

## Avaliação de Usabilidade de Jogos Educacionais para pessoas com a Síndrome de Williams-Beuren

**Title:** *Evaluation of the use of digital educational games for Williams-Beuren syndrome*

**Título:** *Evaluación de usabilidad de juegos educativos para personas con síndrome de Williams-Beuren*

Raphael Franklin Fontes de  
Oliveira  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
ORCID: [0009-0004-0370-6882](https://orcid.org/0009-0004-0370-6882)  
[raphaelfranklinfo@gmail.com](mailto:raphaelfranklinfo@gmail.com)

Fernando Antônio Aires Lins  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
ORCID: [0000-0002-4007-3891](https://orcid.org/0000-0002-4007-3891)  
[fernandoaires@ufrpe.br](mailto:fernandoaires@ufrpe.br)

Jorge da Silva Correia Neto  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
ORCID: [0000-0001-9977-1267](https://orcid.org/0000-0001-9977-1267)  
[jorgecorreianeto@gmail.com](mailto:jorgecorreianeto@gmail.com)

### Resumo

A síndrome de Williams-Beuren (SWB) é uma síndrome rara, que se caracteriza por diferentes graus de deficiência intelectual, tais como, dificuldades para armazenar, acessar, manipular, reorganizar e utilizar informações quando necessário. Este conjunto de particularidades provocam obstáculos para a aprendizagem, principalmente da matemática. Diante desses problemas, os jogos educacionais digitais (JED) surgem no processo de ensino-aprendizagem (PEA) como uma ferramenta potencializadora que pode promover a inclusão destes indivíduos na sociedade, facilitando seu desenvolvimento intelectual. Mas, para que esses jogos venham a engajá-los efetivamente, gerando um PEA rico e formativo, é necessário que sua usabilidade seja minuciosamente estudada. Sendo assim, esta pesquisa busca definir um conjunto de recomendações de usabilidade para JED destinados a pessoas com a Síndrome de Williams-Beuren. Para tanto, o SoundMath foi desenvolvido e logo após avaliado, por especialistas, utilizando heurísticas de usabilidade. O conjunto Avaliação Heurística para Jogos Educacionais Digitais (AHJED) foi aplicado pelos avaliadores individualmente e, posteriormente, foram debatidas as conclusões por webconferência. Em seguida, um grupo com pessoas que possuem a SWB (e seus responsáveis) realizou um teste de usabilidade do SoundMath, teste este que foi gravado e analisado. Vários aspectos da implementação ficaram aquém dos requisitos para que os usuários pudessem se engajar no jogo. Contudo, sete aspectos positivos foram transformados em recomendações. O estudo desenvolveu o JED concebido por Menezes (2017), realizou avaliações de usabilidade e atestou que alterações precisam ser realizadas. A partir da experiência adquirida durante o processo, um conjunto de recomendações de usabilidade foi definido, visando auxiliar o desenvolvimento de JED para pessoas com a SWB.

**Palavras-Chave:** Jogos educacionais digitais; Usabilidade de jogos; Heurísticas; Jogos sérios para Síndrome de Williams-Beuren.

### Abstract

Williams-Beuren syndrome (SWB) is a rare syndrome characterized by different degrees of intellectual disability, such as difficulties in storing, accessing, manipulating, reorganizing and using information when necessary. This set of particularities causes obstacles to learning, especially in mathematics. Faced with these problems, digital educational games (JED) appear in the teaching-learning process (PEA) as an enhancing tool that can promote the inclusion of these individuals in society, facilitating their intellectual development. But, for these games to effectively engage them, generating a rich and formative PEA, its usability needs to be carefully studied. Therefore, this research seeks to define a set of usability recommendations for JED aimed at people with Williams-Beuren Syndrome. Therefore, SoundMath was developed and soon after evaluated by experts, using usability heuristics. The set Heuristic Evaluation for Digital Educational Games (AHJED) was applied by the evaluators individually and, later, the conclusions were debated by web conference. Then, a group of people with SWB (and their guardians) carried out a SoundMath usability test, which was recorded and analyzed. Several aspects of the implementation fell short of requirements for users to be able to engage in the game. However, seven positive aspects were turned into

Cite as: Oliveira, R. F. F., Lins, F. A. A. & Correia-Neto, J. S. (2024). Avaliação de Usabilidade de Jogos Educacionais para pessoas com a Síndrome de Williams-Beuren. *Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE*, 32, 181-212. <https://doi.org/10.5753/rbie.2024.2452>

recommendations. The study developed the JED conceived by Menezes (2017), carried out usability assessments and attested that changes need to be made to the game. From the experience acquired during the process, a set of usability recommendations was defined, aiming to help the development of JED for people with SWB.

**Keywords:** Digital educational games; Game usability; Heuristics; Serious games for Williams-Beuren Syndrome.

## Resumen

El síndrome de Williams-Beuren (SWB) es un síndrome poco común, que se caracteriza por diferentes grados de discapacidad intelectual, como dificultades para almacenar, acceder, manipular, reorganizar y utilizar la información cuando sea necesario. Este conjunto de particularidades provoca obstáculos al aprendizaje, especialmente a las matemáticas. Ante estos problemas, los juegos educativos digitales (JED) surgen en el proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) como una herramienta potenciadora que puede promover la inclusión de estos individuos en la sociedad, facilitando su desarrollo intelectual. Sin embargo, para que estos juegos los involucren efectivamente, generando un PEA rico y formativo, se debe estudiar a fondo su usabilidad. Por ello, esta investigación busca definir un conjunto de recomendaciones de usabilidad para JED dirigidas a personas con Síndrome de Williams-Beuren. Para ello, SoundMath fue desarrollado y luego evaluado por expertos, utilizando heurísticas de usabilidad. El conjunto de Evaluación Heurística para Juegos Educativos Digitales (AHJED) fue aplicado por los evaluadores de forma individual y, posteriormente, las conclusiones fueron discutidas vía conferencia web. Luego, un grupo de personas con SWB (y sus tutores) realizaron una prueba de usabilidad de SoundMath, que fue grabada y analizada. Varios aspectos de la implementación no cumplieron con los requisitos para que los usuarios participaran en el juego. Sin embargo, siete aspectos positivos se transformaron en recomendaciones. El estudio desarrolló el JED diseñado por Menezes (2017), realizó evaluaciones de usabilidad y confirmó que era necesario realizar cambios. A partir de la experiencia adquirida durante el proceso, se definió un conjunto de recomendaciones de usabilidad con el objetivo de ayudar al desarrollo de JED para personas con WBS.

**Palabras clave:** Juegos educativos digitales; Usabilidad del juego; Heurística; Juegos serios para el síndrome de Williams-Beuren.

## 1 Introdução

A Síndrome de Williams-Beuren (SWB) é uma síndrome rara, com incidência maior em 1: 13 700 a 1: 25 000 (ABSW, 2021), o que significa dizer que entre 13.700 a 25.000 crianças nascidas vivas no contexto mundial, apenas 1 possuirá a síndrome. Dentre outros desdobramentos, essas pessoas possuem graus variados de deficiência intelectual, apresentando dificuldades cognitivas relacionados à aprendizagem, ao raciocínio e à solução de problemas (BRUNONI, 2015; BELLUGI *et al.*, 1999).

O fenótipo dessa síndrome envolve prejuízo visuo-construtivo e da reprodução viso espacial (desenho não-guiado), apresentando como resultado desenhos pobres em formas e incoerentes com a realidade (BELLUGI *et al.*, 1999). Além disso, se por um lado as pessoas com a SWB são sociáveis e com bom desenvolvimento da linguagem, por outro lado apresentam profundos *déficits* de funcionamento cognitivo global e viso espacial, conferindo a esta síndrome um perfil neuro-cognitivo peculiar, também conhecido como “picos e vales” (BELLUGI *et al.*, 2000; BELLUGI *et al.*, 1999).

Devido a isso, uma das principais dificuldades enfrentadas por essas pessoas está relacionada à aprendizagem da matemática. Udwin, Davies e Howlin (1996) relataram em seus estudos que essas dificuldades envolvem desde executar operações simples, como contar dinheiro e cozinhar utilizando receitas, até estimar quantidades e medidas, fato que condiciona um grave obstáculo à sua autonomia.

Com estes *déficits*, essas pessoas necessitam de uma abordagem personalizada no processo de ensino-aprendizagem (PEA), o que pode incluir os jogos educacionais digitais (JED), como propôs Menezes (2017) na prototipação de um jogo sério (que visam o ensino) para aprendizagem de aritmética básica por pessoas com a SWB, denominado SoundMath. Funcionando como uma ferramenta de apoio aos PEA, os JED ampliam a motivação e a capacidade de superação destas pessoas (GRIFFITS, 2002; RODRIGUES; RIVERO; BERTALIA, 2011).

Contudo, a primeira presidente da Associação Brasileira da Síndrome de Williams (ABSW), Jô Nunes (2020), afirma que até o presente momento não existem JED específicos para pessoas com a SWB. Visto que, os jogos educacionais de uso geral não atendem as necessidades deste público devido a características peculiares, especialmente hipersensibilidade ao som, facilidade emocional, leitura de palavras em caixa alta (devido a dificuldade de visão) e intolerância à frustração (MENEZES, 2017).

Dadas essas características peculiares desse público, para que um JED possa engajar os usuários e efetivamente gerar um PEA rico e formativo, é preciso que sua usabilidade seja pensada com atenção (GURGEL *et al.*, 2006), especialmente no contexto da matemática, que é uma das principais dificuldades enfrentadas por essas pessoas (BELLUGI *et al.*, 1999); UDWIN; DAVIES; HOWLIN, 1996), e pelo fato de não existirem jogos desenvolvidos para pessoas com a SWB (NUNES, 2020) que possam servir de exemplo para a construção de novos JED.

Dentre as formas utilizadas para avaliar a usabilidade, as heurísticas de usabilidade, que correspondem a princípios gerais para o desenvolvimento de um projeto de interface, são amplamente utilizadas (PREECE, 2005). Entre os conjuntos de heurísticas destinados a avaliar os JED, destacam-se o *Playability Heuristic Evaluation for Educational Computer Games* (PHEG), o *Heuristic Evaluation for Digital Educational Games* (HEDEG) e a Avaliação Heurística para Jogos Educacionais Digitais (AHJED). Ademais, como concluíram Vieira *et al.* (2019), o campo das heurísticas para jogos educacionais digitais, ainda é pouco explorado, com raras avaliações específicas validadas, sendo necessário fomentar essa área de pesquisa.

Assim, o presente estudo aborda o processo de desenvolvimento e avaliação de usabilidade do jogo SoundMath, concebido por Menezes (2017), sendo a análise de usabilidade feita primeiramente pelo pesquisador e especialistas e depois pelas pessoas com SWB. Esse processo tem o intuito de contribuir para melhorias no jogo, visando também, definir um conjunto de recomendações para JED destinados a pessoas com a Síndrome de Williams-Beuren, sendo isto feito, através da experiência adquirida no decorrer da pesquisa. Para fundamentar tais abordagens, também será apresentado o percurso trilhado no desenvolvimento do jogo, que utilizou a abordagem Scrum, definida por Rubin (2018) como uma metodologia ágil para o desenvolvimento de produtos e serviços inovativos.

Em termos de contribuição acadêmica, esta investigação traz aporte para os estudos de Interface Humano-Computador (IHC), especificamente quanto ao conjunto de recomendações para o desenvolvimento de jogos educacionais com interfaces mais agradáveis e úteis para os usuários. Além disso, contribui para construção de um PEA rico e formativo através do uso de JED para pessoas com SWB, pois vale ressaltar a importância de um estudo que contribua especificamente nessa área, dada a já mencionada precariedade. Também trará uma colaboração social, pois implementa um JED para uma comunidade tão carente desse tipo de ferramenta.

## 2 Referencial Teórico

Esta seção apresenta os principais conceitos e terminologias necessárias para a compreensão deste estudo.

### 2.1 Síndrome de Williams-Beuren

Os primeiros estudos sobre esta síndrome foram feitos por Williams *et al.* (1961). No ano seguinte, Beuren *et al.* (1962), através de novas pesquisas, descobrem outras características que passaram a integrar o fenótipo da síndrome, fato que deu origem ao nome atual.

Somente em 1993 a verdadeira causa da SWB ficou conhecida, quando a geneticista Amanda K. Ewart comprovou que as alterações ocorridas nos indivíduos nada têm a ver com a exposição do feto a altas doses de vitamina D, como se acreditava, mas a fatores genéticos ocorridos devido a uma microdeleção do cromossomo 7. No entanto, mesmo sendo genética, não significa necessariamente que seja hereditária, pois essa mutação ocorre de forma aleatória e com alto grau de raridade (BRUNONI, 2015).

Com incidência estimada de 1: 13 700 a 1: 25 000 (ABSW, 2021), e baixa reincidência familiar (TEIXEIRA *et al.*, 2010), o fenótipo inclui um aspecto facial típico identificado por bochechas salientes, narinas inclinadas para frente, nariz alongado, saliências na face e boca grande com lábios volumosos (ROSSI; MORETTI-FERREIRA; GIACHETI, 2006). Além disso, o perfil cognitivo desses indivíduos é conhecido como “picos e vales”, devido à boa sociabilização e desenvolvimento da linguagem, contrastando com os aspectos sintático-pragmáticos, que variam de acordo com o nível de deficiência intelectual (LIMA *et al.*, 2012).

Essas características também se estendem a dificuldades no planejamento, controle e condução do próprio comportamento e *déficits* em habilidades de memória de trabalho (dificuldades para armazenar, acessar, manipular, reorganizar e utilizar informações quando necessário) (LIMA *et al.*, 2012). Ainda no campo cognitivo, também é comum apresentarem falta de atenção, ansiedade, depressão e hiperatividade que, quando associados, trazem dificuldades no contexto escolar (LIMA *et al.*, 2012; MORETTI-FERREIRA, 2020).

Outra particularidade importante é a hiperacusia (sensibilidade anormal aos sons do dia a dia), aliada a uma forte atração pela música. Vale ressaltar que, se bem utilizado, este interesse musical poderá ser um importante aliado na facilitação da aprendizagem escolar, pois, na intensidade adequada, a música pode ser utilizada como ferramenta no desenvolvimento da capacidade de atenção e memória dos indivíduos com SWB (MORETTI-FERREIRA, 2020).

Além destas peculiaridades, o médico neozelandês Dr. J. C. P. Williams, também pontuou em sua pesquisa, realizada nas décadas de 1950 e 1960, uma dificuldade demonstrada pelos indivíduos na realização de operações matemáticas. De acordo com ele, as pessoas com essa síndrome apresentam deficiência na compreensão de conceitos matemáticos, temporais, de distância e de velocidade (ROSSI; MORETTI-FERREIRA; GIACHETI, 2006).

Diante de tudo isso, se faz necessária uma adaptação no PEA que respeite as peculiaridades dos indivíduos, para que assim venham a ter seu aprendizado e desenvolvimento educacional garantido (BRUNONI, 2015; MENEZES 2017; TEIXEIRA *et al.*, 2010).

Em termos de diagnóstico, quando ele acontece precocemente é possível que esses aspectos cognitivos e comportamentais sejam trabalhados, podendo ser alcançados excelentes resultados. O papel da ABSW nesse contexto é muito importante, já que envolve uma comunidade de cerca de 735 pessoas com essa síndrome (ABSW, 2016; MENEZES, 2017). Para realizar o seu papel, a ABSW oferece apoio aos seus associados, orientando nos aspectos jurídicos e compartilhando experiências para o bem estar da pessoa com a síndrome e de sua família (ABSW, 2016).

Visando apoiar as iniciativas da ABSW, Menezes (2017) investigou as características e recursos que um jogo sério educacional deveria ter, de modo a ensinar aritmética básica para pessoas com a SWB. O resultado disso foi um protótipo final que contém visões e o parecer de diferentes grupos de usuários, além do respaldo da literatura científica, transformados num protótipo de jogo sério para o ensino de aritmética elementar (MENEZES, 2017).

## 2.2 Jogos Educacionais Digitais

Os jogos são um importante instrumento para desenvolver habilidades como o raciocínio lógico, solução de problemas cotidianos, comunicação e sociabilidade. Tempos atrás visto apenas como passatempo, atualmente tornou-se uma poderosa ferramenta que contribui para diversas áreas, como a medicina, a matemática e a cultura em geral (CARVALHO, 2018).

A evolução dos jogos eletrônicos permitiu o surgimento dos primeiros JED, que aos poucos ganharam relevância na educação básica através do desenvolvimento de ferramentas que contribuem para o aprendizado de forma interativa (CARVALHO, 2018). Devido ao seu caráter motivador, desafiador e com rápido *feedback* (LEMES, 2014), há evidências de que essa categoria de jogos tem crescido, como afirmam Alves e Coutinho (2016), tornando-se um ramo respeitado de tecnologias aprimoradas de aprendizagem.

Mas em relação a conceitos, o que seriam os jogos eletrônicos? Segundo Turkle (2004), são instrumentos tecnológicos que promovem a criação de mundos com suas regras, dando aos seus usuários os benefícios do seu poder de simulação. Complementando, Tavinor (2008) considera que esses jogos, representam um instrumento em um meio visual-digital, que busca promover lazer empregando um ou ambos dos seguintes modos de engajamento: jogo vinculado a regras ou ficção interativa.

No tocante aos JED, Lemes (2014) os define como uma ferramenta que possibilita o entendimento e a construção de conceitos, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades como elaboração de estratégias, tomada de decisão e raciocínio lógico, que são fatores essenciais para o ensino, principalmente da matemática. Já Silva (2009) vê essa categoria de jogos como um recurso de grande importância na aprendizagem, pois possibilita o desenvolvimento escolar de forma lúdica e prazerosa, auxiliando o professor no processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, Magagnin e Toschi (2009) afirmam que os JED, com o tempo, se tornaram uma importante ferramenta de estímulo ao desenvolvimento da criatividade do aluno, estimulando sua iniciativa e autoconfiança, ao passo que ocorre o aperfeiçoamento da linguagem, do pensamento e da concentração. No caso das pessoas que possuem deficiência intelectual (DI), a exemplo da SWB, Silva e Ferraz (2019) afirmam que esses jogos possibilitam o exercício da imaginação, socialização e interesse pelo aprendizado, permitindo aos professores a possibilidade de darem maior significado aos temas.

Contudo, vale ressaltar que, do ponto de vista tecnológico, Tezani (2006) relatava que havia pouca disponibilidade de conhecimento sobre o modo de criar jogos que sejam úteis e agradáveis à pessoa com algum grau de DI. Neves e Kanda (2016) complementam afirmando que muitos jogos educacionais aplicados a esse público não foram desenvolvidos para este tipo de usuário. Por esse motivo, muitos apresentam dificuldades na interação com o *software*, gerando desmotivação ao utilizá-lo.

## 2.3 SoundMath

O SoundMath foi idealizado por Menezes (2017), através da concepção e design interativo de um protótipo de jogo sério educacional direcionado ao ensino de aritmética elementar para pessoas com a SWB. Nesse contexto, o citado estudo buscou investigar quais características e recursos um jogo sério destinado a pessoas com a SWB deveria possuir, de modo que o protótipo concebido pudesse vir a ser utilizado como uma ferramenta lúdica de ensino da aritmética elementar, como também na melhoria das dificuldades cotidianas no emprego de números por pessoas com SWB (MENEZES, 2017).

A concepção e prototipação das interfaces do SoundMath possuem como premissa o Design de Interação. Além disso, o autor realizou um mapeamento sistemático e uma busca

manual nos principais engenhos de busca da computação que investigam o emprego de jogos para pessoas com *déficits* cognitivos, tendo sido esse trabalho alvo de outro artigo. Por meio da literatura encontrada, Menezes (2017) sintetizou as principais características a respeito das pessoas com SWB, como pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1. Características do usuário com SWB e referências sobre essas características.

Características	Descrição	Referências
<b>Aspectos Cognitivos</b>	Deficiência visuoespacial	Bellugi et. al (2000); Bellugi et. al., (1999)
	Falta de atenção	Hayashiuchi (et al., 2012); Brunoni (2015); Teixeira (2015); Bellugi et. al., (1999)
	Dificuldade de memorizar	Ampudia(2011); Brunoni (2015); Bellugi et. al., (1999)
	Dificuldade de compreensão	Jhonson (2000); Brunoni (2015); Ampudia (2011); Brunoni (2015)
	Dificuldade de aprendizado	Alonso (2011); Nunes (2016); Montgolfier-Aubron et al., (2000)
	Dificuldades matemáticas	Udwin, Daves e Howlin (1996); Nunes(2016); Bellugi et. al., (1999); Brunoni (2015); Johnson (2000)
	Organização	Teixeira (2015); Nunes (2016); Brunoni (2015); Bellugi et. al., (1999)
	Percepção	Brunoni (2015); Ampudia (2011); Brunoni (2011)
	Linguagem efetiva pobre	Teixeira (2015); Brunoni (2015)
<b>Capacidades</b>	Memória auditiva	Bellugi et. al., (1999); Martens Jungers e Steele (2011)
	Habilidades verbais	Montgolfier-Aubron et al., (2000); Brunoni (2015); Bellugi et. al., (1999)
	Perfil extrovertido e Falante	Brunoni (2015)
	Hipersociabilidade	Montgolfier-Aubron et al., (2000); Brunoni (2015); Bellugi et. al., (1999)
	Capacidade de descrição	Bellugi et. al., (1999)
	Desenvolvimento verbal	Teixeira (2015); Brunoni (2015)
	Empatia musical	Levitin e Bellugi (2006); Levitin e Bellugi (1998); Martens (2011); Martinez-Castilla e Sotillo(2008); Silva e Junior (2009); Ng (et al., 2013)
<b>Particularidades</b>	Hipersensibilidade ao som	Levitin e Bellugi (2006); Martens (2011); Martinez-Castilla e Sotillo(2008)
	Facilidade emocional	Brunoni (2015); Teixeira (2015); Sotillo e Navarro (1999)
	Leitura em caixa alta	Nunes (2016)
	Intolerância a frustração	Teixeira (2015)

Fonte: baseado em Menezes (2017).

Logo após esta etapa, também foram identificados especialistas da SWB, da pedagogia (educação inclusiva) e da interação humano-computador, com os quais foram realizadas entrevistas e um grupo focal para avaliação dos usuários finais (MENEZES, 2017).

Assim, como resultado, o referido estudo chegou a um protótipo final que contém visões e o feedback de diferentes grupos de usuários, além de todo um respaldo na literatura relacionada, refletidos em seu layout. Dessa forma, o autor pretende atender às principais necessidades e dificuldades das pessoas com SWB relacionadas com a aritmética elementar da forma mais ampla e universal possível.

Isto posto, tomando como base o estudo de Menezes (2017), a presente pesquisa desenvolveu o jogo sério SoundMath, a partir do documento de requisitos e *Game Design Document* (GDD) elaborado por Menezes (2017). Este desenvolvimento ocorreu no desenrolar do presente estudo, utilizando o motor de jogos *Unity 3D* com o banco de dados *Firestore*.

Esse jogo educacional é um quiz que tem como objetivo a aprendizagem da aritmética elementar utilizando níveis de dificuldade escalável, sendo estes dispostos em três modos: fácil, médio e difícil. Cada nível, independente da dificuldade selecionada, apresenta 5 baterias de questões referentes à operação escolhida, ou seja, se a operação for de adição, todas as questões a

serem resolvidas estarão relacionadas com esta operação. São ao todo 20 questões para cada uma das quatro operações básicas, além de uma bateria extra, proposta em forma de desafio final, contendo questões que envolvem as 4 operações de maneira aleatória (MENEZES, 2017).

No intuito de aproximar o SoundMath da realidade do usuário, alguns elementos lúdicos foram propostos por Menezes (2017) através do GDD. Entre eles encontram-se o herói “Will” (A), escolhido por ser o mascote da ABSW, portanto já conhecido entre o público alvo, e o vilão “Musitron” (B), idealizado para contracenar com o herói, apresentados na Figura 1.

Figura 1. Personagens do SoundMath.



Fonte: Reinaldo Waisman e Túlio Vidal.

O objetivo do jogo é ajudar o “Will” a encontrar o seu instrumento musical preferido, que foi roubado pelo “Musitron”, que pretende destruir o instrumento e impedir que o “Will” toque suas músicas prediletas. Para concluir com sucesso o SoundMath, o jogador precisa acumular pontos suficientes através dos acertos das questões matemáticas propostas em cada fase, e desbloquear o desafio final para derrotar o vilão “Musitron”. Após a conclusão de uma bateria de questões, o jogador receberá uma *badge* de conclusão e pontos de força para fortalecer seu herói a cada acerto, até que atinja a energia máxima e se torne apto a desafiar o “Musitron”. Após esse desafio adicional proposto no JED, o “Will” finalmente terá a oportunidade de recuperar o seu instrumento perdido e tocá-lo.

A Figura 2, mostra a tela inicial (1) proposta por Menezes (2017) que é constituída pelo botão Iniciar (A), que conduz o usuário à tela de login (2), para que ele se identifique no jogo. Em seguida, aparece o botão de Ranking (B), que direciona a uma tela que apresenta a lista dos melhores jogadores, contendo as posições, nomes e pontuações, respectivamente. O terceiro botão, Guia interativo (C), mostra uma tela (4) através da qual o usuário recebe instruções sobre os números, e possíveis associações a serem feitas para representar as quantidades (MENEZES, 2017).

Figura 2. Tela inicial, tela de login, tela de ranking e guia interativo.



Fonte: Menezes (2017).

Na Figura 3 encontra-se a tela de registro (1) e o menu de operações do SoundMath (2). A primeira, segundo Menezes (2017), foi criada para obter os dados dos usuários, principalmente as idades e consequentemente sua faixa etária. A segunda apresenta as quatro operações propostas (soma, subtração, multiplicação e divisão) mais o desafio final. Este último, o jogador só poderá acessá-lo caso consiga passar por todos os outros desafios, totalizando 20 questões (MENEZES, 2017). Segundo Menezes (2017), essa é uma característica específica do jogo, pois desperta a curiosidade do jogador, no intuito de incentivá-lo a atingir a meta final do jogo.

Figura 3. Tela de registro e de operações.

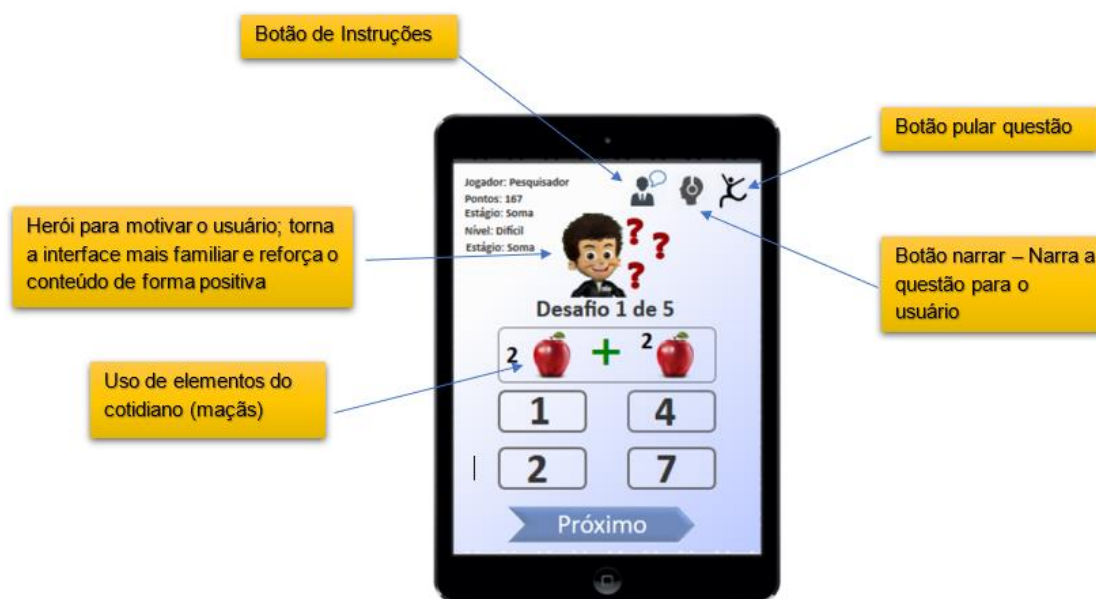


Fonte: Menezes (2017).

É importante salientar que em sua investigação, Menezes (2017) orienta que cada desafio deverá ser apresentado através de botões padronizados, pois esta especificidade cria uma espécie de “mapa mental” e ajuda o usuário a desenvolver o conteúdo proposto, característica esta que se alinha às considerações de Sprouse e Almeida (2013).

Em relação à tela de operações proposta por Menezes (2017), a mesma é composta pelos itens descritos nos balões amarelos, na Figura 4.

Figura 4. Tela de desafio.



Fonte: baseado em Menezes (2017).



## 2.4 Análise de Usabilidade de Jogos

Surgido na década de 1980, o termo usabilidade foi por diversas vezes usado para se referir à facilidade de uso de um produto, mas atualmente integra qualidades como diversão, bem-estar, eficácia coletiva, estética, criatividade e suporte para o desenvolvimento humano, entre outras (MARTINS *et al.*, 2013). Tudo isso se deve à ascensão dos serviços digitais, que acrescentou novas preocupações à interface humano-computador (IHC).

A ISO 9241-11 (2018, p. 6) conceitua usabilidade como “o quanto um sistema, produto ou serviço pode ser usado por usuários específicos para atingir objetivos especificados com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico”. Segundo Karray *et al.* (2008), relacionado aos *softwares*, este termo é caracterizado pela variedade e o grau com que as funcionalidades do sistema podem ser utilizadas com eficiência, possibilitando a execução de tarefas de forma eficaz e intuitiva. Para Nielsen (2012), refere-se aos métodos utilizados para melhorar a facilidade de utilização do *software* durante o processo de desenvolvimento.

Em relação aos jogos, usabilidade é oferecer uma experiência melhorada e mais profunda, com menos problemas, interrupções ou desafios que não fazem parte do jogo (LANYI *et al.*, 2011). Discorrendo ainda sobre o tema, os citados autores afirmam que a pesquisa de usabilidade nos jogos é semelhante à do *software* de produtividade, que é um *software* usado para produzir informações (como documentos, apresentações, planilhas, bancos de dados etc.), mas difere no fato de os pesquisadores estarem tentando tornar o jogo mais fácil de usar e mais divertido.

Pode-se dizer que uma das preocupações no desenvolvimento de jogos é não frustrar o jogador ou estabelecer dificuldades por razões erradas. Por esses motivos, na usabilidade de jogos os fatores eficiência e eficácia devem ser secundários em relação ao fator satisfação (FEDEROFF, 2002; LAITINEN, 2005). Isto por que, sem diversão o jogo se transforma em uma ferramenta enfadonha de trabalho, levando o jogador à frustração, prejudicando a principal razão que leva os mesmos a serem procurados, seu caráter motivacional (GURGEL *et al.*, 2006).

Por esse motivo Zildomar *et al.* (2020) afirma que a satisfação é um dos meios utilizados para potencializar o engajamento em jogos, principalmente quando se trata de jogos com propósito, como é o caso dos JED. Segundo os autores, verificar a satisfação do jogador pode ser um meio válido para potencializar sua experiência. As avaliações de usabilidade de ambientes educacionais são relevantes ao passo que melhoram a experiência do usuário, proporcionando também a melhoria do processo de aprendizagem (NEVES; KANDA, 2016; PREECE; ROGERS; SHARP, 2011).

Segundo Martins *et al.* (2013), existem quatro métodos principais de avaliação de usabilidade, sendo eles: teste, inquérito, experiência controlada e inspeção. Segundo os autores, os três primeiros são habitualmente usados nos modelos empíricos e baseiam-se em dados recolhidos dos usuários. Já o quarto está ligado aos modelos analíticos e baseia-se na inspeção realizada por especialistas.

Visando avaliar a usabilidade do JED desenvolvido neste trabalho, o SoundMath, foram utilizados dois dos quatro métodos elencados por Martins *et al.* (2013), sendo estes, teste e inspeção. O primeiro trata-se da observação dos usuários enquanto eles realizam as tarefas com o JED (NIELSEN, 1993), e dentro deste método aplicou-se o teste de usabilidade. Por sua vez, o segundo implica na participação de peritos para avaliar os diversos aspectos da interação do usuário com o sistema, sendo realizada a avaliação heurística por especialistas.

Dessa forma, avaliar a usabilidade dos JED é uma maneira de assegurar uma interação eficiente e satisfatória, focada nos objetivos didáticos do jogo. Um meio bastante utilizado para realizar esta avaliação é através da avaliação heurística de usabilidade, tema a ser aprofundado na próxima seção.

## 2.5 Avaliação Heurística de Usabilidade

Uma das formas de contextualizar a usabilidade se dá em termos de princípios de design. Esses princípios são provenientes de uma mescla de conhecimentos baseado em teoria, experiência e senso comum. Os princípios de design, quando usados na prática, são chamados de heurísticas e, em particular, essas heurísticas fornecem suporte para a avaliação heurística (PREECE, 2005; BARBOSA; REOLON; VON WANGENHEIM, 2017).

A avaliação heurística é um dos métodos de inspeção de usabilidade mais conhecidos e utilizados. Apoiar-se no uso de um conjunto de princípios reconhecidos de usabilidade (chamados de heurísticas) derivado de aspectos psicológicos, computacionais e sociológicos do domínio do problema, e que são capazes de guiar os avaliadores enquanto esses percorrem a interface na busca de problemas e deficiências (BARBOSA; REOLON; VON WANGENHEIM, 2017; NIELSEN, 1994; VALIATI, 2008).

O conjunto de heurísticas mais popular e comumente utilizado é o proposto por Nielsen (1994), listado no Quadro 2.

Quadro 2. Heurísticas de Usabilidade.

Heurística	Descrição
1	Visibilidade do status do sistema
2	Correspondência entre o sistema e o mundo real
3	Controle e liberdade do usuário
4	Consistência e padrões
5	Prevenção de erros
6	Reconhecer ao invés de relembrar
7	Flexibilidade e eficiência de uso
8	Estética e design minimalista
9	Auxílio ao usuário para reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros
10	Ajuda e documentação

Fonte: Nielsen (1994).

Com base nestes princípios, os avaliadores especialistas trabalham com o produto como se fossem usuários comuns, fazendo anotações dos problemas que encontram (PREECE, 2005; LATTARO, 2017). Tais problemas podem ser registrados pelos próprios avaliadores ou por um observador presente durante as sessões de teste (ou mesmo transcrevendo-se, logo após, os relatos dos avaliadores, quando registrados por câmeras de vídeo ou gravadores de áudio) (VALIATI, 2008). Em relação ao número de avaliadores, segundo Nielsen e Landauer (1993), um total de 3 a 5 especialistas podem encontrar cerca de 75% dos problemas de usabilidade, sendo este número suficiente para identificar as dificuldades de maior impacto na utilização do sistema.

Depois de concluída esta fase, feita normalmente com formulários, cada problema é analisado e lhe é atribuído um fator de severidade (gravidade), conforme o Quadro 3, proposto por Nielsen e Mack (1994). Neste processo deve-se considerar o grau de influência dos problemas sobre a realização das tarefas.

Quadro 3. Escala de severidade atribuídas em teste de avaliação heurística.

SEVERIDADE	DEFINIÇÃO
1	Problema apenas estético: não necessita ser consertado a menos que haja tempo extra disponível no projeto
2	Problema pequeno: o conserto deste problema tem baixa prioridade
3	Problema grande: é importante consertá-lo, com alta prioridade
4	Problema catastrófico: é obrigatório consertá-lo, antes do produto ser lançado

Fonte: Baseado em Nielsen e Mack (1994).

O resultado desta avaliação, normalmente, é uma lista com os problemas identificados, assim como suas respectivas severidades, número de vezes de ocorrência do problema, descrição

das heurísticas violadas e os comentários dos avaliadores sobre esses problemas. O Quadro 4, proposto por Barbosa e Silva (2010), demonstra o conjunto de atividades da avaliação heurística.

Essas heurísticas também podem ser utilizadas no desenvolvimento de jogos educacionais, avaliando e indicando possíveis melhorias de usabilidade, contribuindo para o aumento da qualidade desses jogos e possibilitando que os alunos atinjam seus objetivos de aprendizagem de forma otimizada (BARBOSA; REOLON; VON WANGENHEIM, 2017).

Quadro 4. Atividades do método de avaliação heurística.

Avaliação Heurística	
Atividade	Tarefas
Preparação	<p><i>Todos os avaliadores:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ aprendem sobre a situação atual: usuários, domínio etc.</li> <li>▪ selecionam as partes da interface que devem ser avaliadas.</li> </ul>
Coleta de dados	<p><i>Cada avaliador, individualmente:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ inspeciona a interface para identificar violações das heurísticas</li> <li>▪ lista os problemas encontrados pela inspeção, indicando local, gravidade, justificativa e recomendações de solução.</li> </ul>
Interpretação	
Consolidação dos resultados	<p><i>Todos os avaliadores:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ revisam os problemas encontrados, julgando sua relevância, gravidade, justificativa e recomendações de solução</li> <li>▪ geram um relatório consolidado</li> </ul>
Relato dos resultados	

Fonte: Barbosa e Silva (2010).

### 3 Trabalhos Relacionados

Avaliação de usabilidade é uma importante aliada para tornar os jogos educativos mais atraentes, e a avaliação heurística de usabilidade é a forma mais utilizada para se avaliar a facilidade de uso destes, como já apontavam Mohamed e Jaafar (2012).

Na atualidade, existem várias heurísticas para analisar a usabilidade dos mais diversos tipos de sistemas, mas em relação aos JED é necessário um grupo específico. Dentre os conjuntos de heurísticas existentes destinados a avaliação destes, destacam-se os seguintes: *Playability Heuristic Evaluation for Educational Computer Games* (PHEG), *Heuristic Evaluation for Digital Educational Games* (HEDEG) e a Avaliação Heurística para Jogos Educacionais Digitais (AHJED).

O processo de busca e localização destas heurísticas se deu a partir do contato com o conjunto HEDEG, apresentado por uma professora que auxiliou a presente investigação. Com base neste estudo, localizou-se o conjunto PHEG, que se encontra nos trabalhos relacionados do estudo citado. E por fim, através de uma pesquisa no Google sobre avaliações heurísticas de usabilidade para JED, o conjunto AHJED também foi encontrado. A partir daí, desenvolveu-se a pesquisa sobre cada um destes conjuntos que serão detalhados a seguir.

#### 3.1 Playability Heuristic Evaluation for Educational Computer Games

Desenvolvido por Mohamed e Jaafar (2012), esse conjunto de heurísticas, traduzido para o português como Heurísticas de Jogabilidade para Avaliação de Jogos Educacionais de Computador, procura encontrar problemas relacionados às características encontradas nos JED, listadas no Quadro 5:

Quadro 5. Categorias do Playbility Heuristic Evaluation for Educational Computer Games

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
Interface (IN)	Relacionada com os elementos que possibilitam a comunicação entre os alunos e o ambiente do jogo
Elementos educacionais (ED)	Relacionada com os elementos que permitem a construção de conhecimentos por parte dos alunos
Conteúdo (CN)	Relacionada com os elementos de conteúdo das disciplinas que os alunos irão praticar no decorrer do jogo
Jogabilidade (JG)	Consiste de elementos relacionados à experiência do jogador, durante sua interação com o jogo
Multimídia (MM)	Relacionada a elementos de multimídia do jogo, como por exemplo, sons, imagens, vídeos, entre outros

Fonte: Mohamed e Jaafar (2012).

A avaliação é feita pelo especialista em cada característica, ou seja, a categoria interface é avaliada por alguém que seja especialista em interface de sistemas. Além das heurísticas criadas, para auxiliar o processo de avaliação, os autores desenvolveram uma ferramenta conhecida como AHP\_HeGES. Essa ferramenta é um sistema *Web* que pode ser usada pelos especialistas para conduzir o processo de análise, e que está apta a atender qualquer perito das mais diversas origens e lugares do mundo (MOHAMED; JAAFAR, 2012).

Todavia, o conjunto de heurísticas proposto por Mohamed e Jaafar (2012) apresenta algumas limitações: i) as heurísticas PHEG são descritas de forma subjetiva, provocando interpretações ambíguas pelos avaliadores; ii) somente os peritos especialistas podem utilizar as heurísticas PHEG; e iii) apesar das heurísticas PHEG contemplarem características de jogabilidade, não são considerados alguns elementos importantes, como por exemplo, identidade, imersão e níveis de complexidade, entre outros (VALLE *et al.*, 2013).

### 3.2 Heuristic Evaluation for Digital Educational Games

O *Heuristic Evaluation for Digital Educational Games* (HEDEG), conjunto de heurísticas proposto por Valle *et al.* (2013), propõe melhorias ao PHEG. Essas melhorias foram implementadas de duas formas: primeiramente criando novas heurísticas que contemplem outros elementos de qualidade dos JED, que não foram apreciadas no conjunto PHEG, e logo após, adaptando algumas heurísticas PHEG, visando torná-las mais objetivas. Proporcionando uma avaliação com maior confiança por parte dos avaliadores, principalmente os não especialistas (VALLE *et al.*, 2013).

O conjunto HEDEG tem as mesmas cinco categorias propostas no PHEG. Entretanto, foram feitas as seguintes modificações em relação ao PHEG: heurísticas inéditas foram criadas a partir das experiências de especialistas, juntamente com as características elencadas por Annetta (2010), cujo estudo lista características que são essenciais para que um JED possa ser considerado de boa qualidade (VALLE *et al.*, 2013).

Contudo, conforme o estudo feito por Azevêdo, Rousy e Siebra (2018), esse conjunto de heurísticas apresenta algumas limitações, tais como: algumas heurísticas possuem sentido ambíguo ou confuso, além de possuírem outras que não são corriqueiramente aplicadas aos JED, abrindo assim uma possibilidade para que novas heurísticas sejam criadas.

### 3.3 Avaliação Heurística para Jogos Educacionais Digitais

A Avaliação Heurística para Jogos Educacionais Digitais (AHJED), apresentada por Azevêdo, Rousy e Siebra (2018), também propõe melhorias a um conjunto de heurísticas já existente, dessa vez o HEDEG. Foram feitas as seguintes modificações: inserção de novas explicações às heurísticas, para facilitar o entendimento do avaliador; alteração de heurísticas com sentido

ambíguo ou confuso; remoção de heurísticas não bem aplicadas e; adição de novas heurísticas que contemplem dimensões negligenciadas (AZEVEDO, ROUSY; SIEBRA, 2018).

Portanto, baseado nessas modificações e através de alterações e combinações dos conjuntos propostos em Mohamed e Jaafar (2012), Desurvire, Caplan e Toth (2004), Valle *et al.* (2013), Korhonen e Koivisto (2000) e Shoukry (2014), o conjunto de avaliação heurística AHJED foi elaborado.

Dessa forma, o presente conjunto é formado pelas mesmas categorias dos conjuntos mostrados anteriormente, com a adição de: i) Inteligência Artificial (IA): referente à complexidade e consistência dos desafios do jogo; ii) História do Jogo (HJ): referente à narrativa do jogo; iii) Agente Educacional (AE): relacionada aos atores ou sensores presentes no jogo que apoiarão o jogador durante a interação com o jogo (AZEVEDO; ROUSY; SIEBRA, 2018).

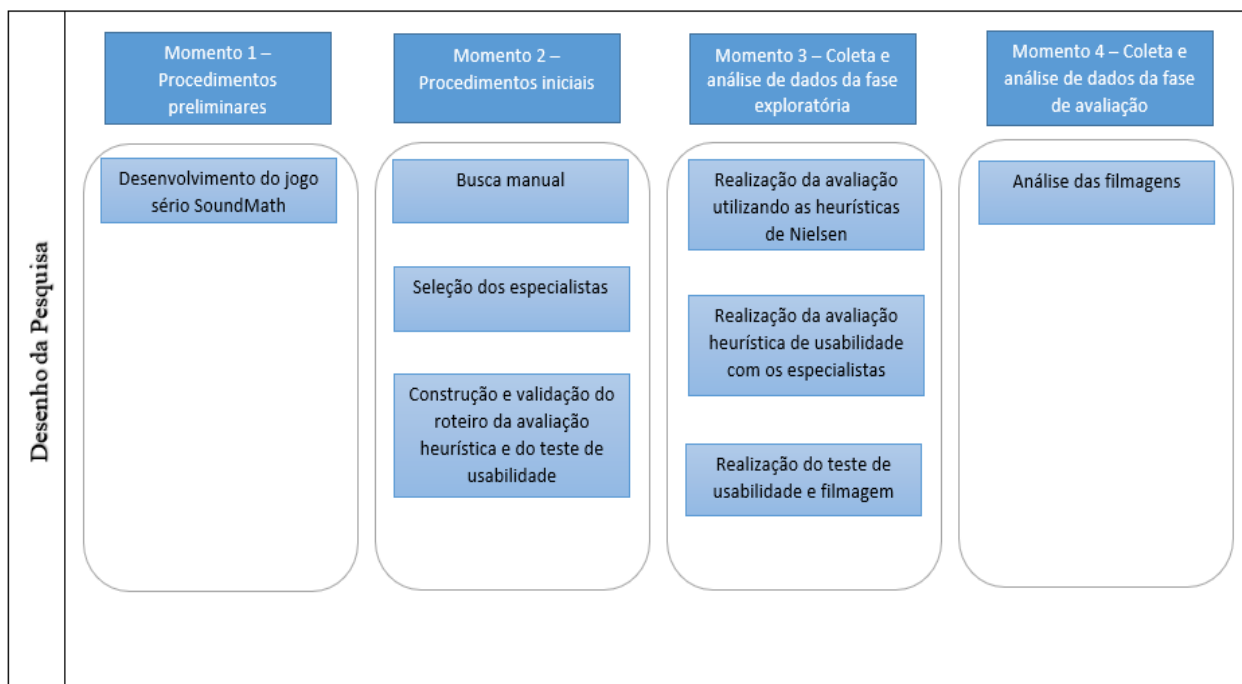
O conjunto AHJED pode ser utilizado tanto por profissionais da área de jogos como por profissionais da área de educação. Entretanto, mesmo após o experimento realizado pelos autores, não foi possível afirmar que o conjunto AHJED é melhor que o HEDEG, pois segundo os autores seria necessário realizar mais experimentos com mais especialistas na área de jogos e da área de educação.

## 4 Metodologia

### 4.1 Desenho de Pesquisa

O desenho da pesquisa tem como objetivo estruturar o plano de trabalho que será executado durante o estudo investigativo, mostrando de forma lógica e cronológica os procedimentos metodológicos utilizados. A presente pesquisa foi dividida em quatro momentos: i) procedimentos preliminares; ii) procedimentos iniciais; iii) coleta e análise de dados da fase exploratória e; iv) coleta e análise de dados da fase de avaliação.

Figura 5. Desenho de Pesquisa.



Fonte: os próprios autores.

## 4.2 Caracterização do Estudo

As pesquisas científicas podem ser classificadas como básica e aplicada. Como aponta Gil (2022), a primeira, conhecida também como pesquisa pura ou fundamental tem como objetivo central produzir conhecimentos novos e úteis para o progresso da ciência, mas sem a previsão de aplicação prática. Já a pesquisa aplicada tem como principal objetivo gerar conhecimentos para a aplicação prática dirigida à solução de problemas/objetivos específicos, ou seja, é realizada com o propósito de obter conhecimento, visando aplicá-lo a curto ou médio prazo (TUMELERO, 2019), sendo este último o propósito desta investigação.

Comumente as pesquisas são de natureza exploratória, descritiva ou explicativa (DE OLIVEIRA, 2011). Levando em conta que o objetivo central do trabalho é definir um conjunto de recomendações de usabilidade para JED destinados a pessoas com a Síndrome de Williams-Beuren, o presente estudo é uma pesquisa aplicada, de natureza exploratória que, segundo Gil (2002), visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, podendo envolver levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas experientes no problema pesquisado.

A presente pesquisa também tem natureza descritiva, pois não só relaciona as variáveis de análise central, mas também apresenta subsídios de informação que possam servir de diretrizes para ações de transformação da realidade. Para Cervo e Bervian (1983) a pesquisa de natureza descritiva é aquela que analisa, observa, registra e correlaciona aspectos (variáveis) que envolvem fatos ou fenômenos, sem manipulá-los.

Quanto à forma de abordagem do fenômeno estudado, usabilidade de JED para pessoas com SWB, a qualitativa é a mais apropriada, pois visa compreender a natureza de um fenômeno social, interpretando o sentido daquele evento (o uso de um dado JED) a partir do significado que as pessoas atribuem ao que falam e fazem (RICHARDSON, 1999).

A planificação da pesquisa inclui, em primeiro lugar, o levantamento dos dados secundários, através de pesquisa bibliográfica, para posterior contato com as fontes primárias, a fim de promover a coleta de dados em campo, e subsequente análise.

Foram aplicados os seguintes instrumentos e técnicas de pesquisa: grupo focal e filmagem. Os instrumentos de pesquisa foram aplicados de maneira planejada, com aplicação do grupo focal de forma remota, de *webconferência*, visando avaliar a usabilidade do jogo SoundMath junto a especialistas no tema. Depois, foi formado um outro grupo de pessoas com a SWB (e seus responsáveis) para a realização de um teste de usabilidade remoto, sendo efetuadas filmagens durante os testes. Estes processos de coleta de dados são detalhados a seguir.

## 4.3 Coleta e análise de dados da fase exploratória

A coleta de dados da presente pesquisa ocorreu em dois momentos, um exploratório e outro de avaliação. O exploratório buscou discutir juntamente com pesquisadores especialistas as melhorias de usabilidade do jogo sério SoundMath, desenvolvido nesta pesquisa, utilizando o conjunto de heurísticas AHJED. O número de especialistas seguiu a orientação de Nielsen e Landauer (1993), que afirma que um total de 3 a 5 especialistas podem encontrar cerca de 75% dos problemas de usabilidade. A seleção se deu através da experiência reconhecida na área do estudo de cada um deles, além da facilidade de acesso aos mesmos. Sendo assim, foram convidadas uma especialista em IHC, uma especialista em JED e uma especialista em educação inclusiva. A especialista em IHC é professora de graduação e pós da UFRPE e pesquisadora ligada à Sociedade Brasileira de Computação. A especialista em jogos é professora da UFPB e orientadora de graduação e pós nessa mesma área. A especialista em educação inclusiva é professora de graduação e pós da UFPE e líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Acessibilidade e Inclusão (GEPAI).

Ainda nesta primeira etapa, os especialistas avaliaram, individualmente, o SoundMath, fazendo suas considerações, inclusive sobre o impacto dos problemas detectados, seguindo a planilha proposta na pesquisa e utilizando o tempo que julgaram necessário. Em um segundo momento, já definida a data para a realização do grupo focal, o pesquisador discutiu com as especialistas as avaliações do grupo como um todo, buscando a consolidação dos dados levantados no primeiro momento. Essa segunda etapa demandou cerca de 2 horas.

Ao final dessas duas etapas o pesquisador conduziu a análise dos dados coletados, através das planilhas enviadas pelas avaliadoras.

#### 4.4 Coleta e análise de dados da fase de avaliação

No segundo momento houve o contato com a ABSW realizado através da página “Fale conosco” disponibilizada no site da instituição, e a obtenção da resposta diretamente no e-mail pessoal do pesquisador pelo 1º secretário. Ficou acordado que a associação faria a divulgação do jogo e encontraria os pais que se interessassem em participar com seus filhos do teste de usabilidade. Mas antes dos testes serem realizados, o projeto foi aprovado pelo comitê de ética, com CAAE: 36294020.7.0000.9547.

Para esse processo de recrutamento foi elaborado um convite em imagem e PDF, contendo o contato do pesquisador, e os pré-requisitos essenciais para participação. O mesmo foi enviado para a Associação com o intuito de ser divulgado aos responsáveis. Após isso, alguns pais entraram em contato individualmente, e receberam as informações necessárias sobre o projeto e como seria executado o teste.

Logo depois desse contato inicial foi definido um melhor momento para realização da filmagem do uso do SoundMath. Um total de 10 voluntários aceitaram participar dessa fase de avaliação.

As pessoas foram filmadas utilizando um software de videoconferência, através do próprio celular ou do celular dos pais, em que estavam jogando o SoundMath. Os vídeos foram analisados visando encontrar pontos de melhoria a serem implementados no jogo e ainda na validação dos problemas levantados pelo grupo focal, pois como apontam Machado, Ferreira e Vergara (2014), o teste de usabilidade tem como razão principal a avaliação da qualidade de interação do usuário com o sistema, visando detectar e medir os impactos sobre a interação e identificar aspectos que geram desconforto na interface.

Dessa forma, apontados todos os procedimentos realizados nesse percurso metodológico, o próximo capítulo descreve os resultados obtidos e reflete sobre os achados da pesquisa.

## 5 Resultados

### 5.1 O processo de concepção e desenvolvimento do SoundMath

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, o jogo SoundMath foi desenvolvido a partir do documento de requisitos e GDD, elaborados por Menezes (2017), utilizando *Unity 3D*, com armazenamento no *Firebase*. Foi utilizada a metodologia ágil Scrum para conduzir todo o desenvolvimento.

O desenrolar desta etapa se deu a partir do primeiro contato com o desenvolvedor do jogo, que se disponibilizou através de uma análise documental do projeto, a colocá-lo em prática. O desenvolvedor possui a assinatura “PRO” da engine *Unity 3D*, o que permite a retirada da *splash screen* com a logomarca da *Unity 3D*, acrescentando um aspecto profissional ao jogo.

Posto isto, foi dado início ao desenvolvimento do SoundMath considerando o prazo inicial de até 35 dias úteis. Para conduzir todo o processo foi criado um grupo de Whatsapp com os envolvidos na presente pesquisa, ou seja, o próprio pesquisador, o idealizador do jogo, o orientador da presente investigação e o desenvolvedor de jogos. Este grupo foi criado com o objetivo de acompanhar e revisar os *sprints*.

No decorrer desta etapa, versões do jogo foram geradas e testadas pelos envolvidos na pesquisa fazendo um *Sprint Review* com todos os resultados obtidos. Havendo a aprovação das alterações realizadas, o desenvolvedor passaria para outra etapa do projeto.

Em relação ao protótipo concebido por Menezes (2017), foi percebida a necessidade de mudança na logo (A), na busca por melhor resolução e aperfeiçoamento. A atual (B) foi redesenhada por um designer especializado e o resultado pode ser observado na Figura 6.

Figura 6. Logo antiga vs. logo nova.



Fonte: os próprios autores.

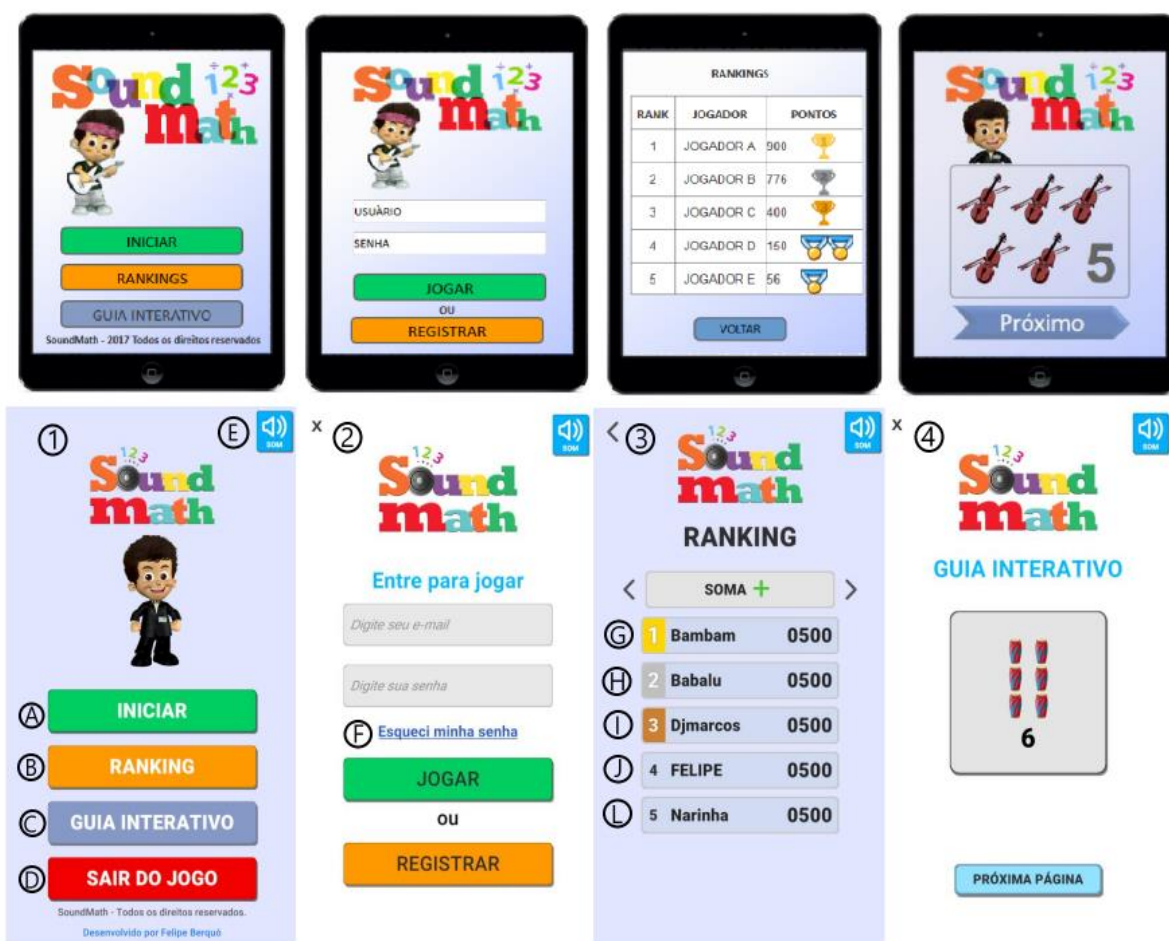
Nas imagens da Figura 7 podemos verificar como ficaram as telas iniciais comparando-as com as anteriormente propostas por Menezes (2017). Na tela inicial (1) foi acrescentado o botão Sair (D), conforme análise feita pelo pesquisador detalhada na próxima seção. Outra alteração, foi a adição do botão de controle de som (E), que dá ao usuário a opção de escolher entre ouvir o som, ou não, enquanto utiliza o jogo.

A tela de login (2) também sofreu alterações, sendo acrescentada a funcionalidade “Esqueci minha senha” (F), que envia ao *e-mail* cadastrado pelo usuário um *link* para redefinição da sua senha, caso o mesmo a tenha perdido.

Na tela de Ranking ficou definido pelos stakeholders que a mesma mostraria os cinco mais bem posicionados, sendo os três primeiros (G, H e I) destacados com as suas respectivas premiações (ouro, prata e bronze), seguidos por mais duas posições (J e L). Na tela do guia interativo não houve alterações.



Figura 7. Telas iniciais do SoundMath.



Fonte: os próprios autores.

Todas as telas foram construídas utilizando as informações obtidas do documento de requisitos do SoundMath. No Quadro 6 podem ser vistos os requisitos funcionais e não funcionais concebidos por Menezes (2017) que foram utilizados para o desenvolvimento do jogo.

Quadro 6. Requisitos funcionais e não funcionais.

Requisitos	Nome	Descrição	Prioridade
Funcional	Validação em campos de texto	A validação dos campos de texto deverá ser feita por meio de indicadores na tela através de sinalizadores em formato de exclamação, seguidos por um botão de ajuda que informa o motivo da não validade dos dados que foram inseridos. Devem-se evitar as caixas de textos informativos	Essencial
Funcional	Botões da interface em 3D e alto relevo	Os botões a serem utilizados na interface devem possuir alto relevo, e formato 3D, por darem uma melhor ideia de formato devido à deficiência visuo espacial apresentada pelos usuários	Essencial
Funcional	Cores de fundo e fontes das interfaces	As interfaces do jogo proposto deverão seguir o seguinte esquema: Cor de fundo: uma cor escura (sólida) Cores dos botões: uma cor clara	Essencial

Continua na próxima página.

Quadro 6. Requisitos funcionais e não funcionais. (Continuação da página anterior)

<b>Funcional</b>	Controles e tipos de som especiais	Devido à hipersensibilidade ao som e à sensibilidade emocional apresentadas pelos usuários com a SWB, o jogo não poderá utilizar sons que transmitam tristeza ou sentimentos deste tipo.	Essencial
<b>Funcional</b>	Personagens e elementos lúdicos	Com relação aos elementos lúdicos, para que o usuário “se enxergue” no jogo, deverão ser utilizados na construção do storytelling elementos lúdicos que façam parte do cotidiano dos usuários tais como: instrumentos musicais, palhaços, animais, bichos, brinquedos etc. Com relação aos personagens, no GDD foi criado um herói e um vilão, são eles o “Will” e o “Musitron”.	Essencial
<b>Funcional</b>	Ícones e imagens	Todos os ícones e imagens da aplicação e botões a serem utilizados deverão estar em cores claras, lúdicas e com imagens de alta definição, bem como textos alternativos de auto explicação.	Essencial
<b>Funcional</b>	Mensagens motivacionais	Para que o usuário se mantenha motivado durante o processo, é necessário que este esteja recebendo mensagens motivacionais durante os erros cometidos na execução do jogo, e que sempre sejam comemorados seus acertos. Neste sentido, ele deverá ser recompensado com troféus, medalhas e badges.	Essencial
<b>Funcional</b>	Salvar automaticamente progresso do usuário	O progresso do usuário deverá ser armazenado periodicamente a cada evolução de estágio e fases. Um botão com essa funcionalidade também deverá ser exibido, permitindo que o usuário salve seu progresso no momento em que desejar.	Essencial
<b>Funcional</b>	Carregamento automático do último progresso	O último checkpoint de progresso do usuário deverá ser carregado ao reiniciar a aplicação, ou a sua sessão	Essencial
<b>Funcional</b>	Baixa complexidade de senhas com <i>string</i> alfabética	Uma especificidade detectada em campo foi a utilização de senhas de baixa complexidade, mantendo a composição da <i>string</i> de senha formada apenas por letras	Essencial
<b>Não Funcional</b>	Execução multiplataforma	O jogo deverá ser disponibilizado nas versões web e mobile para Android e iOS	Essencial
<b>Não Funcional</b>	Divisão arquitetural do sistema em camadas para desacoplamento	O projeto deste software deverá ser fortemente orientado a baixo acoplamento e alta coesão, primando pela melhor separação de responsabilidades.	Essencial

Fonte: Menezes (2017).

## 5.2 Avaliação com as heurísticas de Nielsen

Antes de encaminhar o jogo para os avaliadores especialistas, os autores deste estudo realizaram uma análise proposta por um dos professores envolvidos na presente pesquisa utilizando as heurísticas de Nielsen (1994), detalhadas no referencial teórico deste trabalho. Esta tarefa teve como objetivo conhecer o processo de avaliação através dessas diretrizes de usabilidade, como também revelar algumas falhas encontradas no SoundMath. Por se tratar apenas de um primeiro contato na utilização de heurísticas, foi utilizado este conjunto especificamente, por ser genérico, popular e comumente utilizado.

Para realizar esta tarefa os autores fizeram uso de uma planilha, utilizaram o tempo que julgaram necessário, e anotaram as falhas encontradas com suas respectivas severidades. Visando

atender algumas heurísticas analisadas durante este primeiro teste, a fim de proporcionar maior clareza comunicativa com o usuário, foram realizadas alterações, conforme observa-se no Quadro 7.

Quadro 7. Alterações da primeira avaliação.

Heurísticas	Tela	Local	Versão inicial	Versão modificada
<b>Compatibilidade do sistema com o mundo real</b>	Login	Caixas de texto	“E-mail” e “Senha”	“Digite o seu e-mail” e “Digite a sua senha”
		Cabeçalho	*	“Entre para jogar”
		Mensagem de erro de senha	Cabeçalho: “Erro” Corpo: “Senha Incorreta”	Cabeçalho: “Atenção”; Corpo: “Senha Incorreta! Digite Novamente!”
	Registro	Caixas de texto	“E-mail” e “Senha”	“Digite o seu e-mail” e “Digite a sua senha”
	Recuperação de senha	Caixas de texto	“E-mail”	“Digite o seu e-mail”
		Texto	“Link para redefinir a sua senha será enviado para o endereço de e-mail abaixo:”	“Um link para a trocar a sua senha será enviado para o e-mail abaixo:”
Mensagem de erro de e-mail		Cabeçalho: “Erro”; Corpo: “Você deve fornecer o seu e-mail!”	Cabeçalho: “Atenção”; Corpo: “Você deve colocar o seu e-mail!”	
<b>Controle e liberdade do usuário</b>	Inicial	Menu	*	Adição do Botão “Sair do jogo”
	Desafio	*	*	Adição do Botão para sair do desafio
<b>Prevenção de erros</b>	Login	Inicial	“Esqueci minha senha” em um tamanho menor	“Esqueci minha senha” em um tamanho maior

\* Não especificado

Fonte: os próprios autores

### 5.3 Avaliação heurística por especialistas

Como proposto, buscando refletir sobre a usabilidade do SoundMath, a avaliação heurística foi realizada por especialistas, sendo uma da área de IHC, outra de JED e a terceira da área de educação inclusiva, tendo esta tarefa sido realizada em dois momentos.

O primeiro momento, realizado entre os dias 18 e 31 de agosto de 2020, consistiu na avaliação individual do jogo SoundMath, quando cada especialista avaliou o jogo com base nas heurísticas AHJED. No segundo momento, uma reunião com os três especialistas, se fez a consolidação da avaliação e as mesmas encaminharam suas conclusões particulares.

Após o término da reunião cada especialista encaminhou ao pesquisador suas conclusões particulares. Alguns dos pontos negativos destacados foram visualizados pelas três avaliadoras, como a exigência do cadastro para o uso, a falta de clareza na história do jogo e a ausência de uma interatividade maior para com os usuários. Cabe ressaltar que as especialistas consideraram estes pontos como fundamentais para o desenvolvimento de um jogo que atenda a necessidade do referido público. Acerca destas observações, destacam-se algumas falas a seguir.

Sobre a exigência do cadastro para jogar, a especialista em IHC observou: “A tela de login/cadastro é toda baseada em texto - necessita da ajuda de um adulto. Acho difícil que a criança tenha e-mail”. As demais afirmaram duvidar que o público alvo consiga ler e entender ao que se pede, confirmando o que Lima *et al.* (2012) falam sobre *déficits* no planejamento e nas habilidades de memória de trabalho, ou seja, dificuldades para armazenar, acessar, manipular, reorganizar e utilizar informações quando necessário.

No que se refere à falta de clareza na história do jogo, as especialistas de jogos e de IHC comentaram, respectivamente: “Somente no final de tudo aparece uma mensagem de que o instrumento de Will foi recuperado, mas em nenhum momento o usuário sabia desse objetivo”, e “Não há história apresentada e não há personagem”.

Nesse contexto, o uso de uma narrativa no jogo é importante, pois traz benefícios como adquirir o interesse dos jogadores, transmitir o conteúdo de forma mais interessante, gerar uma comunicação mais próxima com este e a intertextualidade com outras disciplinas, garantindo assim, um aprendizado efetivo. Sem uma narrativa interessante, os jogos não cativam por meio da identidade, ou seja, os jogadores não se comprometem com o novo mundo virtual que jogam. (GEE, 2009). Dessa forma, a utilização da história no jogo o torna mais atrativo e lúdico (SILVA; OLIVEIRA; MARTINS, 2018).

Com relação à falta de interatividade, a especialista em educação inclusiva afirma que os estímulos de revisão do conteúdo são sempre os mesmos, independentemente do tipo de operação escolhida. Em relação a isto, a especialista em jogos observa que “o guia só mostra a associação da quantidade com os algarismos, porém não explica as operações, e os *feedback* dos erros são superficiais.” Já a especialista em IHC diz que “Ao dar *feedback* sobre um erro, o exemplo sempre indica  $2+2=4$ . É bem confuso, principalmente nos estágios que não são de soma” (pode ser observado na Figura 8).

Figura 8. Feedback de erro do SoundMath.



Fonte: os próprios autores.

As especialistas em IHC e JED concluíram que o jogo SoundMath não possui todas as características mínimas de um JED, devido à falta de uma jogabilidade bem definida e de um elemento educacional mais eficiente. Segundo elas, esse *software* pode ser considerado uma aplicação *gamificada*.

Quanto à avaliação da especialista em educação inclusiva, o jogo tem um bom potencial para a aprendizagem, no entanto, deveria possibilitar ao usuário iniciar uma modalidade mais complexa sem, necessariamente, passar pelas etapas mais fáceis. Outra observação está relacionada aos estímulos, como música, imagens e revisão de conteúdo, que deveriam ser mais diversificados, possibilitando um *feedback* mais atrativo para o jogador. Pois como afirma Gee (2009), em um bom jogo as palavras e os atos são colocados em um contexto de uma relação interativa entre o jogador e o mundo, reduzindo as consequências de falhas.

A reunião do grupo focal transcorreu de forma tranquila e esclarecedora. Isto deveu-se principalmente ao fato de cada avaliadora pertencer a uma área de conhecimento específica, o que proporcionou uma avaliação individualizada do jogo, seguindo perspectivas inerentes a cada especialidade, porém complementares. Além disso, também pode ser observada a dificuldade na

utilização das heurísticas, já que, por vezes, os avaliadores não apresentavam segurança sobre onde deveriam relatar possíveis problemas encontrados no jogo. Inclusive essa insegurança também foi notada pelo pesquisador na especialista em IHC, demonstrando que as heurísticas ainda apresentam sentido dúbio quando levadas a análise dos JED.

#### 5.4 Avaliação da usabilidade do SoundMath com usuários

Visando detectar, medir os impactos sobre a interação e identificar aspectos que geram desconforto na interface, o teste de usabilidade foi realizado de acordo com o modelo GQM (*Goal Question Metric*) (BASILI; ROMBACH, 1988), conforme apresentado no Quadro 8:

Quadro 8. Objetivo do teste de usabilidade segundo GQM.

Analisar	O jogo desenvolvido
Com o propósito de	Analisar a interação das pessoas com a SWB com o SoundMath
Com respeito a	Eficiência educacional do jogo
Do ponto de vista de	Usuário
No contexto de	Jogo Educacional Digital

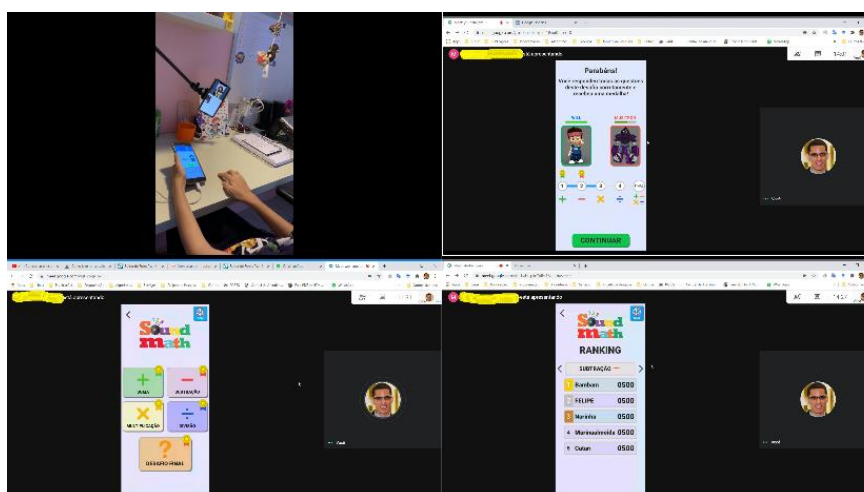
Fonte: os próprios autores.

Para desenvolver o estudo, algumas famílias foram contactadas através da ABSW e convidadas a fazerem parte voluntariamente desta pesquisa. As que se enquadraram nos pré-requisitos e se interessaram pela proposta agendaram um momento para realização do teste, que aconteceu de forma remota, utilizando o Skype ou o Google Meet, conforme a preferência dos familiares.

O pesquisador apresentou o jogo, primeiramente aos responsáveis, com o intuito de esclarecer-lhes os possíveis riscos e orientá-los, caso houvesse necessidade de uma possível intervenção. Isso seguiu as orientações do Comitê de Ética em Pesquisa. As famílias receberam esses TCLE por mensagem de WhatsApp. Após serem lidos e assinados pelo responsável ou, havendo condições, pela própria pessoa com SWB, foram devolvidos também por mensagem de texto, utilizando o mesmo canal.

Após receber aprovação do familiar para prosseguir com o teste, o próprio investigador intermediou, possuindo contato direto (virtual) com os indivíduos com SWB, e seguindo um *script*. Este estudo qualitativo contou com 10 voluntários com a SWB, com idades entre 10 e 25 anos, e seus respectivos responsáveis, que ficaram encarregados de realizar o *download* do jogo e entrar no *software* de videoconferência utilizado. A Figura 9 mostra um desses testes.

Figura 9. Teste de usabilidade do SoundMath.



Fonte: os próprios autores.

Seguindo o roteiro idealizado e validado com as pessoas envolvidas no contexto da pesquisa para a avaliação de usabilidade, os participantes deveriam efetuar a realização do cadastro, no entanto, apenas dois conseguiram finalizar esta tarefa sem a ajuda de seus responsáveis, trata-se dos usuários 1 e 3, com idades de 19 e 14 anos, respectivamente. Os demais só prosseguiram após ajuda dos responsáveis que realizaram, ou os auxiliaram, no cumprimento desta etapa. Vale ressaltar que todos demonstraram grande dificuldade na realização deste processo.

Dando prosseguimento ao teste, os indivíduos selecionaram a operação matemática, seguindo obrigatoriamente a ordem proposta pelo jogo: soma, subtração, multiplicação e divisão. Após a seleção das operações todos foram orientados pelo pesquisador a realizar o teste no nível fácil, já que, de acordo com a literatura estudada, uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos participantes, seria justamente no estudo da matemática, sendo assim, o objetivo era deixá-los o mais confortável possível.

Posteriormente, de acordo com o modelo GQM, as filmagens realizadas durante a aplicação do teste, foram analisadas de acordo com as métricas descritas no Quadro 9. Contudo, 3 das 10 gravações apresentaram problemas técnicos, inviabilizando a análise do pesquisador, justifica-se assim, a descrição de apenas 7 dos 10 voluntários.

Quadro 9. Métricas do teste de usabilidade.

Usuário	Idade	Nível	Tempo de Realização	Erros
1	19 anos	Adição	4min43s	0
		Subtração	8min07s	2
		Multiplicação	3min48s	1
		Divisão	8min25s	5
		Desafio Final	6min57s	1
		<b>TOTAL:</b>	<b>32min</b>	<b>9</b>
2	13 anos	Adição	1min1s	0
		Subtração	1min54s	2
		Multiplicação	50s	1
		Divisão	48s	5
		Desafio Final	3min7s	21
		<b>TOTAL:</b>	<b>7min43s</b>	<b>35</b>
3	14 anos	Adição	1min33s	0
		Subtração	1min50s	0
		Multiplicação	1min42s	0
		Divisão	2min56s	0
		Desafio Final	3min51s	0
		<b>TOTAL:</b>	<b>11min52s</b>	<b>0</b>
4	10 anos	Adição	1min12s	1
		Subtração	1min13s	0
		Multiplicação	1min31s	1
		Divisão	1min37s	0
		Desafio Final	3min28s	0
		<b>TOTAL:</b>	<b>9min1s</b>	<b>2</b>
5	23 anos	Adição	3min22s	0
		Subtração	2min46s	0
		Multiplicação	5min55s	0
		Divisão	5min26s	0
		Desafio Final	7min22s	0
		<b>TOTAL:</b>	<b>24min51s</b>	<b>0</b>

*Continua na próxima página.*

Quadro 9. Métricas do teste de usabilidade. (Continuação da página anterior)

6	14 anos	Adição	1min45s	0
		Subtração	1min36s	0
		Multiplicação	3min3s	0
		Divisão	6min32s	0
		Desafio Final	7min10s	0
		<b>TOTAL:</b>	<b>20min6s</b>	<b>0</b>
7	18 anos	Adição	1min12s	0
		Subtração	1min50s	0
		Multiplicação	3min17s	4
		Divisão	4min01s	6
		Desafio Final	4min37s	6
		<b>TOTAL:</b>	<b>14min57s</b>	<b>16</b>

Fonte: os próprios autores.

Tais dados respaldam a constatação dos diferentes níveis intelectuais apresentados pelos indivíduos com a SWB como afirmam Brunoni (2015) e Bellugi *et al.* (1999), o que pode ser observado a partir da disparidade de tempo apresentada para conclusão do JED, significando que a idade não tornou-se fator preponderante no estudo, mas o nível do grau de deficiência apresentado pelos participantes. Isto pode ser observado no quadro 9, que demonstra que o usuário 1 (19 anos) apresentou um tempo de realização superior ao tempo do usuário 4, que tem 10 anos de idade.

Conjuntamente, é importante ressaltar o tempo de realização por fase, que demonstra um grau maior de dificuldade em operações específicas, isto é, a adição e a subtração que podem ser traduzidas de forma mais concreta, são mais facilmente compreendidas pelos usuários. Tal observação é validada a partir da análise do tempo de conclusão demonstrado em cada operação, assim como, na descrição quantitativa de erros apresentados a partir das métricas destacadas. Por exemplo, o usuário 6 demorou 3min45s para concluir a adição e a subtração, e 10min13s para finalizar a multiplicação e a divisão. Com relação ao quantitativo de erros, o usuário 7 somou 10 erros na multiplicação e divisão, enquanto na adição e subtração, nenhum. Dessa forma, tais dados expõem a acentuada dificuldade para o desenvolvimento de um JED específico para esse público.

Neste mesmo intuito, o jogo apresenta algumas funcionalidades que servem para ajudar os jogadores a cumprirem o objetivo. São elas: guia, som, ouvir e pular. Pois como afirma Bogost (2018) os aspectos fenomenais dos jogos, como imagens, sons, botões de controle e motores de vibração, provocam sensações em seus usuários, que de alguma forma os agrupam em ação, reação e significado.

Entretanto, algumas dificuldades foram percebidas durante o teste com os possíveis usuários. Como por exemplo, a falta de um tutorial no início do jogo que explicasse as funcionalidades existentes para auxiliá-los na resolução das operações. Tornando-se evidente que os participantes não faziam uso das ferramentas por não perceber as funções disponíveis em cada botão. Dessa forma, o usuário não acessava as opções de guia, som, ouvir e pular (A), que ficam na parte superior direita da tela, como se pode ver na Figura 10.

Figura 10. Opções de guia, som, ouvir e pular



Fonte: os próprios autores.

A falta de clareza na história do jogo também dificultou a jogabilidade, considerando que a principal dificuldade demonstrada é justamente na interpretação matemática, ou seja, observou-se que os voluntários não conseguiram encontrar o sentido narrativo do jogo. Isso pôde ser observado porque, somente no final do jogo, uma tela mostrava que o instrumento do Will tinha sido recuperado, facilitando o entendimento dos usuários.

Outra dificuldade percebida está relacionada ao entendimento dos símbolos matemáticos nas operações, pois observou-se que, mesmo selecionando um outro tipo de operação, alguns participantes continuavam realizando a anterior, se não fossem alertados. Como era de se esperar, percebeu-se que soma e subtração foram as operações mais fáceis de serem realizadas, e a multiplicação e divisão as mais difíceis. No caso das duas últimas, os elementos da tela (instrumentos musicais) não ajudaram muito na resolução das questões.

Durante os testes, os participantes utilizaram, na maioria das vezes, os dedos, caneta e papel, e poucas vezes os instrumentos musicais na tela, para resolver as questões. Inclusive nesta etapa, percebeu-se pouca interação por parte do jogo visando auxiliar as dúvidas que surgiram durante os estágios. Uma das mães participantes sugeriu colocar mais objetos e personagens do cotidiano além do Will, mascote da ABSW, e dos instrumentos musicais já utilizados. Outra mãe, ao perceber que a divisão era uma grande barreira para a filha, afirmou que para que o jogo fosse efetivo, deveria ser mais lúdico, desenvolvendo-se a partir de uma história divertida e coerente, por exemplo, facilitando a compreensão das pessoas com a SWB.

Após o teste de usabilidade, 8 dos 10 participantes, juntamente com seus responsáveis, aceitaram responder um questionário, no intuito de validar os requisitos levantados por Menezes (2017). Os resultados obtidos podem ser observados no Quadro 10.



Quadro 10. Resposta do formulário do teste de usabilidade.

Requisito	Pergunta	Resposta	
		Sim	Não
Validação em campos de texto	O jogo é fácil de usar.	8	0
Botões da interface em 3D e alto relevo	Consigo ver bem os botões da interface.	8	0
Cores de fundo e fontes das interfaces	Gostei das cores de fundo do jogo.	8	0
	Consigo ler com facilidade as palavras que estão no jogo.	8	0
Controles e tipos de som especiais	As músicas que tocam no fundo são legais.	7	1
	Gostei dos sons do <i>jogo</i> .	8	0
Personagens e elementos lúdicos	Utilizar instrumentos musicais para aprender matemática é legal.	8	0
	Gostei do Will, da ABSW, como personagem do jogo.	8	0
Ícones e imagens	Gostei dos sons do <i>jogo</i> .	8	0
Mensagens motivacionais Salvar automaticamente usuário e senha dos jogadores	As mensagens que são apresentadas no jogo motivam a aprender matemática.	8	0
	Quero jogar outras vezes.	7	1

Fonte: os próprios autores.

Dessa forma, nota-se que tais requisitos propostos por Menezes (2017), atingiram a aprovação satisfatória das pessoas com a SWB, participantes da pesquisa. Em relação aos pais, a aceitação do jogo foi boa, de modo que os mesmos se propuseram a participar de novos testes, visando possíveis melhorias no JED.

### 5.5 Recomendações para desenvolvimento de JED destinados a pessoas com a SWB

Após as avaliações realizadas pela presente pesquisa, foi possível validar algumas informações levantadas por Menezes (2017), como também acrescentar outras. Este acréscimo se deu através das experiências obtidas durante o processo de desenvolvimento e análise do JED SoundMath. Sendo assim, foi definido um conjunto de recomendações de usabilidade, com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de jogos educacionais destinados a pessoas com a SWB. O Quadro 11 traz essas informações com suas respectivas origens, que podem ser do documento de requisitos proposto por Menezes (2017), da experiência adquirida durante as avaliações de usabilidade ou de ambos.

Quadro 11. Recomendações de usabilidade para desenvolvimento de JED para SWB.

Cod.	Recomendações	Descrição	Origem
R1	Botões da interface em 3D e alto relevo	Os botões a serem utilizados na interface devem possuir alto relevo, e formato 3D, por darem uma melhor ideia de formato devido à deficiência visuo espacial apresentada pelos usuários.	Documento de Requisitos
R2	Cores de fundo e fontes das interfaces	As interfaces dos JED deverão seguir o seguinte esquema: Cor de fundo: uma cor escura (sólida) Cores dos botões: uma cor clara  Fontes: utilizar uma fonte escura como também em caixa alta, por causa da baixa visão de alguns usuários.	Documento de Requisitos

*Continua na próxima página.*

Quadro 11. Recomendações de usabilidade para desenvolvimento de JED para SWB (

R3	Controles e tipos de sons especiais	Os controles dos sons deverão estar visíveis em toda a interface de forma clara e com opções de aumento, diminuição e mudo. Devido à hipersensibilidade sonora e à sensibilidade emocional, o JED também não deverá utilizar sons que transmitem tristeza ou sentimentos deste tipo.	Documento de Requisitos / Avaliações de usabilidade
R4	Personagens e elementos lúdicos	Com relação aos elementos lúdicos, para que o usuário “se enxergue” no JED, deverão ser utilizados elementos lúdicos que façam parte do cotidiano dos usuários, tais como: instrumentos musicais, palhaços, animais, bichos, brinquedos etc.	Documento de Requisitos
R5	Ícones e imagens	Todos os ícones e imagens deverão estar em cores claras, lúdicas e com imagens de alta definição.	Documento de Requisitos
R6	Mensagens motivacionais através de áudio	Para que o usuário se mantenha motivado durante o processo, é necessário que ele esteja recebendo mensagens motivacionais durante os erros cometidos na execução do jogo, e que sempre sejam comemorados seus acertos. O público-alvo apresenta certo nível de intolerância à frustração. Esses incentivos devem vir de maneira auditiva, pois, por causa do déficit cognitivo, muitas pessoas com SWB têm muita dificuldade de leitura.	Documento de Requisitos / Avaliações de usabilidade
R7	Narração	Para que os usuários se motivem a jogar, o recurso de narração deverá ser implementado, para que cada questão em tela seja lida automaticamente ao ser iniciada, evitando que o usuário precise ler.	Documento de Requisitos
R8	Opções de auxílio através de áudio	Seja durante os desafios ou na utilização das funcionalidades do JED, as opções de auxílio devem sempre vir de forma auditiva.	Avaliações de usabilidade
R9	Salvar automaticamente progresso do usuário	O progresso do usuário deverá ser armazenado automaticamente e periodicamente a cada evolução de estágio e fases.	Documento de Requisitos
R10	Não possuir cadastro como pré-requisito para jogar	Devido aos variados graus de deficiência intelectual, o público-alvo tem grande dificuldade em realizar este tipo de atividade.	Avaliações de usabilidade

Fonte: os próprios autores.

O Quadro 11 apresenta as características peculiares das pessoas com SWB (elencadas anteriormente no Quadro 1), além da boa experiência que os usuários tiveram durante a utilização do jogo e, por fim, os requisitos propostos por Menezes (2017).

Por exemplo, o requisito R10 foi percebido durante as avaliações de usabilidade, pois durante o teste os jogadores demonstraram grande dificuldade ao realizar o cadastro, devido aos *déficits* de funcionamento cognitivos mostrados por LIMA *et al.* (2012). Já o requisito R4, contido no documento de requisitos, foi percebido que ao colocar objetos do cotidiano ajudou a prender a atenção dos jogadores no jogo, assim como na abstração das operações, minimizando a falta de atenção e a dificuldade de cálculos matemáticos apontados por Bellugi *et al.* (1999) e Udwin, Daves e Howlin (1996).

## 6 Conclusões

Esta investigação apresentou uma proposta de pesquisa que teve como objetivo geral definir um conjunto de recomendações de usabilidade para JED destinados a pessoas com a Síndrome de Williams-Beuren. Além disso, também elencou características importantes para jogos digitais voltados a pessoas com deficiência intelectual no geral. Para tanto, o jogo idealizado por Menezes (2017), denominado SoundMath, foi desenvolvido juntamente com o desenrolar desta pesquisa.

Em paralelo, uma busca manual nas principais bases de dados também foi realizada, visando mapear os principais construtos da literatura que investiga o tema da pesquisa. Logo após, se deu a seleção de especialistas na área de IHC, tendo em vista, confirmar as informações obtidas na revisão de literatura e orientar as avaliações que seriam feitas na fase de inspeção do jogo desenvolvido na etapa inicial.

Dessa forma, com o escopo do trabalho definido, foi realizada a avaliação de usabilidade com especialistas, por meio do conjunto de heurísticas AHJED, através da utilização do SoundMath. Durante este processo, questões relacionadas a usabilidade do jogo foram levantadas, como também a proposição de melhorias ao mesmo.

Depois desta avaliação, o teste de usabilidade foi realizado, visando confirmar as informações levantadas no grupo focal, assim como, obter pontos de melhorias do JED proposto.

As avaliações realizadas durante a pesquisa se complementam, pois algumas problemáticas do jogo só foram encontradas através do uso pelo seu público alvo. Todas as análises possuíram o objetivo de definir um conjunto de recomendações para JED destinados a pessoas com a SWB.

Vale destacar a importância de um estudo como este, que contribua especificamente para o PEA de pessoas com a SWB, dada a precariedade de pesquisas nesta área. Salienta-se também que foi uma limitação do estudo a escolha de um número mínimo de 3 especialistas em cada área de atuação, como também o fato das heurísticas utilizadas pelos avaliadores não terem sido validadas durante a análise, e as modificações propostas por eles não terem sido implementadas antes do teste com os usuários.

Como estudos futuros, propõe-se a implementação das modificações levantadas durante as avaliações feitas por especialistas e pelas pessoas com SWB. Posteriormente, novas avaliações de usabilidade deverão ser realizadas, visando confirmar as alterações previamente efetuadas. Por fim, o aprendizado das pessoas com a SWB também poderá ser analisado utilizando *analytics*.

## Agradecimentos

Reinaldo Waisman por disponibilizar as imagens do “Will”, mascote da ABSW. Túlio Vidal pela criação do vilão Musitron, utilizado especialmente para este jogo.

## Referências

- ABSW. Associação Brasileira de Síndrome de Williams. (2016). *Padrões faciais de portadores da Síndrome de Williams e de não portadores*. Disponível em [\[link\]](#).
- ABSW. Associação Brasileira de Síndrome de Williams. (2021). *O que é a Síndrome de Williams-Beuren*. Disponível em [\[link\]](#).
- ANNETA, L. (2010). The “I’s” have it: A framework for serious educational game design. *Review of General Psychology*, 14(2), 105-112. <https://doi.org/10.1037/a0020505> [\[GS Search\]](#)

- AZEVÊDO, M., ROUSY, D., & SIEBRA, C. (2018). AHJED - Avaliação Heurística para Jogos Educacionais Digitais. In: SÁNCHEZ, J. (Editor). *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 14(0), 126 - 136. Santiago de Chile. Disponível em [\[link\]](#).
- BARBOSA, E. Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais. *Educativa*, out 2018. [\[GS Search\]](#)
- BARBOSA, H., REOLON, M., & VON WANGENHEIM, C. G. (2017). *Heurísticas para avaliação de jogos educativos digitais – Revisão sistemática de literatura*. [\[GS Search\]](#)
- BARBOSA, S., & SILVA, B. (2010). *Interação humano-computador*. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil. Disponível em [\[link\]](#).
- BASILI, R., & ROMBACH, H. (1988). The TAME project: Towards improvement-oriented software environments. *IEEE Transactions on software engineering*, 14(6) 758-773. <https://doi.org/10.1109/32.6156> [\[GS Search\]](#)
- BELLUGI, U., LICHTENBERGER, L., MILLS, D., GALABURDA, A., & KORENBERG, J. R. (1999). Bridging cognition, the brain and molecular genetics: evidence from Williams syndrome. *Trends in neurosciences*, 22(5), 197-207. [\[GS Search\]](#)
- BELLUGI, U., LICHTENBERGER, L., JONES, W., LAI, Z., & ST. GEORGE, M. (2000). The neurocognitive profile of Williams syndrome: a complex pattern of strengths and weaknesses. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1) 7-29. <https://doi.org/10.1162/089892900561959> [\[GS Search\]](#)
- BEUREN, A., APITZ, J., & HARMJANZ, D. (1962). Supravalvular aortic stenosis in association with mental retardation and certain facial appearance. [S.l.]. *Circulation*, 26(1) 1235-1240. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.26.6.1235> [\[GS Search\]](#)
- BOGOST, I. (2018). A fenomenologia do videogame. *Revista Eco-Pós*, 21(2) 230-247. <https://doi.org/10.29146/eco-pos.v21i2.20496> [\[GS Search\]](#)
- BRUNONI, D. (2015). *O Mundo da Síndrome de Williams*. Youtube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=rNC8dOdIvNU>>.
- CARVALHO, G. R. (2018). *A importância dos jogos digitais na educação*. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ. Disponível em [\[link\]](#).
- CERVO, A. L., & BERVIAN, P. A. (1983). *Metodologia científica: para uso de estudantes universitários*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. Disponível em [\[link\]](#).
- COLPANI, R. (2015). *AR+G atividades educacionais: um aplicativo de realidade aumentada com gamification para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de alunos com deficiência intelectual*. 120 p. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba/SP. [\[GS Search\]](#)
- COUTINHO, I., & ALVES, L. (2016). Os desafios e possibilidades de uma prática baseada em evidências com jogos digitais nos cenários educativos. **Jogos Digitais e Aprendizagem: fundamentos para uma prática baseada em evidências**. Papirus, Campinas, p. 105-122. Disponível em [\[link\]](#).
- DESURVIRE, H., CAPLAN, M., & TOTH, J. A. (2004). Using Heuristics to Evaluate the Playability of Games. *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*. Viena. Áustria. <https://doi.org/10.1145/985921.986102> [\[GS Search\]](#)
- EWART, A. K.; MORRIS, C. A.; ATKINSON, D.; JIN, W.; STERNES, K.; SPALLONE, P.; STOCK, A. D.; LEPPERT, M.; KEATING, M. T. (1993). Hemizygoty at the elastin locus

- in a developmental disorder Williams syndrome. *Nature Genetics*, New York, v. 5, n. 1, p. 11-16. <https://doi.org/10.1038/ng0993-11> [GS Search]
- FEDEROFF, M. A. Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of fun in video games. *Thesis*. Indiana University. 2002. [GS Search]
- FIREBASE. (2023). *Olá! Este é o Firebase*. Disponível em [link].
- GEE, J. P. (2009). Bons videogames e boa aprendizagem. *Perspectiva*, 27(01) 167-178. [GS Search]
- GIL, A. C. 2022. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 7. ed. São Paulo: Atlas S/A. Disponível em [link].
- GRIFFITS, M. D. 2002. *The educational benefits of videogames Education and Health*. 20(3) 47-51. [GS Search]
- GURGEL, I, ARCOVERDE, R. L., ALMEIDA, E. W., SULTANUM, N. B., & TEDESCO, P. (2006). A importância de avaliar a usabilidade dos jogos: a experiência do Virtual Team. *Anais... Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital - SBGAMES*. Recife. [GS Search]
- ISO. (2018). *Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts*. ISO 9241-11:2018(en). Disponível em [link]
- KARLINI, D., & RIGO, S. J. (2014). Abclingo: Integrando jogos sérios e mineração de dados educacionais no apoio ao letramento. *Anais... Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital – SBGames 2014*, p. 1149-1152. [GS Search]
- KARRAY, F., ALEMZADEH, M., SALEH, J., & ARAB, M. (2008). *Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art*. Pattern Analysis and Machine Intelligence Lab., Department of Electrical and Computer Engineering University of Waterloo, Waterloo, Canadá. <https://doi.org/10.21307/ijssis-2017-283> [GS Search]
- KORHONEN, H., & KOIVISTO, E. M. I. (2006). Playability heuristics for mobile games. *Proceedings... 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*. Helsinki, Finland. <https://doi.org/10.1145/1152215.1152218> [GS Search]
- LAITINEN, S. (2005). *Better Games through Usability Evaluation and Testing*. Gamasutra. [GS Search]
- LANYI, C. S., BROWN, D. J., STANDEN, P., LEWIS, J., BUTKUTE, V., & DROZDIK, D. (2011). GOET European project of serious games for students with intellectual disability. *Proceedings... 2nd International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*. IEEE, 2011. p. 1-6. [GS Search]
- LATTARO, A. (2017). Entendendo a usabilidade como ciência – Avaliação Heurística. *iMasters*. Disponível em [link].
- LEMES, D. O. (2014). *Serious games – jogos e educação*. São Paulo: Associação Brasileira de Editores de Livros Escolares. Disponível em [link].
- LIMA, S., TEIXEIRA, M., SEGIN, M., & CARREIRO, L. (2012). Recomendações psicopedagógicas para o trabalho da equipe educacional com escolares com síndrome de Williams. *Revista Psicopedagogia*, 29(88) 74-76. [GS Search]
- MACHADO, L., FERREIRA, E. P., & VERGARA, L. G. L. (2014). Métodos de Avaliação de Usabilidade: Características e Aplicações. *Anais... CONEPRO-SUL*. Joinville. 3o. CONEPROSUL. [GS Search]

- MAGAGNIN, C. D. M., & TOSCHI, M. S. (2009). *Aprendizagem escolar: os jogos eletrônicos na formação do aluno*. UCG/SEE. Disponível em [\[link\]](#).
- MARINHO, W. (2019). Redesenho da logo do SoundMath.
- MARTINS, A. I., QUEIRÓS, A., ROCHA, N. P., & SANTOS, B. S. (2013). Avaliação de usabilidade: uma revisão sistemática da literatura. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 11(1) 31-43. [\[GS Search\]](#)
- MENEZES, W. M. E. (2017). *Concepção e Design Interativo de um Protótipo de Serious Games direcionado ao Ensino de Aritmética Elementar para pessoas com a Síndrome de Williams-Beuren*. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. [\[GS Search\]](#)
- MOHAMED, H., & JAAFAR, A. (2012). Analyzing critical usability problems in educational computer games (UsaECG). *Proceedings... Proceedings of the IASTED International Conference on Human-Computer Interaction*. p. 162-168. [\[GS Search\]](#)
- MORETTI-FERREIRA, D. (2020). *Conversando sobre a Síndrome de Williams-Beuren*. FAE. Disponível em [\[link\]](#).
- NEVES, L. A., & KANDA, J. Y. (2016). Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Educativos para Deficientes Intelectuais. *Anais... Anais do Congresso Internacional de Informática Educativa (Conferência Internacional sobre Informática na Educação-TISE)*, p. 612. [\[GS Search\]](#)
- NIELSEN, J. (1993). *Usability engineering*. 362 p. San Francisco/USA: Academic Press. Disponível em [\[link\]](#).
- NIELSEN, J. (1994). *101 Usability Heuristics for User Interface Design*. Disponível em [\[link\]](#).
- NIELSEN, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. Disponível em [\[link\]](#).
- NIELSEN, J., & LANDAUER, T. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. *Proceedings... Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 conference on Human factors in computing systems*. p. 206-213. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/169059.169166> [\[GS Search\]](#)
- NIELSEN, J., & MACK, R. L. (Ed.). (1994). *Usability Inspection Methods*. New York: John Wiley & Sons. p. 105-140. [\[GS Search\]](#)
- NUNES, J. *Entrevista sobre a Síndrome de Williams*. 2020. Recife. 2020.
- DE OLIVEIRA, M. F. (2011). *Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração*. Universidade Federal de Goiás. Catalão-GO. [\[GS Search\]](#)
- PREECE, J., ROGERS, Y., & SHARP, H. (2011). *Interaction Design – Beyond Human-Computer Interaction*. Chichester, West Sussex, UK: Wiley. Disponível em [\[link\]](#).
- PREECE, J., ROGERS, Y., & SHARP, H. (2005). *Design de interação*. USA: Bookman. Disponível em [\[link\]](#).
- RICHARDSON, R. J. (1999). *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. 3. ed. São Paulo: Atlas. Disponível em [\[link\]](#).
- RODRIGUES, C., RIVERO, T. S., & BERTALIA, D. (2011). O impacto do uso do videogame sobre o desenvolvimento cognitivo dos adolescentes. *Revista Pandora*, 30(1) 37-49. Disponível em [\[link\]](#).
- ROSSI, N. F., MORETTI-FERREIRA, D., & GIACHETI, C. M. (2006). Genética e linguagem na síndrome de Williams-Beuren: uma condição neuro-cognitiva peculiar. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 18(3) 331-338. [\[GS Search\]](#)

- SILVA, S. S. V. A., & DE ALCÂNTARA FERRAZ, D. P. (2019). A Visão do Professor sobre Jogos Digitais no Ensino da Matemática para alunos com Deficiência Intelectual: Estado da arte. *Educação Matemática Pesquisa*, 21(1). [\[GS Search\]](#)
- RUBIN, K. S. (2018). *Scrum Essencial: Um guia prático para o mais popular processo ágil*. Alta Books Editora. Disponível em [\[link\]](#).
- SHOUKRY, L., C, STURM., & GALAL-EDEEN, G. H. (2014). Pre-MEGa: A Proposed Framework for the Design and Evaluation of Preschoolers' Mobile Educational Games. *Innovations and Advances in Computing, Informatics, Systems Sciences, Networking and Engineering. Electrical Engineering Journal*, 313(1), 385-390. [\[GS Search\]](#)
- DA SILVA, J. A. L., OLIVEIRA, F. C. S., & MARTINS, D. J. S. (2018). Gamificação e Storytelling como Estratégia Motivacional no Ensino de Programação. *Anais... Anais do XVII SBGames*. Foz do Iguaçu, 17(1), 1-6. [\[GS Search\]](#)
- SILVA, R. J. D. S. (2009). Avaliação de software educacional: critérios para definição da qualidade do produto. *Anais... Anais do III Simpósio Nacional ABCiber*. Brasil: ESPM/SP-Campus Francisco Gracioso. [\[GS Search\]](#)
- SILVA, S. S. V. A., & FERRAZ, D. P. A. (2019). A visão do professor sobre jogos digitais no Ensino da Matemática para alunos com deficiência intelectual: Estado da arte. *Revista Educação Matemática Pesquisa*, 21(1) 180-196. [\[GS Search\]](#).
- SPROUSE, J., & ALMEIDA, D. (2013). The role of experimental syntax in an integrated cognitive science of language. *The Cambridge handbook of biolinguistics*, 181(1) 202. [\[GS Search\]](#).
- TAVINOR, G. (2008). Definition of videogames. *Contemporary Aesthetics (Journal Archive)*, 6(1),16. [\[GS Search\]](#).
- TEIXEIRA, M. C. T. V., MONTEIRO, C. R. C., VELLOSO, R. D. L., KIM, C., & CARREIRO, L. R. R. (2010). Fenótipo comportamental e cognitivo de crianças e adolescentes com Síndrome de Williams-Beuren. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 22(3), 215-220. <https://doi.org/10.1590/S0104-56872010000300010> [\[GS Search\]](#)
- TEZANI, T. C. R. (2006). O jogo e os processos de aprendizagem e desenvolvimento: aspectos cognitivos e afetivos. *Educação em Revista*, Marília, v. 7, p.1-16. ISSN 1/2. <https://doi.org/10.36311/2236-5192.2006.v7n1-2.603>. Disponível em [\[link\]](#).
- TUMELERO, N. (2019). *Pesquisa aplicada: material completo, com exemplos e características*. Disponível em [\[link\]](#).
- TURKLE, S. *A vida no ecrã – a identidade na era da Internet*. Lisboa: Relógio D'água. 1997. Disponível em [\[link\]](#).
- UDWIN, O., DAVIES, M., & HOWLIN, P. (1996). A longitudinal study of cognitive abilities and educational attainment in Williams syndrome. *Developmental Medicine and Child Neurology*, London, 38(11), 1020-1029. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1996.tb15062.x> [\[GS Search\]](#)
- VALIATI, E. R. A. (2008). Avaliação de usabilidade de técnicas de visualização de informações multidimensionais. *Tese*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. [\[GS Search\]](#)
- VALLE, P. H. D., VILELA, R. F., PARREIRA JÚNIOR, P. A., & INOCÊNCIO, A. C. G. (2013). HEDEG - Heurísticas para avaliação de jogos educacionais digitais. *Anais... Anais do Congresso Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*. [\[GS Search\]](#)

- VIEIRA, E. A. O., DA SILVEIRA, A. C., & MARTINS, R. X. (2019). Heuristic Evaluation on Usability of Educational Games: A Systematic Review. *Informatics in Education*, 18(2), 427-442. [\[GS Search\]](#)
- WILLIAMS, J. C., BARRATT-BOYES, B. G., & LOWE, J. B. (1961). Supravalvular aortic stenosis. *Circulation*. 24(1), 1311-8. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.24.6.1311> [\[GS Search\]](#)