt)		
	2. Hierarquia de cabeçalhos	Projetos	Projetos
	3. Landmarks ARIA	<div role="main"> ... </div>	<main> ... </main>
	4. Formulários acessíveis	<input id="nome"> ...	<label for="nome">Nome do projeto</label><input id="nome" aria-required="true">
	5. Título da página	<title>Projetos</title>	<title>Projetos — Plataforma Acadêmica</title>
	6. Ordem de foco (exemplo gen.)	Novo	Novo
NOVO PROJETO	1. Textos alternativos (alt)		
	2. Hierarquia de cabeçalhos	Novo Projeto	Novo Projeto
	3. Landmarks ARIA	<form id="novoProjeto"> ... </form>	<form id="novoProjeto" role="form"> ... </form>
	4. Formulários acessíveis	<input id="email">	<label for="email">E-mail</label><input id="email" aria-invalid="true" aria-describedby="emailError">
	5. Título da página	<title>Novo</title>	<title>Novo Projeto — Plataforma Acadêmica</title>
	6. Ordem de foco (exemplo gen.)	<button>Salvar</button>	<button tabindex="0">Salvar</button>
ANIMAIS	1. Textos alternativos (alt)		
	2. Hierarquia de cabeçalhos	Animais	Etapa 4: Animais
	3. Landmarks ARIA	<div class="stepper"> ... </div>	<div class="stepper" role="group" aria-label="Etapa 4: Animais"> ... </div>
	4. Formulários acessíveis	<input type="number">	<input type="number" aria-label="Quantidade de animais" tabindex="0">
	5. Título da página	<title>Animais</title>	<title>Etapa 4: Animais — Plataforma Acadêmica</title>
	6. Ordem de foco (exemplo gen.)	<button class="next-step">Próximo</button>	<button class="next-step" tabindex="0">Próximo</button>

Fonte: Elaborado pela autora (2025)