

Matriz MUSA: uma proposta heurística para a sustentabilidade digital e acessibilidade em plataformas educacionais ludificadas

MUSA Matrix: a heuristic proposal for digital sustainability and accessibility in ludified educational platforms

Jean Victor de Paula, Graduando em Design, Universidade Federal de Juiz de Fora

jean.victor@estudante.ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – 05

Resumo

O presente artigo propõe a Matriz MUSA, um instrumento de inspeção heurística estruturado em três níveis de maturidade, denominados MUSA Mínima, MUSA Máxima e MUSA Mecânica, e organizado pelos pilares de Usabilidade, Significado e Aparência, voltado à sustentabilidade digital, técnica e social de softwares educativos ludificados. Diante do cenário de “lixo digital” gerado por aplicações educacionais descontinuadas ou inacessíveis, a pesquisa adotou a metodologia *Design Science Research* (DSR) para estruturar um artefato de avaliação que integra diretrizes de Usabilidade (ISO 9241-210), Instrução (ADDIE) e Acessibilidade (WCAG/GAIA). O objetivo foi avaliar uma ferramenta capaz de orientar a concepção de Recursos Educacionais Digitais (REDs) tecnicamente manuteníveis, pedagogicamente eficazes e socialmente inclusivos. A aplicação piloto da matriz no desenvolvimento de uma plataforma de jogos de palavras resultou em índices de conformidade globais superiores a 80% e alta usabilidade percebida, sugerindo que a adoção de heurísticas rigorosas na fase de metadesign pode contribuir para a redução de retrabalho e para a maior longevidade do software, com potencial de contribuição à sustentabilidade na educação mediada por tecnologias.

Palavras-chave: Sustentabilidade Digital; Heurísticas; Ludificação; Acessibilidade; Design Instrucional.

Abstract

This article proposes the MUSA Matrix, a heuristic inspection instrument structured into three maturity levels, named MUSA Mínima, MUSA Máxima, and MUSA Mecânica, and organized by the pillars of Usability, Significance, and Appearance, aimed at the digital, technical, and social sustainability of ludified educational software. In response to the scenario of “digital waste” generated by discontinued or inaccessible educational applications, the study adopted the Design Science Research (DSR) methodology to structure an evaluation artifact integrating guidelines from Usability (ISO 9241-210), Instruction (ADDIE), and Accessibility (WCAG/GAIA). The objective was to evaluate a tool capable of guiding the conception of Digital Educational Resources (DERs) that are

technically maintainable, pedagogically effective, and socially inclusive. The pilot application of the matrix in the development of a word-game platform resulted in global compliance rates above 80% and high perceived usability, suggesting that the adoption of rigorous heuristics in the metadesign phase may contribute to reducing rework and extending software longevity, with potential contributions to sustainability in technology-mediated education.

Keywords: Digital Sustainability; Heuristics; Ludification; Accessibility; Instructional Design.

1. Introdução

A inserção das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino superior é um caminho sem volta, impulsionado pela necessidade de dialogar com uma geração de nativos digitais que demanda interatividade e dinamismo. No entanto, essa digitalização acelerada trouxe consigo um efeito colateral: a produção massiva de "lixo digital" educacional, como softwares, aplicativos e objetos de aprendizagem que são lançados e rapidamente descontinuados por falhas de projeto, códigos não escaláveis ou barreiras de acessibilidade que excluem parcelas significativas dos estudantes.

A sustentabilidade em projetos de design digital transcende a eficiência energética dos servidores; ela abrange a Sustentabilidade Social, garantida pela acessibilidade e inclusão, e a Sustentabilidade Técnica, assegurada pela qualidade do código e facilidade de manutenção (manutenibilidade). Um software educacional que não pode ser mantido ou que não pode ser usado por uma pessoa com deficiência é, por definição, um artefato insustentável que desperdiça recursos financeiros e cognitivos.

Neste contexto, observa-se uma lacuna metodológica: embora existam heurísticas consagradas para usabilidade (Nielsen, 1990) e diretrizes rígidas para acessibilidade (WCAG, 2023), faltava um instrumento unificado que conectasse esses polos técnicos às necessidades pedagógicas e de engajamento próprias da ludificação. A contribuição original da Matriz MUSA, em contraste com instrumentos clássicos como as heurísticas de Nielsen (focadas estritamente na usabilidade) ou os checklists da WCAG (focados na acessibilidade técnica de forma isolada), reside justamente na sua capacidade de integração sistêmica. A matriz atua como instrumento integrador entre requisitos técnicos, pedagógicos e de acessibilidade no contexto do design instrucional ludificado.

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a validação da Matriz MUSA, um instrumento de inspeção heurística criado para guiar o metadesign de plataformas educacionais. O objetivo é discutir como o uso desse *framework* pode orientar a criação de artefatos digitais mais perenes, inclusivos e pedagogicamente relevantes, atuando como filtro projetual para a sustentabilidade digital.

2. Fundamentação Teórica

A sustentabilidade digital de artefatos educacionais exige uma abordagem sistêmica que articule desempenho técnico, eficácia pedagógica e responsabilidade socioambiental. No

campo do design, essa perspectiva desloca o foco do artefato isolado para a qualidade das relações que ele estabelece com seus usuários, contextos de uso e condições de manutenção ao longo do tempo.

2.1. Sustentabilidade Digital e Interação

No contexto digital, essa visão sistêmica implica compreender a sustentabilidade não apenas como economia de recursos computacionais, mas como capacidade de o artefato permanecer utilizável, relevante, acessível e passível de evolução. Em diálogo com Manzini e Vezzoli (2008), entende-se que o design deve deslocar-se do foco no produto para o foco em sistemas capazes de satisfazer necessidades com menor desperdício material, cognitivo e operacional.

Nesse cenário, a perenidade de um software educacional depende de um tripé complexo: a técnica (Engenharia de Software e Manutenibilidade), a pedagogia (Design Instrucional e Ludificação) e a ética socioambiental (Acessibilidade e Inclusão). A falha em qualquer um desses pilares resulta em "lixo digital": softwares que não funcionam, não ensinam ou excluem usuários. As seções a seguir detalham como cada um desses aspectos contribui para a longevidade do artefato.

2.2. Acessibilidade como Sustentabilidade Social

A sustentabilidade social refere-se à capacidade de um sistema promover equidade e inclusão. Um artefato educacional que ignora diretrizes de acessibilidade viola o princípio da equidade. Segundo Papanek (2011), o design é a ferramenta principal para moldar o ambiente humano e, quando excludente, torna-se socialmente destrutivo. A Matriz MUSA incorpora essa visão ao integrar o conceito de *Privacy by Design* (Cavoukian, 2009) e as diretrizes da WCAG 2.2, assegurando que a longevidade do software contemple a diversidade humana, incluindo neurodivergentes.

2.3. Ludificação Sustentável

No âmbito pedagógico, parte-se do ciclo ADDIE em sua abordagem contextualizada (Filatro e Piconez, 2004), posteriormente adaptado nesta pesquisa para um modelo de ADDIE Supercontextualizado (Paula, 2026). Em articulação com a Taxonomia de Bloom (Anderson e Krathwohl, 2001), esse referencial contribui para que o objeto digital cumpra sua função de ensino. A ludificação (*gamification*) entra neste contexto não como um adorno estético, mas como uma estratégia de engajamento para garantir o "uso pleno" do recurso. Um software educacional que não engaja é subutilizado e, portanto, um desperdício de esforço de desenvolvimento, o equivalente digital a um produto que vai para o aterro sem nunca ter sido usado.

3. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa enquadra-se como exploratória de natureza aplicada, utilizando a metodologia *Design Science Research* (DSR). Conforme Hevner et al. (2004), a DSR é orientada para a criação de artefatos que resolvem problemas práticos, seguindo ciclos rigorosos de construção e avaliação.

A construção da Matriz MUSA ocorreu por meio da síntese de diretrizes provenientes de três grandes áreas, visando cobrir todo o espectro da sustentabilidade do artefato digital:

- a) engenharia de software e usabilidade: normas ISO 9241-210 e ISO/IEC 25010, além das heurísticas de Nielsen (1990) e Bertini et al. (2006);
- b) design instrucional e jogos: modelo ADDIE (Filatro e Piconez, 2004), Taxonomia de Bloom (Anderson e Krathwohl, 2001) e princípios de Digital Game-Based Learning (Prensky, 2001);
- c) acessibilidade e ética: diretrizes WCAG 2.2 (WCAG, 2023), Guia de Acessibilidade de Interfaces para Autismo (GAIA, [s.d.]) e Lei Geral de Proteção de Dados (Brasil, 2018). No recorte operacional do presente artigo, esse núcleo foi complementado por referenciais auxiliares de acessibilidade governamental, qualidade de dados, segurança e interoperabilidade, tais como eMAG 3.1, ISO/IEC 25012, OWASP Top 10, SCORM 2004 e xAPI.

Os parâmetros apresentados foram derivados de referenciais de usabilidade e projeto centrado no usuário, acessibilidade, privacidade, qualidade de software e design instrucional. Para tanto, mobilizaram-se bases de Design Science Research (Hevner et al., 2004), heurísticas de usabilidade e ergonomia da interação (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024; Nielsen, 1990; Norman, 2014), diretrizes de acessibilidade e inclusão (Brasil, 2014; GAIA, [s.d.]; WCAG, 2023), princípios de privacidade desde a concepção (Brasil, 2018; Cavoukian, 2009), modelos de qualidade de software (International Organization for Standardization; International Electrotechnical Commission, 2008, 2023) e padrões de interoperabilidade e rastreamento da aprendizagem (Advanced Distributed Learning Initiative, 2009; Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020, 2023). No eixo pedagógico, também foram mobilizados referenciais de design instrucional, experiência de aprendizagem e aprendizagem baseada em jogos (Anderson e Krathwohl, 2001; Floor, 2023; Prensky, 2001).

O instrumento foi estruturado hierarquicamente para permitir uma avaliação escalonada da maturidade do projeto, sendo validado por meio de sua aplicação prática no desenvolvimento de uma Plataforma de Experiência de Aprendizagem (LXP) piloto baseada em jogos de palavras, desenvolvida com auxílio de Inteligência Artificial Generativa sob supervisão de metadesign. Esta avaliação heurística foi conduzida pelo pesquisador responsável. A atribuição dos escores seguiu a escala paramétrica MUSA, sintetizada no Quadro

1.

Quadro 1: Escala paramétrica de pontuação da Matriz MUSA.

Pontuação	Classificação	Critério
0	Nulo / Inexistente	Recurso inexistente ou não aplicável
1	Crítico / Péssimo	Falhas graves que impedem o uso
2	Insuficiente / Ruim	Funcionamento parcial, com erros frequentes
3	Regular / Básico	Atende ao mínimo, mas com limitações
4	Bom / Eficiente	Funciona bem e cumpre seu papel
5	Excelente / Referência	Supera expectativas e serve de referência

Fonte: O autor (2026).

A regra de agregação para gerar os percentuais reportados baseou-se no cálculo da proporção simples: a soma dos pontos obtidos foi dividida pela pontuação máxima possível (o total de itens avaliados no nível multiplicados por 5) em cada dimensão da matriz (Mínima, Máxima e Mecânica).

A média global da matriz (4,08/5,00) não foi calculada pela razão direta entre a pontuação total obtida e a pontuação máxima total possível. Adotou-se, em vez disso, a média aritmética simples das médias obtidas nas três dimensões avaliadas (MUSA Mínima, MUSA Máxima e MUSA Mecânica), de modo a atribuir peso qualitativo equivalente aos três eixos metodológicos, independentemente da diferença no número de parâmetros de cada nível.

4. Resultados

O principal resultado desta pesquisa é a estruturação da Matriz MUSA como instrumento heurístico hierarquizado em três níveis de maturidade: MUSA Mínima, MUSA Máxima e MUSA Mecânica. Em sua organização interna, a matriz distribui os parâmetros entre os pilares de Usabilidade, Significado e Aparência. Embora a Matriz MUSA completa contemple 44 parâmetros heurísticos (Paula, 2026), para o escopo deste artigo, realizou-se um recorte estratégico. Foram selecionados para apresentação nos quadros a seguir apenas os indicadores que possuem correlação direta com a Sustentabilidade Digital, excluindo os parâmetros que não impactam diretamente a longevidade ou a inclusão do sistema. Para fortalecer o rigor normativo deste recorte, os parâmetros selecionados foram explicitamente mapeados às suas diretrizes de origem, atrelando-se os itens da matriz às recomendações do guia GAIA (GAIA, [s.d.]), com foco na redução de carga cognitiva e aos critérios de sucesso da WCAG 2.2 (WCAG, 2023), a exemplo dos requisitos de navegação por teclado e contraste visual.

No recorte apresentado, o item ACB ancora-se nos critérios de acessibilidade técnica da WCAG 2.2, especialmente aqueles relacionados à navegabilidade por teclado, foco visível e contraste visual; o item ACC ancora-se no guia GAIA, voltado à redução de carga cognitiva e à inclusão de pessoas neurodivergentes; e o item PRI ancora-se nos princípios de *Privacy by Design* e nas exigências da LGPD para proteção de dados desde a

concepção. Essa explicitação evidencia que a MUSA não apenas reúne critérios dispersos, mas os recontextualiza em um instrumento único para o metadesign de artefatos educacionais ludificados.

Nos quadros a seguir, algumas bases aparecem em forma abreviada para fins de síntese. Adota-se DCU para Design Centrado no Usuário (Norman, 2014), LXD para *Learning Experience Design* (Floor, 2023), DU para Desenho Universal (Mace, 1998) e DGBL para *Digital Game-Based Learning*. A menção a Bloom refere-se à Taxonomia de Bloom Revisada.

4.1. Nível MUSA Mínima: a barreira contra o lixo digital

A primeira fase, MUSA Mínima (Viabilidade - MVP), estabelece o núcleo imutável do artefato. Seu objetivo primordial é evitar o desenvolvimento de softwares "natimortos". Se o software falha nestes critérios, ele não deve ser produzido, evitando o desperdício de horas de trabalho e energia elétrica em um projeto inviável. Abaixo, o Quadro 2 destaca os critérios que impedem a criação de "lixo digital" prematuro.

Quadro 2: Síntese dos critérios da fase MUSA Mínima.

ID	Item de Verificação	Pilar	Base normativa / referencial principal	Critério de Cumprimento
RDA	Relevância do Artefato	Significado	DSR	O artefato resolve um problema relevante, justificando o uso de recursos?
ACB	Acessibilidade	Usabilidade	WCAG 2.2 (Nível AA) / eMAG 3.1	O sistema atende aos requisitos de acessibilidade técnica previstos nas diretrizes adotadas?
FBK	<i>Feedback</i>	Usabilidade	Nielsen / DCU	O tempo de resposta é imediato para cada ação, prevenindo erros de sistema?
CLI	Clareza Instrucional	Significado	LXD / DU	O conteúdo é simples, direto e sem ruídos cognitivos?
ICM	Integração Conteúdo	Significado	Bloom / DGBL	A mecânica do jogo reforça o vocabulário técnico (aprendizado real)?
CAU	Controle e Autonomia	Usabilidade	Nielsen / DCU	O usuário tem liberdade para desfazer ações e escolher seu ritmo?
FBI	<i>Feedback</i> Instrucional	Significado	LXD / Bloom	O <i>feedback</i> ensina o erro e corrige a rota pedagógica?

Fonte: O autor (2026).

Note-se que o critério ICM (Integração Conteúdo) atua diretamente na sustentabilidade pedagógica: se a mecânica do jogo não reforça o aprendizado, o software é apenas um passatempo digital, perdendo sua função social de educação.

4.2. Nível MUSA Máxima: inclusão e longevidade de uso

A fase MUSA Máxima (Excelência - MXVP) foca na experiência do usuário e na sustentabilidade social. A premissa aqui é que a frustração do usuário leva ao abandono da ferramenta. Ao garantir a prevenção de erros e a acessibilidade cognitiva, o design estende o tempo de vida útil da interação do aluno com a plataforma, além de a dimensão social da sustentabilidade exigir que o artefato seja inclusivo e ético. Neste recorte (Quadro 3), priorizou-se a apresentação dos parâmetros de Acessibilidade Cognitiva e Privacidade. A justificativa é que a exclusão de neurodivergentes ou a vulnerabilidade de dados são fatores que tornam o software socialmente insustentável e sujeito à obsolescência por rejeição do usuário.

Quadro 3: Síntese dos critérios da fase MUSA Máxima.

ID	Item de Verificação	Pilar	Base normativa / referencial principal	Critério de Cumprimento
PRE	Prevenção de Erros	Usabilidade	Nielsen / DCU	O design evita que o usuário erre antes da ação, poupando esforço cognitivo?
ACC	Acessibilidade Cognitiva	Usabilidade	GAIA / eMAG 3.1	O artefato segue diretrizes de acessibilidade cognitiva para neurodivergentes (Sustentabilidade Social)?
PRI	Privacidade	Significado	LGPD / <i>Privacy by Design</i>	A segurança é integrada ao design desde a concepção?
AJD	Ajuda e Documentação	Significado	Nielsen / DCU	Existe suporte documental acessível para dúvidas complexas?
RFL	Design Reflexivo	Significado	LXD	O artefato gera identidade e fixação do aprendizado pós-uso?
MUL	Multimodalidade	Aparência	LXD / DU	O sistema usa múltiplos canais sensoriais para retenção e inclusão?

Fonte: O autor (2026).

A inclusão do critério PRI (Privacidade) responde a uma demanda contemporânea de sustentabilidade ética. Vazamentos de dados ou uso abusivo de informações de estudantes podem inviabilizar uma plataforma legalmente. Portanto, a segurança é tratada aqui como um requisito de sobrevivência do artefato.

4.3. Nível MUSA Mecânica: eficiência energética e de hardware

Finalmente, a MUSA Mecânica (Técnica) avalia as engrenagens invisíveis. Este é o ponto de maior contato com a sustentabilidade ambiental direta ("Green IT"). Códigos mal otimizados tendem a exigir mais processamento e mais recursos computacionais, podendo ampliar custos operacionais e impactos ambientais indiretos.

Quadro 4: Síntese dos critérios da fase MUSA Mecânica.

ID	Item de Verificação	Pilar	Base normativa / referencial principal	Critério de Cumprimento
PRT	Portabilidade	Usabilidade	ISO/IEC 25010:2023	O sistema pode ser instalado como PWA, ampliando o ciclo de vida do hardware?
EFI	Eficiência de Desempenho	Usabilidade	ISO/IEC 25010:2023	O sistema responde rapidamente mesmo processando muitos dados (Eficiência Energética)?
MNT	Manutenibilidade	Significado	ISO/IEC 25010:2023	O código é sustentável e permite evolução contínua?
QDD	Qualidade de Dados	Significado	ISO/IEC 25012:2008	Os dados educacionais são precisos, rastreáveis e auditáveis?
SEG	Segurança Web	Significado	OWASP Top 10:2021 / LGPD	O sistema protege dados pessoais contra vazamentos?
INT	Interoperabilidade	Significado	SCORM 2004 / xAPI	O progresso e os dados podem ser exportados ou reaproveitados em outros sistemas (Longevidade de Dados)?

Fonte: O autor (2026).

O critério PRT (Portabilidade) ocupa posição estratégica na matriz por favorecer o acesso em contextos de restrição tecnológica. Ao exigir que o sistema funcione como PWA (*Progressive Web App*), a MUSA prioriza compatibilidade com dispositivos de menor capacidade de processamento e com infraestruturas escolares menos atualizadas. Em termos heurísticos, isso sugere potencial de mitigação de barreiras de acesso e de extensão da vida útil de equipamentos já existentes. As alegações referentes à sustentabilidade ambiental apresentadas neste estudo devem ser interpretadas com cautela, uma vez que não foram realizadas medições laboratoriais quantitativas de consumo energético do servidor ou do dispositivo final.

5. Análises dos Resultados

Para validar a eficácia da Matriz MUSA, o instrumento foi aplicado na auditoria da plataforma piloto "Wordaus". A análise dos dados demonstra como a ferramenta atua na garantia da sustentabilidade digital.

5.1. Análise de Conformidade Técnica

A aplicação da fase MUSA Mecânica orientou a adoção de uma arquitetura escalável e limpa. A verificação do parâmetro de Manutenibilidade (MNT) resultou em uma aplicação leve. Em termos de sustentabilidade, isso significa um software que exige menos transferência de dados (reduzindo o custo de internet para o aluno) e menos ciclos de processamento do servidor. A Tabela 1 consolida os índices obtidos.

Tabela 1: Resultados consolidados da aplicação da MUSA na plataforma piloto.

Nível MUSA	Parâmetros Auditados	Pontuação Obtida (Máx.)	Índice de Conformidade
MUSA Mínima	25	109 (125)	87,2%
MUSA Máxima	11	44 (55)	80,0%
MUSA Mecânica	8	31 (40)	77,5%
Média Global	44	4,08 / 5,00	Bom/eficiente

Fonte: O autor (2026).

A análise revela que o uso da matriz permitiu identificar gargalos na fase Mecânica (77,5%) antes do lançamento. A correção prévia desses erros evita o ciclo vicioso de lançar atualizações pesadas ("patches") que frequentemente tornam softwares incompatíveis com máquinas mais antigas.

5.2. Discussão sobre Sustentabilidade Social

A sustentabilidade não reside apenas no código, mas na mente do usuário. A análise qualitativa aponta que a inclusão dos critérios ACC (Acessibilidade Cognitiva) transformou requisitos técnicos em ferramentas de inclusão. Ao reduzir a carga cognitiva da interface (seguindo as heurísticas da matriz), a plataforma preserva a "energia mental" do estudante para o que realmente importa: o aprendizado. A pontuação de 88,2 no SUS (System Usability Scale), instrumento de avaliação da usabilidade percebida (Bangor, Kortum e Miller, 2008), indica boa usabilidade percebida no pré-teste, sugerindo que a organização heurística da matriz favoreceu uma interação clara e de baixa fricção. Contudo, por se tratar de uma aplicação piloto com 7 participantes, esse resultado deve ser interpretado como evidência preliminar, e não como validação conclusiva da hipótese de inclusão.

A aplicação do SUS envolveu uma amostra de 7 participantes, compostos integralmente por estudantes de nível superior, majoritariamente na faixa etária de 17 a 23 anos. O

procedimento empírico consistiu na realização de tarefas predefinidas de navegação na plataforma piloto. Durante o uso, a interação foi monitorizada por meio de um protocolo de observação direta para mapear barreiras e dificuldades. Imediatamente após a interação com o artefato, os participantes preencheram o questionário padronizado do SUS.

6. Considerações Finais

A obsolescência programada e o desperdício de recursos no desenvolvimento de softwares educacionais constituem problemas que o Design pode enfrentar com maior rigor metodológico. Neste estudo piloto, a Matriz MUSA mostrou potencial como instrumento de inspeção heurística voltado à sustentabilidade digital.

Ao integrar parâmetros de acessibilidade, manutenibilidade e eficácia pedagógica, a matriz oferece um quadro estruturado para qualificar decisões de projeto e reduzir a probabilidade de criação de artefatos digitalmente frágeis, excludentes ou de baixa relevância educacional. Conclui-se que a sustentabilidade no meio digital depende, em grande medida, da intencionalidade projetual e da adoção de instrumentos de avaliação rigorosos, devendo a eficácia plena da MUSA ser aprofundada em estudos futuros com amostras ampliadas e validação adicional.

Referências

ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING INITIATIVE. **SCORM 2004 4th Edition: Testing Requirements, Version 1.1.** [S. l.], 2009. Disponível em: https://www.adlnet.gov/assets/uploads/SCORM_2004_4ED_v1_1_TR_20090814.pdf. Acesso em: 22 mar. 2026.

ANDERSON, Lorin W.; KRATHWOHL, David R. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives.** New York: Longman, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9241-210: Ergonomia da interação humano-sistema.** Rio de Janeiro, 2024.

BANGOR, Aaron; KORTUM, Philip; MILLER, James. An empirical evaluation of the System Usability Scale. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 24, n. 6, p. 574-594, 2008.

BERTINI, Enrico; GABRIELLI, Silvia; KIMANI, Stephen. **Appropriating and assessing heuristics for mobile computing.** In: CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER

INTERACTION WITH MOBILE DEVICES AND SERVICES, 8., 2006, Helsinki. Proceedings [...]. New York: ACM, 2006. p. 119-126.

BLEVIS, Eli. Sustainable Interaction Design: invention & disposal, renewal & reuse. In: **CHI '07 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. New York: ACM, 2007. p. 503-512.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 157, p. 59-64, 15 ago. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 22 mar. 2026.

BRASIL. **Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG) 3.1**. [S. l.], 2014. Disponível em: <https://emag.governoeletronico.gov.br/>. Acesso em: 22 mar. 2026.

CAVOUKIAN, Ann. **Privacy by Design: The 7 Foundational Principles**. Toronto: IPC, 2009.

DAVENPORT, Thomas H. **Information Ecology: Mastering the Information and Knowledge Environment**. New York: Oxford University Press, 1997.

FILATRO, Andrea; PICONEZ, Stela Conceição Bertholo. **Design instrucional contextualizado**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 11., 2004, Salvador. Anais [...]. São Paulo: ABED, 2004.

FLOOR, Niels. **This is Learning Experience Design: What it is, how it works, and why it matters**. [S. l.]: New Riders, 2023.

GAIA. **Guia de Acessibilidade de Interfaces para Autismo**. [s. d.]. Disponível em: <https://gaia.wiki.br/>. Acesso em: mar. 2026.

HEVNER, Alan R. et al. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE 1484.12.1-2020: IEEE Standard for Learning Object Metadata**. [S. l.], 2020. Disponível em: https://standards.ieee.org/standard/1484_12_1-2020.html. Acesso em: 22 mar. 2026.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE 9274.1.1-2023: IEEE Standard for Learning Technology - JavaScript Object Notation (JSON) data model format and Representational State Transfer (RESTful) web service for learner experience data tracking and access - Part 1-1: xAPI using JSON serialization and RESTful data transport**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://standards.ieee.org/ieee/9274.1.1/7321/>. Acesso em: 22 mar. 2026.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **ISO/IEC 25010:2023: Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Product quality model.** [S. I.], 2023. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/78176.html>. Acesso em: 22 mar. 2026.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **ISO/IEC 25012:2008: Software engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Data quality model.** [S. I.], 2008. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/35736.html>. Acesso em: 22 mar. 2026.

MACE, Ronald L. **Universal design in housing.** *Assistive Technology*, v. 10, n. 1, p. 21-28, 1998.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** São Paulo: Edusp, 2008.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering.** San Francisco: Morgan Kaufmann, 1990.

NORMAN, Donald A. **O design do dia a dia.** Rio de Janeiro: Rocco, 2014.

OWASP FOUNDATION. **OWASP Top 10:2021.** [S. I.], 2021. Disponível em: <https://owasp.org/Top10/2021/>. Acesso em: 22 mar. 2026.

PAPANEK, Victor. **Arquitetura e design: ecologia e ética.** Lisboa: Edições 70, 2011.

PAULA, Jean Victor de. **WORDAUS: ambiente de jogos de palavras digitalmente construído para o ensino de design com o auxílio de inteligência artificial generativa.** 2026. 164 f. TCC (Graduação em Design) – Instituto de Artes e Design, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2026.

PRENSKY, Marc. Digital Natives, Digital Immigrants. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.

WCAG. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2.** W3C Recommendation, 2023.