

Critérios de Acessibilidade para Jogos Educacionais Digitais que Visam o Desenho Universal

Guilherme D. Belarmino¹, Juliana S. L. Beda¹, Poliana N. Ferreira¹, Denise Goya¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
Universidade Federal do ABC
Avenida dos Estados, 5001, Santo André, SP, CEP 09210-580

{g.dias, juliana.beda, poliana.ferreira, denise.goya}@ufabc.edu.br

Abstract. *Education is a universal right, then it is necessary to include people with disabilities when developing educational resources, such as digital games. The development of accessible educational game is not trivial, because it is necessary to pay attention in different criteria for different groups of people with disabilities. This paper identifies accessibility criteria for educational game grouped by MDA framework, through a systematic mapping review. As results, it is discussed about accessibility criteria for people with visual, hearing, physical and intellectual disabilities and people with autism, regarding universal design, conflicting criteria and the participation of the target audience on criteria survey.*

Resumo. *A educação é um direito universal e, por isso, recursos educacionais, como os jogos digitais, precisam ser inclusivos a pessoas com deficiência. O desenvolvimento de jogos educacionais acessíveis não é trivial, visto que é preciso atender diferentes critérios para diferentes grupos de deficiência. Este trabalho tem por objetivo identificar critérios de acessibilidade para jogos educacionais categorizados pelo framework MDA, por meio de um mapeamento sistemático da literatura. Como resultados, discute-se sobre os critérios de acessibilidade para pessoas com deficiência visual, auditiva, física, intelectual e também do Transtorno do Espectro Autista, a respeito do desenho universal, critérios conflitantes e a participação do público-alvo no levantamento dos critérios.*

1. Introdução

Jogos educacionais têm sido cada vez mais aceitos por professores e alunos como apoio ao aprendizado. Considerando que a educação é um direito universal, é imprescindível considerar aspectos de acessibilidade ao se criar jogos e tecnologias para este ambiente [Torrente et al. 2014]. Tal acessibilidade pode ser proposta para um público específico ou pode buscar que todos aprendam com o mesmo recurso [Fiatcoski and Góes 2021]. Esta última abordagem, conhecida por desenho universal, visa o acesso e a participação de todas as pessoas, independente de suas especificidades [Marinho et al. 2018], sem necessidade de adaptação ou de projeto específico e deve ser priorizada [Brasil 2015].

O desenvolvimento de jogos digitais deve seguir padrões conceituais, como o MDA, que permite especificar aspectos técnicos e de *design* de forma coesa. MDA refere-se a: (i) *Mechanics*: componentes particulares do jogo, no nível de representação de dados e algoritmos; (ii) *Dynamics*: comportamento dos componentes quando acionados pelos

jogadores; e (iii) *Aesthetics*: respostas emocionais despertadas no jogador ao interagir com o sistema [Hunicke et al. 2004]. Em jogos educacionais, deve-se atentar também ao conteúdo e às estratégias pedagógicas usadas para alcançar o objetivo de aprendizagem.

É essencial considerar as pessoas com deficiência (PcD) durante esse processo de desenvolvimento. Para a acessibilidade digital, há algumas iniciativas que trazem diretrizes e recomendações para auxiliar no desenvolvimento de conteúdo *web* de forma acessível, como a WCAG¹ e o e-MAG², que, entretanto, não podem ser diretamente aplicadas aos jogos, especialmente considerando o *framework* MDA. Assim, os jogos digitais (educacionais ou comerciais) e seus recursos ainda possuem um nível baixo de acessibilidade se comparado com outras tecnologias digitais, como a *web* [Torrente et al. 2012].

Vê-se, então, a necessidade de mais inclusão nos jogos digitais educacionais. Uma forma de abordar este problema é buscar facilitar o processo de inserção de características de acessibilidade durante o fluxo de desenvolvimento dos jogos. Portanto, este trabalho objetiva identificar critérios de acessibilidade dos jogos educacionais em torno do *framework* MDA, por meio de um mapeamento sistemático da literatura.

Este trabalho consiste em: seção 2: trabalhos relacionados; seção 3: metodologia; seção 4: resultados e discussões; seção 5: considerações finais e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Os autores de [Yuan et al. 2011] apresentam um panorama geral de jogos acessíveis e das estratégias usadas, separadas por tipo de deficiência: visual, auditiva, intelectual e física. São apresentados jogos que trazem adaptações e implementações de acessibilidade para cada grupo, apresentando as ideias e a forma de cada uma delas.

Em [Aguado-Delgado et al. 2020], há uma revisão sistemática sobre acessibilidade em jogos de 2004 a 2014. Como resultados, foi destacado que nenhuma das iniciativas estudadas garante um jogo universalmente acessível, além de: (i) as abordagens com soluções particulares podem segregar jogadores com deficiência; (ii) os *frameworks* de implementação em geral dependem de tecnologias específicas, o que limita a atuação do desenvolvedor; (iii) as diretrizes, técnicas e estratégias existentes costumam ser ignoradas por desenvolvedores (por desconhecimento ou falta de compreensão).

Jogos sérios acessíveis para *web* são analisados em [Salvador-Ullauri et al. 2020]. Os autores destacam as propostas e estratégias para incorporar acessibilidade mais adotadas pelos desenvolvedores e pesquisadores de jogos sérios (como por exemplo diretrizes, requisitos, tecnologias assistivas, entre outros). Entre essas estratégias, a mais utilizada (70,2%) faz a aplicação de diretrizes de acessibilidade (IGDA, WCAG, por exemplo).

Este trabalho diferencia-se dos citados anteriormente nos seguintes aspectos: (i) análise de critérios de acessibilidade para jogos educacionais digitais multiplataforma, isto é, são apresentados critérios para jogos *mobile*, *desktop* ou *web*, diferentemente de [Yuan et al. 2011, Aguado-Delgado et al. 2020], que apresentam detalhes sobre jogos no geral e diferente também de [Salvador-Ullauri et al. 2020], que traz apenas jogos sérios para *web*; (ii) são identificados quais critérios os autores adotam para tornar os jogos educacionais acessíveis, ou seja, é realizada uma análise mais aprofundada e atualizada

¹<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>

²<http://emag.governoeletronico.gov.br>

das soluções discutidas em [Yuan et al. 2011]; (iii) o compilado de critérios é feito de acordo com o *framework* MDA, que é bem difundido na área de desenvolvimento de jogos; (iv) são realizadas discussões mais específicas sobre critérios contraditórios e sobre a participação das PcD no levantamento de critérios; e (v) são apresentados *checklists* preliminares com critérios de acessibilidade que visam o desenho universal de jogos.

3. Metodologia

Com o objetivo de reunir e consolidar os critérios necessários para a construção de jogos educacionais digitais acessíveis, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura conforme protocolo descrito em [Kitchenham 2004]. Para categorização dos critérios entre tópicos de *game design* e aspectos técnicos de desenvolvimento do jogo, foi escolhido o *framework* MDA. As seguintes perguntas de pesquisa nortearam o trabalho:

- RQ1.** Quais são os critérios de acessibilidade identificados ou implementados no desenvolvimento de jogos educacionais acessíveis, relacionados a *Mechanics*, *Dynamics* e *Aesthetics* do *framework* MDA?
- RQ2.** Quais métodos são usados para o levantamento dos critérios? **RQ2b.** As PcD participam do processo de levantamento de critérios ou de avaliação de jogos?
- RQ3.** Existem critérios que não podem ser conciliados para diferentes tipos de deficiência? Quais?
- RQ4.** O conceito do desenho universal é abordado nesses trabalhos? De que maneira?

A busca de trabalhos se deu em bases internacionais (ACM DL, IEEE Xplore e Science Direct) e em anais de conferências e revistas nacionais de relevância no tema (CBIE, SBIE, IHC e SBGames, RBIE e Renote). As bases foram escolhidas por serem bem conceituadas na área de informática na educação e computação. Para as buscas automatizadas nas bases internacionais, foi usada uma *string* geral (adaptada para cada base para pesquisa no título e resumo): (1) **Jogos:** *game, games, gaming* ou *gamified*; (2) **Educacional:** *serious* ou *educational*; e (3) **Acessibilidade:** *impairment, impaired, disabilities, disabled, accessible* ou *accessibility*.

O critério de inclusão de trabalhos foi eles apresentarem requisitos ou recomendações para que um jogo educacional digital seja acessível. Como critérios de exclusão, foram considerados: (1) Artigos que não apresentam os requisitos ou critérios de um jogo educacional digital acessível; (2) Artigos que não apresentam o desenvolvimento de um jogo educacional acessível; (3) Artigos que apresentam o desenvolvimento de jogos de reabilitação; (4) Artigos que apresentam o desenvolvimento de jogos terapêuticos; (5) Artigos que fazem o uso de algum aparato extra para o jogo educacional digital (RA, RV, mesa multi-toque, entre outros); (6) Artigos redundantes de mesma autoria; (7) Artigos que não estão em português ou inglês; (8) Artigos em que o texto completo não está disponível; (9) Artigos publicados antes de 2010 ou após 2020; (10) Artigos secundários.

Os artigos foram selecionados em fases: (Fase 1) Leitura do título e palavras-chaves; (Fase 2) Análise do *abstract* e aderência ao tema jogo educacional digital; (Fase 3) Leitura da introdução, métodos e conclusão para aplicação dos critérios de inclusão e exclusão; (Fase 4) Leitura do texto completo e extração e análise dos dados. Quatro pesquisadores participaram do processo (2 para seleção e 4 na consolidação dos resultados).

A busca nas bases nacionais retornou, inicialmente, 157 trabalhos no período de 2010 a 2020; o número de artigos selecionados por fase pode ser visto na Tabela 1, pela

Tabela 1. Número de artigos selecionados por fase do mapeamento nacional

	CBIE	SBIE	IHC	SBGames	RBIE	Renote	Total
Fase 1	7	23	14	103	5	5	157
Fase 2	5	22	11	58	5	5	106
Fase 3	3	13	4	24	4	1	49
Fase 4	2	4	3	9	2	1	21

Tabela 2. Número de artigos selecionados por fase do mapeamento internacional

Base	Importados	Sem duplicados	Fases 1 e 2	Fases 3 e 4
IEEE	192	188	77	20
ACM DL	187	185	48	19
Science Direct	240	113	19	3
Total	619	486	144	42

qual se observa que, ao fim do processo, 21 artigos foram selecionados para coleta e análise dos dados. A Tabela 2 apresenta a quantidade de artigos em cada fase de busca nas bases internacionais: dos 619 artigos inicialmente encontrados no mesmo período, 42 restaram na fase final. Ao todo, foram analisados 63 trabalhos³ dos quais foram extraídos os critérios de acessibilidade e dados para responder as questões de pesquisa.

4. Resultados e Discussões

Nesta seção, as recomendações apontadas em cada trabalho são classificadas e analisadas, com destaque às que foram empregadas visando o desenho universal e àquelas que se contradizem. Na Figura 1, pode-se observar a crescente de publicações que apresentam critérios de acessibilidade em jogos educacionais, com um pico de 17 artigos publicados no ano de 2019. Nota-se que em 2020 houve uma queda em relação ao ano anterior, possivelmente influenciada pela pandemia de Covid-19 que pode ter dificultado a realização de trabalhos envolvendo PcD, como testes e avaliações. Ao analisar apenas os trabalhos nacionais, observou-se o mesmo comportamento de crescimento (com 2 trabalhos antes de 2015 e 19 após esse ano); maior preocupação com o tema pode estar relacionado com a elaboração da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência [Brasil 2015].

**Figura 1. Quantidade de artigos publicados por ano**

4.1. Critérios de Acessibilidade

Sobre a RQ1 (*Quais são os critérios de acessibilidade identificados ou implementados no desenvolvimento de jogos educacionais acessíveis?*), com a categorização do *framework* MDA e, após agrupar por contexto da aplicação, foram obtidos os seguintes resultados:

³A relação dos trabalhos selecionados e analisados está disponível em <https://bit.ly/2UHgPpS>

(i) *Mechanics*: são identificados 17 critérios, que podem ser agrupados e resumidos em: promover (1) a redução de restrições, como limite de tentativas ou de tempo para cumprir uma tarefa; (2) simplicidade e controle sobre as ações, como permitir pausar e salvar o jogo ou a repetição de perguntas; (3) clareza nos objetivos, como fornecer desafios claros e apresentar conclusões ao final de atividades; (4) assistências, como em quebra-cabeças ou mecânicas de miras; e (5) armazenamento de informações importantes para monitoramento do aprendizado.

(ii) *Dynamics*: são identificados 30 critérios, que podem ser agrupados e resumidos em: prover (1) especificações etárias, níveis de dificuldade e sistema de ajuda, como aumentar progressivamente a dificuldade do jogo ou fornecer tutoriais e dicas; (2) diferentes tipos de saída de dados, como verificação dos resultados e pontuações ou o fornecimento de sistemas de recompensas; (3) diferentes meios para entrada de dados, como teclado, mouse, voz, toque, entre outros; (4) acesso a configurações gerais, como personalização de áudio, vídeo e sensibilidade; e (6) registro de desempenho e das tentativas erradas para avaliação comportamental.

(iii) *Aesthetics*: são identificados 72 critérios, que podem ser agrupados e resumidos em: promover (1) *design* adequado, como utilizar recursos multimídias e criar uma familiaridade entre o contexto do jogo e a realidade do jogador; (2) animações bem planejadas, simples com relação à clareza, quantidade de movimentos e velocidade conveniente; (3) personalização de cores, contraste e modo de alto contraste; (4) imersão e localização espacial por meio do som, como realizar um bom *design* sonoro e usar efeitos especiais (e.g., áudio binaural e sonar); (5) o uso e destaque de objetos interativos, exigindo esforço mínimo para interação; (6) múltiplas formas de *feedback*, seja de modo auditivo, visual, textual ou tátil; (7) suporte a descrição e leitura por síntese de voz de elementos textuais e de cenários, e reconhecimento de voz; (8) suporte à legenda; (9) a adequação dos textos e botões, com relação ao tamanho, fonte e cor usados, como utilizar fontes grandes e customizáveis; (10) o uso de avatar para que o usuário se identifique com o jogo; (11) a apresentação de informações de maneira clara, objetiva, em uma interface limpa, consistente e com velocidade apropriada; (12) suporte a *zoom*, de imagens e interface; e (13) personalização de conteúdo e oferecer atividades de curta duração.

Um detalhamento desses critérios e recomendações de acessibilidade pode ser encontrado em <https://bit.ly/2T8upSl>. Os critérios foram organizados para serem usados como um *checklist* em desenvolvimento de jogos educacionais acessíveis.

4.2. Métodos para Levantamento de Critérios e Participação de PcD

Na Tabela 3 são listados os métodos empregados para levantar as recomendações de acessibilidade, respondendo a questão **RQ2**. Nessa tabela, na categoria *Outros* constam questionários, mapas mentais, *storyboard*, diagramas de caso de uso e jogabilidade, cada um com uma única ocorrência (i.e., total de trabalhos n=1). Nota-se que os métodos mais usados não envolvem diretamente pessoas com deficiência (pesquisa bibliográfica e uso de diretrizes de acessibilidade). E apenas 6 trabalhos usam *design* participativo, uma metodologia que integra os usuários finais (em especial PcD, no contexto deste trabalho) à equipe de desenvolvimento, de forma a possibilitar seu envolvimento e colaboração em todo o ciclo de produção do *software* (jogo, no caso) [Muller et al. 1997].

Para responder **RQ2b**, foi investigado se as PcD participam dos processos de le-

Tabela 3. Métodos usados no levantamento de critérios de acessibilidade

Método	n	%	Método	n	%
Pesquisa bibliográfica	34	54,0	Avaliação de outros jogos	3	4,8
Diretrizes de acessibilidade	17	27,0	Outros	5	7,9
Entrevistas	10	15,9	Não especificaram	9	14,3
Design participativo	6	9,5	Não se aplica	5	7,9
Observação	4	6,3			

vantamento de recomendações e requisitos, e avaliação de protótipos e jogos. Em 54,0% (n=34) dos trabalhos há a participação das PcD em alguma etapa do processo de desenvolvimento; em 30,3% (n=19) dos casos elas não participam; e, por fim, em 9,5% (n=6) e 6,3% (n=4) não especificavam ou não se aplicavam ao trabalho, respectivamente. Quanto a participação de PcD, em 71,8% (n=28) dos trabalhos as PcD participam das etapas de avaliação do jogo; em 25,6% (n=10) participam da etapa de levantamento de requisitos e em 2,6% (n=1) na etapa de análise do projeto. Em alguns trabalhos, a participação ocorreu em mais de um processo do desenvolvimento do jogo.

Portanto, há esforços dos pesquisadores em trazer as PcD para o processo de produção do jogo, mas o público-alvo nem sempre é consultado durante o ciclo de desenvolvimento. Vale ressaltar que a maior parte (71,8%) dos autores realiza apenas a avaliação do jogo/protótipo com PcD, sem trazê-las para as etapas iniciais, como levantamento de requisitos, além do fato de que menos de 10% fazem *design* participativo.

4.3. Recomendações Contraditórias para Acessibilidade

Ao cruzarmos diferentes critérios, foi possível identificar a existência de recomendações no aspecto *Aesthetics* que não podem ser conciliadas entre si, respondendo positivamente a questão **RQ3**. Isso aumenta o desafio em atender diferentes tipos de deficiência em um mesmo jogo educacional.

Em [Lopez-Basterretxea et al. 2014] e [Tsikinas and Xinogalos 2018], por exemplo, é relatado evitar o uso de animações e de efeitos sonoros, que são distratores potenciais especialmente para pessoas com deficiência intelectual. No entanto, em [Othman et al. 2019] e [Souza et al. 2010] são recomendadas animações simples e em velocidade reduzida; e há trabalhos que indicam efeitos sonoros para maior imersão dos jogadores ou para melhor situar PcD visual. Outras contradições estão relacionadas à música de fundo versus a execução de um som de cada vez.

Quanto a cores de fundo do jogo, [Shivshwan et al. 2016] aconselham o uso de cores escuras, preferencialmente preto, enquanto [Perera et al. 2012] afirmam ser melhor evitar cores escuras ao fundo. Também há conflitos quanto ao uso de fonte com ou sem serifa: autores de [Othman et al. 2019] indicam a fonte com serifa enquanto [Shaban and Pearson 2019], sem serifa.

Essas contradições podem, em geral, ser contornadas ao se possibilitar a personalização de configurações pelo usuário, não apenas para os itens triviais como cores e fontes, mas também para formas de animação (por exemplo, poder removê-las) e diferentes camadas de sons no jogo com ajustes independentes (música de fundo, sons motivacionais ou de *feedback*).

4.4. Critérios que Visam o Desenho Universal

Explicitamente, o conceito de desenho universal foi citado por apenas 7,9% (n=5) dos trabalhos. Por esse motivo, para responder a **RQ4**, que delimita como os conceitos de desenho universal foram abordados, foi adotado o critério de também selecionar os trabalhos que consideravam mais de uma deficiência por vez ou atender a pessoas com e sem deficiência, já que o desenho universal objetiva o que pode ser usado por todos.

O levantamento contabilizou 42,9% (n=27) trabalhos assim classificados, sendo 15,9% (n=10) artigos do mapeamento nacional e 27,0% (n=17) do mapeamento internacional. Proporcionalmente o conceito de desenho universal foi mais abordado em artigos nacionais (50,0%, n=10) do que nos internacionais (39,5%, n=17).

Os critérios advindos da análise do desenho universal podem ser encontrados nas Tabelas 4 e 5 (categoria *Aesthetics*), na Tabela 6 (*Mechanics*) e na Tabela 7 (*Dynamics*). Nas Tabelas 4 a 7, em Deficiência, **V**, **A**, **I**, **T**, **F** e **DU** referem-se, respectivamente, à deficiência visual, auditiva, intelectual, transtorno do espectro autista, deficiência física e desenho universal (ou múltiplas deficiências ou que também visam pessoas sem deficiência); Referências **ind.**, **imp.** e **PcD** contabilizam os trabalhos que indicam os critérios, que apresentam exemplos de implementação e que testaram com PcD. Nessas tabelas, os itens assinalados com 'x' referem-se aos critérios que atendem a determinada deficiência. Os itens em branco podem possuir dois significados: (i) o critério não atende a determinada deficiência; ou (ii) o critério não foi apontado por nenhum dos trabalhos analisados, ou seja, ele pode atender a deficiência, porém não foi explicitado nos estudos.

É notório que as recomendações encontradas nos trabalhos foram mais numerosas dentro da categoria *Aesthetics* do que em *Mechanics* e *Dynamics*. Essa tendência pode indicar maior preocupação em tornar as interfaces acessíveis, porém com menor atenção às questões da mecânica e dinâmica que influenciam na jogabilidade. Isto pode ocorrer dada a influência de diretrizes de acessibilidade da *web*, que orientam a construção de interfaces acessíveis, porém com ênfase em conteúdos estáticos, o que não é o caso dos jogos. Um outro fato que pode tornar mais complexa a elaboração de critérios para a categoria *Mechanics* é a particularidade da mecânica de cada jogo, específica ao funcionamento e componentes implementados no jogo, que não podem ser considerados de forma genérica para todos os tipos de jogos. Por exemplo, um jogo do gênero *Quiz*, com conteúdo e interface (*Aesthetics*) acessíveis (e.g. com informações claras e objetivas, cores adequadas, leitura de tela), pode pecar em questões de *Dynamics*, como redução de restrições, e impedir que o jogador compreenda ou responda as questões a tempo.

Portanto, é essencial para a construção de um jogo acessível que as três categorias de MDA sejam igualmente consideradas. O planejamento das interações dinâmicas do jogo, comportamento em tempo de execução e as opções de configurações precisam corresponder às necessidades das PcD.

4.5. Limitações do Mapeamento

Dentre os trabalhos selecionados, poucos atendem deficiência física, por conta do critério de exclusão (5) que removeu aqueles que exigem aparatos extras para se jogar. Vários trabalhos que visam deficiência física lidam com adaptações de *hardware*, como modificação de *switches*, *joysticks* ou uso de outros artefatos.

Tabela 4. Critérios apontados em trabalhos que intencionam atender a requisitos do desenho universal na categoria *Aesthetics*

Grupo	Critério (Checklist)	Deficiência						Referências		
		V	A	I	T	F	DU	ind.	imp.	PcD
Design	Utilizar imagens/figuras com maior definição e nitidez						x	1	0	1
	Utilizar recursos multimídias (áudios, vídeos e animações)			x	x		x	1	1	1
	Associar contexto do jogo com realidade do jogador			x	x	x	x	1	0	0
Cores	Garantir bom contraste, inclusive para pessoas com daltonismo	x	x	x	x		x	6	5	4
	Fornecer personalização de cores	x		x	x	x	x	2	3	1
	Prover personalização de contraste (incluindo modo de alto contraste)	x					x	6	4	3
	Não abusar da quantidade de cores			x	x		x	2	1	2
	Evitar cores escuras ao fundo (preto, vermelho, etc.)			x	x		x	1	1	1
Áudio, imersão e localização espacial por meio do som	Realizar um design sonoro e de múltiplos sons adequados, permitindo maior imersão	x					x	4	3	3
	Usar efeitos sonoros especiais (som binaural, sonar, GPS sonoro, etc.)	x					x	3	2	2
	Diferentes timbres para indicar ações diferentes no jogo	x					x	1	1	1
	Fornecer controle separado para os diferentes tipos de áudio do jogo	x					x	1	1	1
Objetos interativos	Destacar objetos de interação	x					x	2	1	1
Múltiplas formas de feedback	Utilizar o feedback como reforço positivo/negativo (instantâneo)	x	x	x	x		x	4	4	5
	Fornecer feedback textual	x	x	x			x	2	2	1
	Fornecer suporte a linguagem de sinais (intérprete ou avatar) (contínua e animada)		x	x			x	1	2	2
	Fornecer feedback auditivo (após acerto, erro, interações)	x		x	x		x	12	12	11
	Fornecer feedback tátil	x					x	2	1	0
	Fornecer feedback visual	x	x	x	x	x	x	5	5	5
Descrição de elementos textuais e de cenários e síntese de voz	Suportar leitura dos textos do jogo por sintetizador de voz	x		x	x		x	10	10	9
	Oferecer opção para desligar a leitura de tela				x		x	1	1	1
	Suportar reconhecimento e comandos por voz	x					x	3	1	1
	Permitir ajuste de velocidade de leitura de texto por voz	x					x	1	1	1
Legendas	Utilizar legendas		x	x			x	1	1	1
Adequação dos textos e botões, com relação ao tamanho, fonte e cor	Usar fontes (tamanho mínimo 18) e botões grandes	x	x	x	x		x	4	3	3
	Fornecer opção de customizar a fonte (espaçamento, tamanho, cor)	x	x		x	x	x	3	2	2
	Utilizar fontes de texto sem serifa						x	1	0	0
	Garantir que os textos sejam “plain” (simples, sem formatações)	x	x	x			x	1	1	0
	Evitar ambiguidade nos textos			x	x		x	1	1	1

Tabela 5. Continuação de critérios na categoria *Aesthetics*

Grupo	Critério	Deficiência						Referências		
		V	A	I	T	F	DU	ind.	imp.	PcD
Animações	Fornecer animações simples com relação à clareza, velocidade e quantidade de movimentos						x	1	0	1
Apresentação das informações	Garantir velocidade apropriada ao apresentar	x	x	x	x	x	x	2	2	1
	Ter interface limpa, clara e consistente para evitar dispersar a atenção do usuário e facilitar a boa interação	x	x	x	x		x	3	2	2
	Apresentar informações cruciais numa linguagem clara e objetiva	x	x	x	x	x	x	4	4	3
	Garantir que as informações não sejam transmitidas apenas por cores	x	x	x			x	1	1	0

Tabela 6. Critérios apontados em trabalhos que intencionam atender a requisitos do desenho universal na categoria *Mechanics*

Grupo	Critério	Deficiência						Referências		
		V	A	I	T	F	DU	ind.	imp.	PcD
Redução de restrições	Reduzir ou retirar restrições ou aumentar o limite de tempo			x			x	1	0	1
Simplicidade e controle sobre as ações	Fornecer recursos de retomar atividades (pausar e salvar)	x	x	x		x	x	1	2	2
	Permitir repetição de perguntas	x					x	1	0	0
Clareza nos objetivos	Fornecer desafios claros			x	x		x	1	1	1
	Usar conhecimentos prévios nas jogadas seguintes			x	x		x	1	1	1

Alguns critérios foram removidos das tabelas, após análise detalhada, por alguns motivos: (i) falta de clareza e justificativa dos autores que indicaram o critério (por exemplo: “Suportar o modo *sandbox*” [Jaramillo-Alcázar et al. 2017], que se tornou pouco útil sem uma explicação adicional); (ii) recomendações que não se encaixaram em nenhuma das categorias do *framework* MDA, isso inclui critérios pedagógicos, como no caso “Usar língua de sinais letra por letra para ensinar ortografia” [Shivshwan et al. 2016].

Note que os critérios apresentados nas Tabelas 4 a 7 foram extraídos também de trabalhos que retratam mais que uma deficiência por vez, ou o público-alvo é formado por pessoas com e sem deficiência, como mencionado na seção anterior. Isto significa que essas tabelas não esgotam todos os critérios necessários para se chegar ao desenho universal. Ainda que as tabelas possam ser usadas como *checklists*, elas não substituem todo o processo de desenho universal requerido na concepção de um jogo acessível.

É importante citar que o protocolo adotado para realizar o mapeamento impõe algumas restrições: (i) há limitações na busca automática, pois as bases e os termos escolhidos podem não ter alcançado toda a diversidade de trabalhos relacionados com o tema; (ii) o critério único de inclusão está relacionado com a apresentação dos critérios de acessibilidade de maneira explícita, por exemplo por meio de tabela ou seção; dessa forma, trabalhos que apontam critérios de forma mais velada podem não ter sido selecionados.

Tabela 7. Critérios apontados em trabalhos que intencionam atender a requisitos do desenho universal na categoria *Dynamics*

Grupo	Critério	Deficiência						Referências		
		V	A	I	T	F	DU	ind.	imp.	PcD
Especificidades etárias, níveis de dificuldade e sistema de ajuda	Prover diferentes níveis de dificuldade	x	x	x	x		x	4	5	3
	Aumentar progressivamente o nível da dificuldade do jogo	x	x	x	x		x	3	3	2
	Fornecer ajuda após um tempo sem interação do usuário						x	1	0	1
	Prover sistema de ajuda e permitir seu acesso a qualquer momento	x	x	x	x		x	3	2	3
	Fornecer dicas que auxiliem na resolução dos problemas			x			x	1	1	1
	Oferecer tutoriais e instruções	x	x	x	x	x	x	2	2	2
Saída de dados	Permitir que o jogador possa verificar resultados/status a qualquer momento	x		x			x	2	2	2
	Fornecer um sistema de recompensas (com insígnias/conquistas)		x	x	x	x	x	1	0	0
Entrada de dados	Permitir diferentes meios de entrada de dados (teclado, mouse, voz, touch, etc.)	x	x	x		x	x	7	6	6
	Evitar movimentos do tipo <i>swipe</i> (dispositivos móveis)						x	1	0	0
	Ter teclado virtual braille (disp. móveis)	x					x	1	1	1
	Oferecer guias e tutoriais de entrada	x		x			x	2	2	2
	Ter comandos simples, claros, previsíveis	x		x	x		x	2	2	2
Configurações	Prover compatibilidade com tecnologias assistivas (leitores de telas, zoom, etc)	x	x	x			x	1	1	0
Dispositivos	Prover suporte a diferentes dispositivos (computador, disp. móveis, etc.)						x	1	1	1

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este trabalho categorizou critérios de acessibilidade para o desenvolvimento de jogos educacionais digitais, de acordo com o *framework* MDA, com base em um mapeamento sistemático da literatura. Foram destacados critérios contraditórios, indicações para desenho universal e participação de PcD em etapas de desenvolvimento de jogos. É salientada a baixa participação de PcD no processo de levantamento de critérios e baixo uso do processo de *design* participativo com PcDs. As pessoas com deficiência têm participado mais nas etapas de avaliação, quando as decisões de projeto já foram tomadas em grande parte. Por fim, ressalta-se a importância de se atentar aos aspectos de *Mechanics* e *Dynamics* (não somente *Aesthetics*) do *framework* MDA, pois também possuem papel fundamental na construção de jogos acessíveis.

Como trabalhos futuros pretende-se, a partir desse compilado, validar os critérios com especialistas e realizar complementações e comparações com os diferentes conjuntos de recomendações e diretrizes de acessibilidade para jogos existentes, como a *Game Accessibility Guidelines (GAG)* [GAG 2012] e a *EduGameAccess* [Fontoura Junior 2018], por exemplo. Por fim, pretende-se validar os critérios com o desenvolvimento de um novo jogo educacional que seja acessível a PcD seguindo o desenho universal.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes pelo apoio financeiro ao trabalho.

Referências

- Aguado-Delgado, J., Gutierrez-Martinez, J.-M., Hilera, J. R., de Marcos, L., and Otón, S. (2020). Accessibility in video games: a systematic review. *Universal Access in the Information Society*, 19(1):169–193.
- Brasil (2015). 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] República Federativa do Brasil*.
- Fiatcoski, D. and Góes, A. (2021). Desenho universal para aprendizagem e tecnologias digitais na educação matemática inclusiva. *Revista Educação Especial*, 34(0):13–1–24.
- Fontoura Junior, P. H. F. (2018). Recomendações para o desenvolvimento de jogos educacionais: aspectos para a inclusão de pessoas com deficiência visual. Master's thesis, Universidade Federal de São Carlos, Brazil.
- GAG (2012). Game accessibility guidelines. Disponível em: <http://gameaccessibilityguidelines.com/> Acesso em: 15 jul de 2021.
- Hunicke, R., LeBlanc, M., and Zubek, R. (2004). Mda: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*, volume 4, page 1722. San Jose, CA.
- Jaramillo-Alcázar, A., Luján-Mora, S., and Salvador-Ullauri, L. (2017). Accessibility assessment of mobile serious games for people with cognitive impairments. In *2017 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, pages 323–328. IEEE.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26.
- Lopez-Basterretxea, A., Mendez-Zorrilla, A., Garcia-Zapirain, B., Madariaga-Ortuzar, A., and Lazcano-Quintana, I. (2014). Serious games to promote independent living for intellectually disabled people: Starting with shopping. In *2014 Computer Games: AI, Animation, Mobile, Multimedia, Educational and Serious Games (CGAMES)*, pages 1–4. IEEE.
- Marinho, F., Souza, F., Lima, G., Orleans, L., Pletsch, M., Marin, M., Goulart, M., and Braun, P. (2018). Desenho universal para a aprendizagem: criação e validação de um livro digital acessível. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 29(1):1878.
- Muller, M. J., Haslwanter, J. H., and Dayton, T. (1997). Chapter 11 - participatory practices in the software lifecycle. In Helander, M. G., Landauer, T. K., and Prabhu, P. V., editors, *Handbook of Human-Computer Interaction (Second Edition)*, pages 255–297. North-Holland, Amsterdam, second edition edition.
- Othman, N. I., Zin, N. A. M., and Mohamed, H. (2019). Accessibility requirements in serious games for low vision children. In *2019 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, pages 624–630. IEEE.
- Perera, N. T., Wijerathne, I. S., Wijesooriya, M. M., Dharmarathne, A., and Weerasinghe, A. (2012). Ict based education for students with special educational needs in sri lanka.

- In *International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer2012)*, pages 156–164. IEEE.
- Salvador-Ullauri, L., Acosta-Vargas, P., and Luján-Mora, S. (2020). Web-based serious games and accessibility: A systematic literature review. *Applied Sciences*, 10(21):7859.
- Shaban, A. and Pearson, E. (2019). A learning design framework to support children with learning disabilities incorporating gamification techniques. In *Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–6.
- Shivshwan, K., Wang, C.-J., and Pongnumkul, S. (2016). Exploring the design and evaluation of an educational game for deaf and hard-of-hearing students in thailand. In *Proceedings of the International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology*, pages 1–4.
- Souza, F. F., Paula, M. M., Ramos, A. C., and Souza, M. M. (2010). Necessidades educativas especiais: construção de jogos para apoiar o aprendizado. In *Proceedings do IX Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment-SBGames*, volume 9.
- Torrente, J., Blanco, Á. d., Serrano Laguna, Á., Vallejo Pinto, J. Á., Moreno Ger, P., and Fernández Manjón, B. (2014). Towards a low cost adaptation of educational games for people with disabilities. *Computer Science and Information Systems*, 11(1):369–391.
- Torrente, J., del Blanco, Á., Serrano-Laguna, Á., Vallejo-Pinto, J. Á., Moreno-Ger, P., and Fernández-Manjón, B. (2012). Towards universal game development in education: Automatic and semiautomatic methodologies. In *International Conference on Web-Based Learning*, volume 7558 LNCS, pages 160–169.
- Tsikinas, S. and Xinogalos, S. (2018). Designing effective serious games for people with intellectual disabilities. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 1896–1903. IEEE.
- Yuan, B., Folmer, E., and Harris, F. C. (2011). Game accessibility: a survey. *Universal Access in the information Society*, 10(1):81–100.