

Um estudo de caso sobre as melhorias de acessibilidade no código fonte do material didático dos cursos técnicos a distância do IMD/UFRN

A case study on accessibility improvements in the source code of didactic material for distance technical courses at IMD/UFRN

Un estudio de caso sobre mejoras de accesibilidad en el código fuente de material didáctico para cursos técnicos a distancia en el IMD/UFRN

Bruno Santana da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

bruno@imd.ufrn.br

<https://orcid.org/0000-0002-7689-8000>

Resumo

A sociedade tem demandado inclusão e acessibilidade para que as pessoas com deficiência e outras necessidades específicas possam atuar de forma efetiva e autônoma. Para isso ocorrer na educação a distância, os materiais didáticos digitais utilizados devem ser acessíveis. Entretanto, ainda há programadores mantendo suas barreiras atitudinais sob o argumento de que os cuidados com a acessibilidade afetam de forma significativa o seu trabalho e aumentam demasiadamente os custos de programação. Nesse contexto, este trabalho relata um estudo de caso que analisou as mudanças para melhoria de acessibilidade no código-fonte do material didático dos cursos técnicos em informática a distância, ofertados pelo Instituto Metrópole Digital (IMD) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil. Os códigos-fonte original e modificado foram comparados para identificar as quantidades de arquivos, linhas e tipos de modificações por partes específicas do código-fonte afetadas por melhorias de acessibilidade neste material didático. Observou-se que 66% de todos os arquivos do material didático foram modificados, cobrindo 2% de todas as suas linhas de código-fonte. A proporção de mudanças necessárias foi muito pequena comparada com o benefício que trazem às pessoas com deficiência. Os resultados deste estudo de caso são bons indícios de que a programação web de materiais didáticos digitais acessíveis seja mais uma questão de cuidado (atenção, preocupação) do que de esforço (trabalho, recursos). É preciso refletir sobre experiências como esta para repensar concepções prévias sobre a atuação profissional dos programadores na promoção da acessibilidade e inclusão na educação a distância.

Palavras-chave: Acessibilidade digital; Programação web; Barreiras atitudinais; Desenvolvimento de material didático digital; Educação a distância.

Abstract

Society has demanded inclusion and accessibility so people with disabilities and other specific needs can act effectively and autonomously. For this to occur in distance education, digital teaching materials must be accessible. However, there are still programmers maintaining their attitudinal barriers on the grounds that accessibility concerns significantly affect their work and greatly increase programming costs. In this context, this paper reports a case study that analyzed changes to improve accessibility in the source code of didactic material for distance technical computer courses, offered by Instituto Metr pole Digital (IMD) of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), Brazil. The original and modified source codes were compared to identify the amounts of files, lines and types of modifications by specific parts of source code affected by accessibility improvements in this courseware. It was observed that 66% of all teaching material files were modified, covering 2% of all their source code lines. The proportion of changes needed was very small compared to the benefit they bring to people with disabilities. The results of this case study are good indications that the web programming of accessible digital teaching materials is more a matter of care (attention, concern) than effort (work, resources). It is necessary to reflect on experiences like this one in order to rethink previous conceptions about the professional performance of programmers in promoting accessibility and inclusion in distance education.

Keywords: Digital accessibility; Web programming; Attitudinal barriers; Development of digital teaching material; Distance education.

Resumen

La sociedad ha demandado inclusión y accesibilidad para que las personas con discapacidad y otras necesidades específicas puedan actuar con eficacia y autonomía. Para que esto ocurra en la educación a distancia, los materiales didácticos digitales utilizados deben ser accesibles. Con todo, hay programadores que mantienen sus barreras de actitud sobre la base de que las preocupaciones de accesibilidad afectan significativamente su trabajo y aumentan considerablemente los costos de programación. En este contexto, este artículo relata un estudio de caso que analizó cambios para mejorar la accesibilidad en el código fuente de material didáctico para cursos técnicos en informática a distancia, ofrecidos por el Instituto Metr pole Digital (IMD) de la Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil. Los códigos fuente originales y modificados se compararon para identificar la cantidad de archivos, líneas y tipos de modificaciones por partes específicas del código fuente afectadas por las mejoras de accesibilidad en este curso. Se observó que el 66% de todos los archivos de material didáctico fueron modificados, cubriendo el 2% de todas sus líneas de código fuente. La proporción de cambios necesarios fue muy pequeña en comparación con el beneficio que aportan a las personas con discapacidad. Los resultados de este estudio de caso son buenos indicios de que la programación web de materiales didácticos digitales accesibles es más una cuestión de cuidado (atención, preocupación) que de esfuerzo (trabajo, recursos). Es necesario reflexionar sobre experiencias como esta para repensar concepciones previas sobre el desempeño profesional de los programadores en la promoción de la accesibilidad y la inclusión en la educación a distancia.

Palabras clave: Accesibilidad digital; Programación web; Barreras actitudinales; Desarrollo de material didáctico digital; Educación a distancia.

Introdução

A inclusão de pessoas com deficiência e outras necessidades específicas é uma demanda social crescente que se manifesta em diferentes iniciativas internacionais. Desde 2006, 186 países ratificaram a Convenção dos Direitos das Pessoas com Deficiência proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2023). A agenda de objetivos para o desenvolvimento sustentável da ONU para 2030 (ONU, 2015) também contempla explicitamente a inclusão de pessoas com necessidades específicas. Na Europa, o *European Accessibility Act* (EU, 2023) busca promover a acessibilidade de produtos e serviços.

Este trabalho relata o estudo de um caso ocorrido no Brasil. Como o contexto é importante para interpretar adequadamente um caso específico, a realidade brasileira será o foco principal deste texto.

Várias leis têm sido promulgadas no Brasil para garantir a inclusão e a acessibilidade de pessoas com deficiência. A Lei nº 13.146 (2015) se destaca por ser recente e abrangente, que busca garantir a oferta de suportes e oportunidades para participação autônoma e efetiva na sociedade das pessoas com características e necessidades específicas. A educação é uma área relevante dentre as diversas atuações sociais abordadas na legislação brasileira sobre inclusão.

A educação formal tradicionalmente ocorre na modalidade presencial. Com o desenvolvimento e a disseminação de tecnologias da informação e comunicação (TICs), em particular das tecnologias digitais, a educação a distância surgiu como uma outra modalidade que vem se consolidando no Brasil (Novello & Laurino, 2012). Na educação a distância, as atividades de aprendizagem ocorrem em lugares e momentos distintos e dispersos, mediadas por várias TICs. É fácil encontrar oferta de cursos a distância em muitos níveis de ensino na realidade brasileira. Há, por exemplo, o Telecurso (Fundação Roberto Marinho, 2023) para o Ensino de Jovens e Adultos (EJA), bem como cursos de ensino superior a distância (INEP, 2022).

A maioria dos cursos a distância são mediados por TICs digitais conectadas por internet. Dentre os vários suportes necessários para a execução desses cursos (Maciel, 2013), este trabalho se concentra nos materiais didáticos digitais. Dado que no ensino a distância o professor não conduz presencialmente os processos de ensino e aprendizagem, cabe aos materiais didáticos digitais boa parte desta responsabilidade. Então, os materiais didáticos digitais devem expor o conteúdo e orientar os estudantes nesses processos (Gontijo, 2016).

Numa sociedade inclusiva, os materiais didáticos digitais empregados no ensino a distância deveriam ser acessíveis a pessoas com deficiência e outras necessidades específicas (Maciel, 2013). A literatura relata várias iniciativas que contribuem para isso por meio da avaliação de objetos de aprendizagem (Souza, Marcelino, & Fortunato, 2018; Omodei, Oliveira, Édison, Souza, & Santos, 2016) e com orientações sobre projeto e desenvolvimento desses materiais didáticos (Silva & Sousa, 2022; Morales Velasco & Diez-Martinez Day, 2020; Grilo, Rodrigues, & Silva, 2019; Souza, Marcelino, & Fortunato, 2018). Para que os materiais didáticos digitais sejam acessíveis, eles devem ser programados com os cuidados necessários (WCAG, 2018) e, assim, tornarem-se compatíveis com as tecnologias assistivas disponíveis. Entretanto, nem sempre os cuidados com a inclusão e acessibilidade acontecem na prática do desenvolvimento de materiais didáticos digitais para a educação a distância.

É comum que programadores ou desenvolvedores de software ignorem a acessibilidade durante a programação dos materiais didáticos, acarretando diversos problemas de acessibilidade. Tal comportamento dos programadores provavelmente é reforçado por diferentes aspectos. É plausível que existam preconceitos e barreiras atitudinais (Rodrigues, Bernardino, & Moreira, 2022; Chufalo Filho, 2020; Prates, 2015); resistência a mudanças; desconhecimento sobre as necessidades específicas e sobre os cuidados necessários à acessibilidade na programação de software (Leite, 2020; Freire, 2008); crença de que os cuidados com acessibilidade afetarão de maneira significativa a forma de trabalho dos programadores, bem como aumentarão demasiadamente os recursos necessários (tempo, mão de obra, etc.) para a programação de materiais didáticos acessíveis. A literatura ainda carece de pesquisas sobre questões práticas do desenvolvimento de materiais didáticos digitais acessíveis.

Nesse contexto, questionamentos comuns que desenvolvedores de software podem fazer são: Onde e o que muda no código-fonte de um material didático para que ele seja acessível? Qual a quantidade dessas mudanças? Este trabalho relata o estudo de um caso com o objetivo de **analisar as mudanças para melhoria de acessibilidade no código-fonte do material didático dos cursos técnicos de informática a distância**, ofertados pelo Instituto Metrópole Digital (IMD) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil. As mudanças neste código fonte foram orientadas pelos resultados da avaliação de acessibilidade realizada por (Silva & Souza, 2022). Os códigos-fonte original e modificado foram comparados para identificar as quantidades de arquivos, linhas e tipos de modificações por partes específicas do código afetadas por melhorias de acessibilidade neste material didático. Observou-se que as mudanças necessárias no código-fonte foram muito pequenas perante o benefício que podem trazer às pessoas com deficiência e outras necessidades específicas. Os resultados deste estudo de caso podem subsidiar reflexões de desenvolvedores de software sobre a acessibilidade na programação de materiais didáticos acessíveis para a educação a distância. Assim, as concepções prévias sobre o trabalho desses profissionais na promoção da acessibilidade e inclusão podem ser revistas.

Acessibilidade na Web

Quando um estudante usa um material didático digital, ele precisa entrar em contato físico (perceptivo e motor) e conceitual com a sua interface (Barbosa & Silva, 2010). Se essa interface estiver preparada para atender usuários com diferentes capacidades físicas e cognitivas, evitando dificultar o uso com barreiras arbitrárias, o material didático digital pode ser considerado acessível (Barbosa & Silva, 2010). A acessibilidade indica que um material didático digital (ou outro sistema computacional) reúne os quesitos necessários para as pessoas alcançarem sua interface, ou seja, quesitos obrigatórios para que as pessoas sejam capazes de perceber, entender, operar e continuar usando esses materiais para atingir seus interesses (WCAG, 2018).

A possibilidade de utilizar páginas na internet em diferentes navegadores e dispositivos requer o estabelecimento e a obediência a padrões de programação para web. Com a acessibilidade ocorre algo semelhante, padrões de acessibilidade devem ser estabelecidos e seguidos na programação web para que as pessoas possam ter acessibilidade ao utilizar páginas na internet com diversas

tecnologias assistivas (WCAG, 2018), navegadores e dispositivos. O *World Wide Web Consortium* (W3C) é uma iniciativa internacional que define os padrões de programação web, como as linguagens HTML, CSS e JavaScript, e também estabelece diretrizes para garantir acessibilidade na web, como a *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG).

Em seus 4 princípios, a WCAG determina que as páginas web devem ser perceptíveis, operáveis, compreensíveis e robustas para serem acessíveis (W3C, 2018). Várias deficiências e necessidades específicas são contempladas pela WCAG, ainda que não haja uma indicação explícita e precisa na sua documentação sobre quais tipos e graus estariam cobertos. As diretrizes da WCAG devem ser observadas e seguidas durante todo o processo de desenvolvimento de materiais didáticos digitais, inclusive na sua programação. A maturidade e o reconhecimento internacional da WCAG contribuíram significativamente para torná-la uma das principais referências mundiais para pesquisa e prática da programação web acessível.

Se a programação web atender as diretrizes da WCAG, o código-fonte das páginas possui certas características identificáveis no léxico, na sintaxe e na semântica das linguagens de programação empregadas (geralmente HTML, CSS e JavaScript). Então, um software pode analisar automaticamente o código-fonte de páginas web buscando identificar alguns problemas de acessibilidade nessas páginas. Esse tipo de software tem sido chamado de avaliador automático de acessibilidade. O W3C reúne uma ampla lista de avaliadores automáticos de acessibilidade em (W3C, 2023). Esses avaliadores já foram objetos de estudo de pesquisas científicas (Padure & Pribeanu, 2020; Ribeiro & Silva, 2019) e empregados em avaliações de acessibilidade relatadas na literatura (Campoverde-Molina, Lujan-Mora, & Garcia, 2020; Ribeiro & Silva, 2020; Carvalho, Cagnin, & Paiva, 2017). Apesar de avaliações automáticas apresentarem resultados relevantes para a promoção da acessibilidade, é importante lembrar que elas são limitadas e necessitam ser acompanhadas de avaliações complementares, como aquelas que envolvem pessoas com deficiência ou outra necessidade específica (Souza, Cardoso, & Perry, 2019; Pivetta, Saito, & Ulbricht, 2014).

O Material Didático dos Cursos Técnicos do IMD/UFRN

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), por meio do seu Instituto MetrÓpole Digital (IMD), oferece 6 cursos técnicos em informática a distância (IMD, 2022) com carga horária variando de 1000 até 1200 horas. São eles: Técnico em Informática para Internet, Técnico em Redes de Computadores, Técnico em Eletrônica, Técnico em Automação Industrial, Técnico em Programação de Jogos Digitais e Técnico em Internet das Coisas. Sua execução segue o modelo semipresencial, onde o processo de aprendizagem do estudante é orientado pelo conteúdo disponível em um ambiente virtual de aprendizagem. Uma vez por semana, o estudante tem um encontro presencial para realizar atividades práticas e esclarecer suas dúvidas com um tutor, em um dos 5 polos disponíveis: 1 na capital e 4 em cidades do interior do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. O ambiente virtual de aprendizagem dá acesso ao material didático digital desenvolvido pelo IMD.

Os currículos destes 6 cursos técnicos compartilham todas as disciplinas do primeiro semestre, e depois se distinguem em disciplinas específicas. As 6 disciplinas iniciais compartilhadas

são: Matemática Aplicada, Inglês Técnico 1, Introdução às Tecnologias da Informação, Lógica de Programação, Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais.

O material didático digital desses cursos é organizado por disciplinas, compostas por aulas que se dividem em páginas. A Figura 1 mostra sua página principal que apresenta os 6 cursos disponíveis.

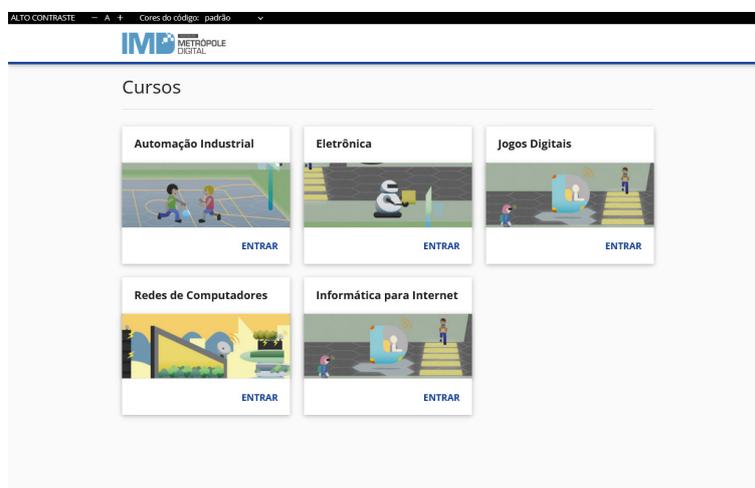


Figura 1. Página inicial do material didático dos cursos técnicos do IMD.

Quando o estudante escolhe um curso, por exemplo, Informática para Internet, ele tem acesso ao conteúdo das respectivas disciplinas, como ilustrado à esquerda da Figura 2. Ao selecionar uma disciplina, o estudante encontra seu conteúdo organizado por aulas, como pode ser visto no exemplo da disciplina de Lógica de Programação à direita da Figura 2.

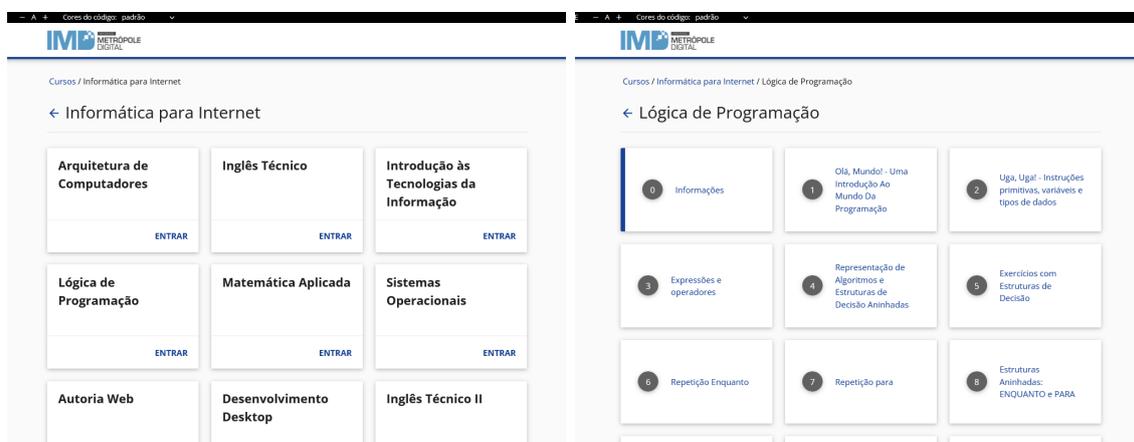


Figura 2. Página de disciplinas do curso de Informática para Internet à esquerda e página de da disciplina de Lógica de Programação à direita.

Ao entrar em uma aula, o estudante chega ao conteúdo de suas páginas, conforme observado em fragmentos de páginas da primeira e da terceira aula de Lógica de Programação na Figura 3.

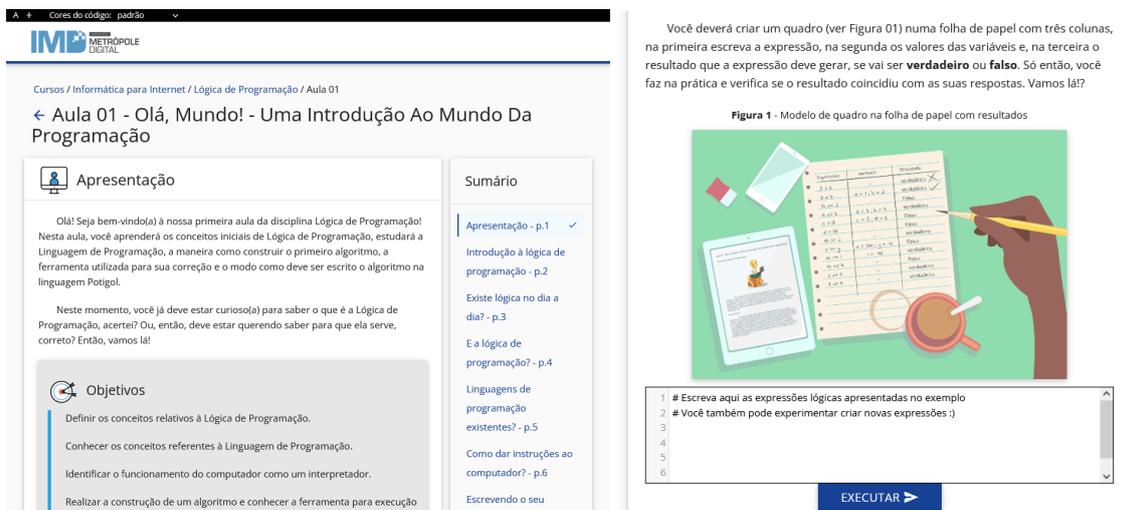


Figura 3. Fragmentos de páginas da primeira (esquerda) e da terceira (direita) aula da disciplina de Lógica de Programação.

Este material didático digital foi desenvolvido como páginas web que podem ser acessadas em qualquer navegador, sem a necessidade de instalação de nenhuma extensão ou outro software. Foram empregadas tecnologias padrão de programação web, como as linguagens HTML, CSS e JavaScript, para disponibilizar conteúdos mais dinâmicos e interativos, como imagens, vídeos, explicações sob demanda e exercícios algumas vezes acompanhados de correções automáticas feitas pelo próprio material. Deste modo, este material didático digital distingue-se de arquivos PDF com páginas estáticas. Por exemplo, no final da página direita da Figura 3 encontra-se um exercício de programação, onde o estudante pode escrever a resposta do exercício proposto e verificar os resultados da execução do seu algoritmo. Este material didático foi desenvolvido para ser responsivo, adaptando-se a telas de diferentes tamanhos, desde computadores com telas grandes até smartphones com telas menores. Ele é público sob a licença *Creative Commons* e pode ser consultado em (IMD, 2023).

Melhoria de Acessibilidade no Material Didático dos Cursos Técnicos do IMD/UFRN

O material didático digital dos cursos técnicos do IMD/UFRN não foi desenvolvido para ser acessível a pessoas com deficiência ou outras necessidades específicas. Isto é, sua programação original não observou os padrões de acessibilidade definidos pela WCAG (W3C, 2018). Num

primeiro esforço de aprimorar a acessibilidade deste material, Silva e Souza (2022) conduziram uma avaliação automática de acessibilidade das 6 primeiras disciplinas deste material didático compartilhadas por todos os cursos.

Com a ferramenta HTML Code Sniffer (2023), eles identificaram 744 problemas (erros) de acessibilidade, com uma média de 0,83 problemas por página, e um total de 1206 potenciais problemas (avisos) de acessibilidade, com uma média de 1,34 potenciais problemas por página. A equipe de desenvolvimento deste material didático analisou os resultados desta avaliação e corrigiu todos os problemas de acessibilidade na programação web que dependiam apenas dos programadores, ou seja, corrigiu todos os problemas solucionáveis sem a necessidade de envolver os professores conteudistas. A única exceção foram os problemas relacionados com fórmulas matemáticas, deixados para serem tratados em momento oportuno que permita aprofundamento adequado sobre o tema.

Alguns problemas que dependiam da alteração de conteúdos didáticos também não foram corrigidos nesta iniciativa. Por exemplo, alguns exercícios ou elementos interativos de apresentação do conteúdo exigiam interação com o mouse, o que impede seu uso por estudantes cegos. Também foram encontradas imagens com baixa qualidade que dificultavam a leitura, o que prejudicaria significativamente estudantes com baixa visão. Nestes casos, as melhorias de acessibilidade precisariam envolver os professores responsáveis pelos conteúdos didáticos. Como esta mudança mais profunda não foi possível naquele momento, os problemas cujas soluções envolveriam professores não foram corrigidos e ficaram de fora desta iniciativa de melhoria de acessibilidade.

Após as correções no código-fonte do material didático, a ferramenta HTML Code Sniffer foi utilizada novamente para verificar se os problemas originais foram corrigidos e se nenhum outro problema de acessibilidade foi criado.

As Figuras 1, 2 e 3 já possuem as melhorias de acessibilidade implementadas nesta iniciativa. Como as questões práticas sobre a promoção de acessibilidade ainda são pouco conhecidas, em particular na área de programação, é relevante investigar como estas melhorias de acessibilidade afetaram o código-fonte deste material didático digital.

Metodologia do Estudo de Caso

Este trabalho relata um estudo de caso que empregou o método de pesquisa documental (Gil, 2022) para analisar as modificações no código-fonte do material didático das 6 disciplinas iniciais dos cursos técnicos do IMD/UFRN. Essas modificações no código-fonte corrigiram os problemas de acessibilidade identificados na avaliação realizada por (Silva & Souza, 2022). As versões original e modificada do código-fonte foram obtidas do sistema de controle de versões do projeto (GitLab privado). Elas foram comparadas com o software WinMerge versão 2.16.

Em todas as páginas do código-fonte com diferenças encontradas entre a versão original e a modificada, o WinMerge apresentou uma comparação similar a ilustrada na Figura 4. Nela é possível observar o código original (esquerda) ao lado do código modificado (direita). As linhas

modificadas estão destacadas em amarelo alaranjado. Dentro delas também há destaque das modificações específicas em um tom de rosa (para inclusão) e em amarelo claro (para edição). No exemplo desta figura, observa-se que na linha de código 158 houve inserção do atributo alt (em tom de rosa), para que as tecnologias assistivas possam apresentar a descrição da imagem de modo acessível; e na linha 162 a tag html h4 foi substituída por h3, para obedecer a hierarquia do conteúdo.

| Código original | Código modificado |
|---|--|
| 157 | 157 |
| 158 <code></code> | 158 <code></code> |
| 159 | 159 |
| 160 <code><div class="destaque"></code> | 160 <code><div class="destaque"></code> |
| 161 | 161 |
| 162 <code><h4>Atividade no Moodle</h4></code> | 162 <code><h3>Atividade no Moodle</h3></code> |
| 163 | 163 |

Figura 4. Exemplo de comparação de código fonte original e modificado.

Para cada modificação encontrada em páginas HTML (geradas por código PHP), CSS e JavaScript, houve registro manual em uma planilha eletrônica de: um número identificador da modificação, diretório e nome do arquivo modificado (que permite identificar a disciplina), o número da aula, o número da página no conteúdo do material, o número da linha inicial onde a modificação ocorreu, a quantidade de linhas afetadas pela modificação, o total de linhas do arquivo, e os tipos de modificações que ocorreram no código-fonte a partir da linha inicial. Esses tipos foram definidos ao longo da análise dos códigos-fonte, sem nenhuma definição a priori. Eles estão relacionados com determinadas edições no código presente nos arquivos. Os tipos de modificações identificadas neste estudo de caso foram:

- **atributo inserido:** indica a inserção de atributo e respectivo valor em tags HTML, classes CSS ou funções JavaScript;
- **atributo editado:** indica a edição do valor de atributo em tags HTML, classes CSS ou funções JavaScript;
- **atributo removido:** indica a remoção de atributo e respectivo valor em tags HTML, classes CSS ou funções JavaScript;
- **tag inserida:** indica a inserção de uma nova tag HTML, classes CSS ou funções JavaScript, com abertura e fechamento;
- **tag editada:** indica a edição da abertura e fechamento de tag HTML, classes CSS ou funções JavaScript;
- **tag removida:** indica remoção da abertura e fechamento de tag HTML, classes CSS ou funções JavaScript;
- **conteúdo da tag editado:** indica que o conteúdo de uma tag HTML foi editado (similar a `<tag> conteúdo editado </tag>`);

- **linha inserida:** indica a inserção de uma nova linha de código HTML, CSS ou JavaScript;
- **linha editada:** indica um conjunto de edições em uma linha de código HTML, CSS ou JavaScript, com modificações estruturais complexas envolvendo tags, atributos e valores diferentes. Nesses casos, todo o conjunto de modificações recebeu apenas a classificação de modificação como linha editada.
- **linha removida:** indica a remoção de uma linha de código HTML, CSS ou JavaScript.

Os dados registrados sobre as modificações no código-fonte foram importados para um banco de dados. Assim, foi possível realizar consultas SQL que permitiram contabilizar facilmente a quantidade absoluta e proporcional de: arquivos, linhas e tipos de modificações por páginas de conteúdo de disciplina, por páginas de suporte (páginas CSS, JavaScript e estruturas HTML básicas que se repetem, como cabeçalho e rodapé), e por páginas de navegação inicial (que apresentam cursos, disciplinas e aulas) do material didático digital.

Os totais de arquivos e de linhas do código-fonte original foram contabilizados pela extensão *VS Code Counter*, versão 3.2.1, no ambiente de desenvolvimento Visual Studio Code. Apenas o conteúdo das 6 disciplinas analisadas foi considerado nesta contagem. Os conteúdos das demais disciplinas dos cursos técnicos do IMD/UFRN foram desconsiderados neste estudo.

Resultados e Discussão do Estudo de Caso

Este estudo de caso analisou 1.384 arquivos do código-fonte do material didático digital de 6 disciplinas compartilhadas pelos 6 cursos técnicos em informática ofertados pelo IMD/UFRN. Foram 936 arquivos com a linguagem PHP, 211 com JavaScript, 136 com HTML puro, 53 com XML, 45 com CSS, 1 com JSON, 1 Markdown e 1 com Shell Script. Deste total, 66% (912) dos arquivos foram alterados para melhorias de acessibilidade de acordo com os problemas encontrados por (Silva & Souza, 2022).

A Tabela 1 apresenta a quantidade de arquivos totais e modificados considerando diferentes partes do código-fonte do material didático analisado. Se apenas os arquivos de conteúdo deste material forem considerados, 99% (898) dos arquivos sofreram alguma modificação para melhoria da acessibilidade. Essa extensão é bastante significativa, reforçando a ideia de que os cuidados com acessibilidade devem cobrir toda a programação do material didático digital. Não foi observada uma grande diferença na porcentagem de arquivos modificados entre as 6 disciplinas analisadas. Neste caso, a porcentagem de arquivos modificados variou de 95% em Arquitetura de Computadores até 100% em Inglês Técnico 1 e em Lógica de Programação. Assim, as diferenças entre os conteúdos das disciplinas e as eventuais variações nos recursos interativos empregados nelas não foram suficientes para alterar significativamente as proporções de arquivos modificados entre as disciplinas analisadas nesta iniciativa de melhoria de acessibilidade.

As páginas de navegação que apresentam os cursos, as disciplinas e as aulas (Figuras 1 e 2), antes de chegar ao conteúdo propriamente dito no material didático, também tiveram

quantidade relevante de arquivos afetados. 80% (4) dos arquivos das páginas de navegação foram modificados pelas melhorias de acessibilidade. Por outro lado, apenas 4% (16) dos arquivos de suporte (CSS, JavaScript, etc.) foram modificados, principalmente para ajuste de cores com maior contraste e atualização de código JavaScript considerando as demais atualizações realizadas.

Tabela 1. Quantidade de arquivos totais e modificados para a melhoria de acessibilidade do material didático digital analisado.

| | quantidade de arquivos totais | quantidade de arquivos modificados | porcentagem de arquivos modificados |
|---|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Arquivos de suporte | 386 | 16 | 4% |
| Páginas de navegação | 5 | 4 | 80% |
| Arquitetura de Computadores | 57 | 54 | 95% |
| Introdução às Tecnologias da Informação | 185 | 184 | 99% |
| Matemática Aplicada | 127 | 126 | 99% |
| Sistemas Operacionais | 186 | 185 | 99% |
| Inglês Técnico 1 | 163 | 163 | 100% |
| Lógica de Programação | 180 | 180 | 100% |
| Total de arquivos de conteúdo | 898 | 892 | 99% |
| Total de arquivos do material didático | 1.384 | 912 | 66% |

A Tabela 2 apresenta a **quantidade de linhas** totais e modificadas para melhoria de acessibilidade nos arquivos do código-fonte do material didático analisado. Apenas 2,0% (3737) das linhas do código-fonte foram modificadas considerando todos os arquivos do material. O percentual de linhas modificadas sobe para 7,8%, quando apenas os arquivos modificados (66% do total) são considerados. Ainda que essas proporções aumentem quando os problemas de acessibilidade pendentes neste material forem corrigidos no futuro com o envolvimento de professores, elas provavelmente não aumentarão muito. Então, o esforço de programar de modo diferente essas linhas de código-fonte do material didático para promover acessibilidade na web não parece ter um custo alto, comparado ao benefício social oferecido aos estudantes com necessidades específicas. A proporção de linhas afetadas pelas melhorias de acessibilidade foi pequena neste caso.

Tabela 2. Quantidade de linhas totais e modificadas nos arquivos de código-fonte afetados pelas melhorias de acessibilidade do material didático digital analisado.

| | quantidade de linhas de código totais | quantidade de linhas de código modificadas | porcentagem de linhas de código modificadas |
|---|---------------------------------------|--|---|
| Arquivos de suporte | 6065 | 517 | 8,5% |
| Página de Cursos | 41 | 13 | 31,7% |
| Página de Disciplinas | 66 | 18 | 27,3% |
| Página de Aulas | 121 | 8 | 6,6% |
| Matemática Aplicada | 6.698 | 393 | 5,9% |
| Lógica de Programação | 5.009 | 305 | 6,1% |
| Arquitetura de Computadores | 1.495 | 102 | 6,8% |
| Sistemas Operacionais | 3.511 | 245 | 7,0% |
| Inglês Técnico 1 | 15.458 | 1150 | 7,4% |
| Introdução às Tecnologias da Informação | 9.513 | 986 | 10,4% |
| Total dos arquivos modificados | 47.997 | 3.737 | 7,8% |
| Total de todos os arquivos | 187.373 | 3.737 | 2,0% |

As modificações cobriram somente 8,5% (517) das linhas de código-fonte das páginas de suporte (CSS, JavaScript, etc.) do material didático. Nas páginas de navegação iniciais, antes de chegar no conteúdo propriamente dito, as modificações cobriram 31,7% (13) das linhas da página de cursos (Figura 1), 27,3% (18) das linhas da página de disciplinas (Figura 2) e 6,6% (8) das linhas da página de aulas (Figura 3). Apesar de 99% dos arquivos de conteúdo do material didático terem sido afetados por melhorias de acessibilidade, no máximo 10,4% das linhas do código-fonte desses arquivos foram afetadas, como no caso da disciplina de Sistemas Operacionais. O menor percentual de linhas afetadas foi de 5,9% em Matemática Aplicada, porém os problemas de acessibilidade nas fórmulas ainda estão em aberto. Introdução às Tecnologias da Informação e Inglês Técnico 1 tiveram a maior proporção de linhas de código-fonte afetadas pela melhoria de acessibilidade. Elas também foram as disciplinas que empregaram uma maior diversidade de recursos interativos e de atividades pedagógicas.

Por um lado, a proporção acima da média (66%) de arquivos modificados aponta para a necessidade de os desenvolvedores manterem a atenção alta e contínua nos cuidados com a

acessibilidade durante a programação web de todo o material didático digital. Por outro lado, a baixa proporção (2,0% do total) de linhas afetadas indica que providências específicas para promover a acessibilidade na programação web sejam mais pontuais e restritas, alterando pouco o código produzido pelos programadores.

Uma única linha de código-fonte pode ter sofrido várias modificações de tipos diferentes. A Tabela 3 indica a **quantidade de modificações de cada tipo** realizadas no código-fonte de todo o material didático digital analisado. As modificações mais frequentes nesta iniciativa de melhoria de acessibilidade foram edições de tags, inserção de atributos e inserção de linhas, respectivamente. A edição de tags ocorreu em 39% (1805) das modificações. Nestes casos, os programadores deveriam ter utilizado uma tag diferente no código-fonte para que a acessibilidade pudesse ser respeitada. A inserção de atributos ocorreu em 29% (1330) das modificações. Aqui, o programador deixou de definir algum atributo para atender a acessibilidade. Em 18% (837) das modificações houve inserção de linhas, ou seja, o programador precisava escrever um código-fonte com estrutura mais complexa para garantir a acessibilidade, como por exemplo, incluir uma tag HTML contendo atributos e outras tags internas. Os demais tipos de modificações foram bem menos frequentes, chegando a no máximo 4% do total de modificações.

Tabela 3. Quantidade e percentagem de modificações por tipo no código-fonte para melhoria de acessibilidade do material didático digital analisado.

| tipo de modificação no código | quantidades de modificações no código | percentagem de modificações no código |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| atributo inserido | 1330 | 29% |
| atributo editado | 178 | 4% |
| atributo removido | 124 | 3% |
| tag inserida | 27 | 1% |
| tag editada | 1805 | 39% |
| tag removida | 105 | 2% |
| conteúdo da tag editado | 8 | 0.2% |
| linha inserida | 837 | 18% |
| linha editada | 40 | 0.9% |
| linha removida | 170 | 3.7% |
| total | 4624 | 100% |

77% das melhorias de acessibilidade analisadas no caso estudado modificaram pedaços pequenos de linhas de código-fonte, como atributos e tags HTML, por exemplo. Já 23% das modificações afetaram linhas inteiras do código-fonte. A complexidade e, conseqüentemente, esforços e recursos necessários para as modificações do primeiro grupo tendem a ser bem menores do que as do segundo grupo de modificações. Portanto, o custo da promoção de acessibilidade foi mais significativo para o programador em apenas 23% das vezes em que o código-fonte do material didático foi modificado na iniciativa analisada. Em grande parte das edições realizadas no código-fonte, o custo da acessibilidade tendeu a ser bem barato para o programador.

A diversidade de tipos de modificações realizadas no caso estudado revela que a programação web acessível envolve mais do que adicionar novo código-fonte específico para acessibilidade no material didático digital. Também é necessário escrever um código-fonte adequado, conforme indicado pela edição em 43,9% das modificações, e deixar de escrever determinados códigos-fonte inadequados, a exemplo da remoção em 8,6% das modificações analisadas. Se os programadores já programassem um material didático acessível na primeira versão do código-fonte, até 52,6% das modificações de edição e remoção realizadas nesta iniciativa de melhoria de acessibilidade teriam sido evitadas. Este retrabalho de programação para melhoria de acessibilidade é desnecessário. Como ocorre em outros aspectos de requisitos e erros de software (Bourque & Fairley, 2014), fazer correto desde o início geralmente consome menos recursos do que corrigir depois.

A Tabela 4 apresenta a **quantidade de modificações** para melhoria de acessibilidade **estratificada por tipo e por parte analisada no código-fonte** do material didático. Os arquivos de suporte (CSS, JavaScript, etc.) sofreram quase todos os tipos de modificações identificados, exceto a edição do conteúdo de uma tag. Os arquivos de navegação por cursos, disciplinas e aulas tiveram tags e linhas editadas. Apenas a página de aulas teve também atributos editados. Os conteúdos das 6 disciplinas analisadas sofreram modificações com distribuição bem heterogênea de tipos, indicando que os cuidados com a acessibilidade vão variar conforme o conteúdo do material didático.

A inserção de atributos se concentrou na disciplina de Inglês Técnico 1 e de Introdução às Tecnologias da Informação, com ocorrência bem menor nas demais disciplinas. A edição de atributos foi destaque nas páginas de suporte e na disciplina de Introdução às Tecnologias da Informação, com pequena presença em Inglês Técnico 1 e Matemática Aplicada. A remoção de atributos ocorreu quase exclusivamente em Inglês Técnico 1, seguido de longe pelas páginas de suporte. A inserção de tags concentrou-se em Arquitetura de Computadores e Introdução às Tecnologias da Informação. A edição de tags ocorreu em todas as disciplinas analisadas, com concentração expressiva em Inglês Técnico 1 e Introdução às Tecnologias da Informação. A remoção de tags ocorreu basicamente em Introdução às Tecnologias da Informação. A edição do conteúdo da tag ocorreu principalmente em Lógica de Programação. A inserção de linhas ocorreu basicamente em Inglês Técnico 1, seguido pelas páginas de suporte. Nenhum conteúdo das 6 disciplinas analisadas teve linha editada, apesar desta edição ter ocorrido nas páginas de suporte e navegação iniciais. A remoção de linhas teve destaque em Inglês Técnico 1 e nas páginas de suporte.

As disciplinas de Inglês Técnico 1 e Introdução às Tecnologias da Informação concentraram a maior parte dos tipos de modificações realizadas no código-fonte do material didático analisado. É interessante notar que estas são as disciplinas com maior diversidade de atividades pedagógicas e recursos interativos empregados.

Este estudo de caso limitou-se às modificações no código-fonte realizadas por (Silva & Souza, 2022), herdando também suas limitações. Ele não cobriu a correção de todos os problemas de acessibilidade que eventualmente existem no material didático dos cursos técnicos do IMD. Os problemas de acessibilidade identificados que precisavam de envolvimento de professor não foram corrigidos. Além disso, podem existir problemas de acessibilidade ainda não identificados porque pessoas com necessidades específicas não foram envolvidas na avaliação de Silva e

Souza. Desse modo, existe chance de mais partes do código-fonte do material didático serem modificadas para melhorias de acessibilidade do que aquelas aqui reportadas.

Tabela 4. Quantidade de modificações por tipo e por parte analisada no código-fonte para melhoria de acessibilidade do material didático digital.

| | Arquivos de suporte | Página de Cursos | Página de Disciplinas | Página de Aulas | Arquitetura de Computadores | Inglês Técnico 1 | Introdução às Tecnologias da Informação | Lógica de Programação | Matemática Aplicada | Sistemas Operacionais |
|-------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------|------------------|---|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| atributo inserido | 45 | | | | 14 | 662 | 437 | 70 | 99 | 3 |
| atributo editado | 74 | 3 | | | | 16 | 73 | | 12 | |
| atributo removido | 14 | | | | | 105 | | 1 | 4 | |
| tag inserida | 5 | | | | 11 | | 10 | | | 1 |
| tag editada | 50 | 2 | 1 | 2 | 88 | 484 | 435 | 226 | 279 | 238 |
| tag removida | 1 | | | | 3 | | 99 | | 1 | 1 |
| conteúdo da tag editado | | | | | | 1 | | 7 | | |
| linha inserida | 273 | | | | | 562 | | | 2 | |
| linha editada | 9 | 3 | 12 | 16 | | | | | | |
| linha removida | 63 | | | | | 94 | 6 | 2 | 3 | 2 |

Conclusões

Inclusão e acessibilidade são demandas sociais importantes na contemporaneidade. Apesar de várias iniciativas nesta direção na educação a distância, problemas de acessibilidade nos materiais didáticos digitais ainda ocorrem com frequência por questões relacionadas com a programação. Preconceitos e barreiras atitudinais dos programadores dificultam o desenvolvimento

de materiais didáticos digitais acessíveis. Este comportamento dos programadores pode estar sendo reforçado pela crença de que os cuidados com acessibilidade afetem significativamente seu trabalho e aumentem muito os recursos necessários (tempo, mão de obra, etc.) para a programação. Nesse contexto, este trabalho apresentou resultados relevantes para tal discussão, de modo a subsidiar a revisão das concepções prévias sobre a atuação profissional dos programadores na promoção da acessibilidade e inclusão.

Relatou-se um estudo de caso que analisou as mudanças para melhorias de acessibilidade no código-fonte do material didático dos cursos técnicos de informática a distância do IMD/UFRN, Brasil, decorrentes da avaliação realizada por (Silva & Souza, 2022). Com uma média de 0,83 problemas (erros) e 1,34 potenciais problemas (avisos) por página de conteúdo encontrados na avaliação, as modificações no código-fonte para melhorias de acessibilidade correspondentes alteraram 99% dos arquivos de conteúdo das disciplinas cobrindo 7,8% de suas linhas. Estas modificações cobrem 66% dos arquivos totais do material didático e 2% de todas as suas linhas. O impacto e o custo de programar de modo diferente para promover acessibilidade afetou entre 5,9% e 10,4% das linhas do código-fonte do conteúdo de uma disciplina. É fundamental lembrar que se o material didático já fosse programado de forma acessível desde o princípio, não seria necessário realizar modificações de edição e remoção. Portanto, seria possível evitar até 52,6% das modificações realizadas nesta iniciativa de correção de acessibilidade.

Com os resultados encontrados neste estudo de caso, é muito difícil sustentar argumentos sobre grande impacto e custo alto na programação web para manter as barreiras atitudinais dos programadores (Rodrigues, Bernardino, & Moreira, 2022; Chufalo Filho, 2020; Prates, 2015) e deixar de promover a inclusão e a acessibilidade no desenvolvimento de materiais didáticos digitais. A proporção de modificações necessárias no código-fonte (2% de todas as linhas) produzido foi muito pequena perante o benefício que trazem às pessoas com necessidades específicas. Além disso, menor ainda é a proporção de modificações mais complexas (23% das modificações afetaram linhas inteiras). Esses resultados são bons indícios de que a programação web de materiais didáticos digitais acessíveis seja mais uma questão de cuidado (atenção, preocupação) do que de esforço (trabalho, recursos).

Trabalhos futuros deveriam continuar investigando questões práticas relacionadas à melhoria de acessibilidade do material didático digital utilizado, envolvendo também a participação de pessoas com deficiências e outras necessidades específicas. Mais pesquisas sobre a prática da programação web acessível deveriam ser endereçadas pela comunidade acadêmica para que os programadores possam cumprir seu papel de forma eficiente e efetiva na promoção de uma sociedade inclusiva.

Referências

- Barbosa, S. D. J., & Silva, B. S. (2010). *Interação humano-computador*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Campoverde-Molina, M., Lujan-Mora, S., & Garcia, L. V. (2020). Empirical studies on web accessibility of educational websites: A systematic literature review. *IEEE Access*, 8, 91676-91700. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994288>

- Carvalho, V., Cagnin, M., & Paiva, D. (2017). Avaliação de Acessibilidade de Web Sites de Governos Estaduais do Brasil. In *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação* (pp. 116-123). SBC. <https://doi.org/10.5753/sbsi.2017.6033>
- Chúfalo Filho, A. (2020). *Direitos humanos das pessoas com deficiência: acessibilidade atitudinal como normativa em geral* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Brasil.
- Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. (2009). Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. Brasília, DF. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm
- EU. *European accessibility act*. 2023. Recuperado em 07 de junho de 2023, de <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1202>
- Freire, A. P. (2008). *Acessibilidade no desenvolvimento de sistemas web: um estudo sobre o cenário brasileiro* (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil. <https://doi.org/10.11606/D.55.2008.tde-06052008-101644>.
- Fundação Roberto Marinho. (2023). *Memória Telecurso*. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de <https://www.telecurso.org.br/memoria-telecurso>
- Gil, A. C. (2022). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6ª ed. São Paulo: Atlas.
- Gontijo, C.R.B. (2016). Importância do material didático para a educação a distância: definições e especificidades. In I. S. V. Neves, W. Corradi, & C. L. F. Castro (Eds.), *EaD: diálogos, compartilhamentos, práticas e saberes* (pp. 27–34). Barbacena: EdUEMG.
- Grilo, A., Rodrigues, L. A., & Silva, B. S. (2019). Design inclusivo e acessibilidade digital para surdos em páginas web: um estudo qualitativo em universidade pública brasileira. *Design e Tecnologia*, 9(18), pp. 71-83. <https://doi.org/10.23972/det2019iss18pp71-83>
- HTML Code Sniffer. (2023). *Avaliador Automático de Acessibilidade*. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de https://squizlabs.github.io/HTML_CodeSniffer.
- IMD. (2022). *Projeto Pedagógico de Cursos Técnicos de Nível Médio*. Natal. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de <https://portal.imd.ufrn.br/portal/ensino/tecnico>.
- IMD. (2023) *Material Didático do Instituto Metrôpole Digital*. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de <https://materialpublic.imd.ufrn.br>.
- INEP. (2022). *Sinopse Estatística da Educação Superior 2021*. Brasília: Inep. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/sinopses-estatisticas/educacao-superior-graduacao>.
- Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015 (2015). Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília, DF. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm
- Leite, M. V. R. (2020). *Um estudo sobre o conhecimento em acessibilidade digital entre desenvolvedores de aplicações móveis no Brasil* (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. <https://doi.org/10.11606/D.100.2020.tde-27032020-082040>.
- Maciel, C. (Ed.). (2013). *Educação a distância: ambientes virtuais de aprendizagem*. Cuiabá: EdUFMT.
- Morales Velasco, R. A., & Diez-Martinez Day, E. (2020). Revisión de metodologías para diseñar Objetos de Aprendizaje OA: un apoyo para docentes. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (26), e4. <https://doi.org/10.24215/18509959.26.e4>

- Novello, T. P., & Laurino, D. P. (2012). Educação a distância: seus cenários e autores. *Revista iberoamericana de educación*, v. 58, n. 4, pp. 1–15. <https://doi.org/10.35362/rie5841419>.
- Omodei, J. D., Oliveira, Édison T., Souza, M. B., & Santos, V. L. (2016). Acessibilidade em Objetos de Aprendizagem na EaD: uma Análise em um Curso de Especialização. *EaD Em Foco*, 6(1). <https://doi.org/10.18264/eadf.v6i1.374>
- ONU. *2030 Agenda for Sustainable Development*. 2015. Recuperado em 07 de junho de 2023, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- ONU. *Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD)*. 2023. Recuperado em 07 de junho de 2023, de <https://social.desa.un.org/issues/disability/crpd/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities-crpd>
- Padure, M., & Pribeanu, C. (2020). Comparing six free accessibility evaluation tools. *Informatica Economica*, 24(1), pp. 15-25. <http://doi.org/10.24818/issn14531305/24.1.2020.02>
- Pivetta, E. M., Saito, D. S., & Ulbricht, V. R. (2014). Surdos e acessibilidade: análise de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 20(1), pp. 147–162. <https://doi.org/10.1590/S1413-65382014000100011>
- Prates, D. (2015). *Acessibilidade atitudinal*. Rio de Janeiro: Gramma.
- Ribeiro, J. F., & Silva, B. S. (2019). Estudo comparativo de avaliadores automáticos de acessibilidade web na avaliação formativa. *e-Revista LOGO*, 8(3), pp. 43-67. <http://doi.org/10.26771/e-Revista.LOGO/2019.3.03>
- Ribeiro, J. F., & Silva, B. S. (2020). Avaliação automática de acessibilidade do portal da UFRN. *#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 9(1). <https://doi.org/10.35819/tear.v9.n1.a3813>
- Rodrigues, M., Bernardino, J. L. F., & Moreira, M. V. (2022). Barreiras atitudinais: A exclusão que limita a acessibilidade de pessoas com deficiência. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 17(2), 1311–1326. <https://doi.org/10.21723/riaee.v17i2.15058>
- Silva, B. S., & Sousa, P. H. S. (2022). Avaliação Automática de Acessibilidade dos Materiais Didáticos de Cursos Técnicos de Informática. *EaD Em Foco*, 12(2), e1809. <https://doi.org/10.18264/eadf.v12i2.1809>
- Souza, M. T., Marcelino, R., & Fortunato, I. (2018). O LORI como método de avaliação de objetos de aprendizagem: estudo de revisão. *Revista de Estudos Aplicados em Educação*, 3(5), pp. 42-57. <https://doi.org/10.13037/rea-e.vol3n5.5002>
- Souza, N., Cardoso, E., & Perry, G. T. (2019). Limitações da Avaliação Automatizada de Acessibilidade em uma Plataforma de MOOCs: Estudo de Caso de uma Plataforma Brasileira. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 25, 603-616.
- W3C. (2023). *Web Accessibility Evaluation Tools List*. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>
- WCAG. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Recuperado em 28 de fevereiro de 2023, de <https://www.w3.org/TR/WCAG21>.
- Bourque, P., & Fairley, R.E. (Eds.). (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. IEEE Computer Society.