



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS DE SOBRAL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**JOÃO PAULO DE ABREU MILITÃO**

**UMA ABORDAGEM DE ENSINO-APRENDIZAGEM PARA PERCEPÇÃO DE  
INFORMAÇÕES USANDO REALIDADE VIRTUAL NA WEB COM EDUCAÇÃO  
FINANCEIRA.**

**SOBRAL**

**2025**

JOÃO PAULO DE ABREU MILITÃO

UMA ABORDAGEM DE ENSINO-APRENDIZAGEM PARA PERCEPÇÃO DE  
INFORMAÇÕES USANDO REALIDADE VIRTUAL NA WEB COM EDUCAÇÃO  
FINANCEIRA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia de Com-  
putação do Campus de Sobral da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do grau de bacharel em Engenharia de  
Computação.

Orientador: Prof. Dr. Iális Cavalcante de  
Paula Junior.

SOBRAL

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M581a Militão, João Paulo de Abreu.

Uma abordagem de ensino-aprendizagem para percepção de informações usando realidade virtual na web com educação financeira / João Paulo de Abreu Militão. – 2025.  
63 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Curso de Engenharia da Computação, Sobral, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Iális Cavalcante de Paula Júnior.

1. Realidade Virtual. 2. Educação Financeira. 3. Educação Infantil. 4. Gamificação. 5. Aprendizagem Imersiva. I. Título.

CDD 621.39

---

JOÃO PAULO DE ABREU MILITÃO

UMA ABORDAGEM DE ENSINO-APRENDIZAGEM PARA PERCEPÇÃO DE  
INFORMAÇÕES USANDO REALIDADE VIRTUAL NA WEB COM EDUCAÇÃO  
FINANCEIRA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia de Com-  
putação do Campus de Sobral da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do grau de bacharel em Engenharia de  
Computação.

Aprovada em: 7 de Agosto de 2025

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Iális Cavalcante de Paula  
Junior (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Carlos Elmano de Alencar e Silva  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Thiago Iachiley Araujo de Souza  
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dedico a minha família. Pai, por me inspirar a ser o homem que sou; Mãe, pelo carinho, esforço e esmero; Irmão, pelo companheirismo desde o começo. À minha companheira de vida, e aos meus amigos, obrigado por confiarem em mim e por compartilharem esta jornada.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua presença constante em minha vida, guiando meus passos, iluminando meu caminho e fortalecendo-me nos momentos de desafio, permitindo que eu chegasse até aqui.

À minha mãe, Maria de Fátima Aricobé de Abreu, por todo o carinho, esforço e dedicação que me dedicou desde sempre, sendo um exemplo de amor incondicional. Ao meu pai, Francisco Teixeira Militão, por me inspirar a ser o homem que sou, transmitindo-me valores que levarei por toda a vida. Ao meu irmão, Paulo Ricardo de Abreu Militão, pelo companheirismo desde o início e por dividir comigo momentos de aprendizado, apoio e amizade.

À minha namorada e companheira de vida, Lara Vitória Lima Braga, que faz jus às três primeiras letras do seu nome. Por ser luz e força nesta caminhada, eu te agradeço por me fazer sentir um super-herói capaz de tudo. Ao meu amigo de infância, Idalgo Rosendo Costa Rodrigues, que sempre foi como um irmão e com quem compartilho anos de verdadeira amizade. Ao meu amigo e parceiro desde o ensino médio, João Pedro de Alcântara Barbosa, também como um irmão, cuja presença e apoio sempre fizeram a diferença, tornando a experiência de crescer ao seu lado inestimável.

Aos meus amigos de graduação e irmãos de caminhada, Jonas Carvalho Fortes, que me ajudou a formar quem sou, e Iris Cordeiro Costa, que me ajuda a ter fé de que seres de luz ainda existem. Ao Programa de Educação Tutorial (PET) e a todos os seus membros, pelas oportunidades e aprendizados que contribuíram de forma essencial para a minha formação acadêmica e pessoal. Ao meu orientador, Prof. Dr. Iális Cavalcante de Paula Júnior, pela orientação dedicada, confiança, incentivo e coragem durante este trabalho e ao longo de outros projetos mirabolantes.

Aos meus demais amigos de graduação — Isac Andrade, Gabriel Santiago, Iara Costa de Oliveira, Iara Amancio — e a todos que, de alguma forma, foram importantes durante essa jornada e tornaram tudo mais fácil e prazeroso, o meu sincero agradecimento. Aos meus amigos de vida, Stefane Adna dos Santos, por ser uma referência e fonte de alegria; Fernanda Gomes de Farias e Josias Nogueira Pedrosa Junior, pela amizade tranquila, apoio e confiança que fizeram toda diferença na minha jornada.

Aos meus amigos Francisco Lairton, Jhennifer Karolayne, Laisa Mireli, Luiz Fernando, Miguel Edson, Mísia Medeiros, Pablo Hugo, Ryam Lael, Yan Marcelo, e a todos os outros, pela alegria e pelo companheirismo que tornaram os momentos mais descontraídos e inesquecíveis.

## RESUMO

Em um cenário global de crescente complexidade econômica e a imperatividade de formar cidadãos financeiramente conscientes desde cedo, a Educação Financeira para crianças emerge como um pilar fundamental; no entanto, a natureza abstrata de muitos de seus conceitos e a limitação das metodologias de ensino tradicionais frequentemente resultam em baixo engajamento. Diante desse desafio, este trabalho investigou a viabilidade e o impacto de uma abordagem inovadora: o ensino-aprendizagem de Educação Financeira para crianças utilizando o protótipo "Sabidin", uma plataforma imersiva baseada em Realidade Virtual (RV) na Web. A metodologia adotada envolveu o desenvolvimento meticuloso do ambiente virtual interativo e sua subsequente aplicação com crianças, visando analisar o potencial da RV em influenciar a percepção de informações financeiras, bem como o engajamento e a interação entre os participantes. Os resultados, embora apresentando desafios na corroboração quantitativa integral de algumas hipóteses ligadas diretamente à percepção de informações, revelaram aspectos qualitativos extremamente promissores, com um nível notável de alto engajamento, interação espontânea, participação entusiasmada, além de um forte senso de companheirismo e trabalho em equipe, evidenciando a RV como uma ferramenta poderosa para transformar o aprendizado de conceitos financeiros em algo concreto, colaborativo e memorável. Por fim, conclui-se que, mesmo com as nuances na medição de impactos cognitivos diretos, a Realidade Virtual se estabelece como uma abordagem excepcionalmente promissora para a Educação Financeira infantil, reforçando o papel da tecnologia como catalisador de experiências de aprendizagem envolventes e destacando seu potencial para fomentar o desenvolvimento de habilidades socioemocionais cruciais para as futuras gerações.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual; Educação Financeira; Educação Infantil; Gamificação, Aprendizagem Imersiva.

## ABSTRACT

In a global scenario of increasing economic complexity and the imperative to form financially conscious citizens from an early age, Financial Education for children emerges as a fundamental pillar; however, the abstract nature of many of its concepts and the limitations of traditional teaching methodologies often result in low engagement. Facing this challenge, this thesis investigated the feasibility and impact of an innovative approach: teaching and learning Financial Education for children using the "Sabidin" prototype, an immersive platform based on Web Virtual Reality (VR). The methodology adopted involved the meticulous development of the interactive virtual environment and its subsequent application with children, aiming to analyze VR's potential in influencing the perception of financial information, as well as the engagement and interaction of participants. The results, while presenting challenges in the full quantitative corroboration of some hypotheses directly linked to information perception, revealed remarkably promising qualitative aspects, with a notable level of high engagement, spontaneous interaction, enthusiastic participation, along with a strong sense of companionship and teamwork, demonstrating VR as a powerful tool to transform the learning of financial concepts into something concrete, collaborative, and memorable. Finally, it is concluded that, even with the nuances in measuring direct cognitive impacts, Virtual Reality establishes itself as an exceptionally promising approach for children's Financial Education, reinforcing technology's role as a catalyst for engaging learning experiences and highlighting its potential to foster the development of crucial socio-emotional skills for future generations.

**Keywords:** Virtual Reality; Financial Education; Early Childhood Education; Gamification, Immersive Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama ilustrativo da relação entre as tecnologias de Realidade Virtual (RV) na WEB. . . . .	20
Figura 2 – Google Cardboard. . . . .	23
Figura 3 – Exemplo de RV Box. . . . .	24
Figura 4 – Exemplo de interação simples com raycast: o raio se estende a partir do usuário, indicando o ponto de interação no ambiente Tridimensional (3D). . . . .	25
Figura 5 – Framework Mecânicas, Dinâmicas e Estéticas (MDE) para os princípios de Gamificação. . . . .	27
Figura 6 – Fluxograma da metodologia proposta. . . . .	30
Figura 7 – Diagrama de caso de uso do <i>Sabidin Playground</i> . . . . .	36
Figura 8 – Captura de tela do <i>Sabidin Playground</i> . . . . .	37
Figura 9 – Personagens do <i>Sabidin Playground</i> . . . . .	38
Figura 10 – Catálogo de produtos da loja no <i>Sabidin Playground</i> . . . . .	39
Figura 11 – Exemplo de proposta de compra de um cliente. . . . .	39
Figura 12 – Feedback do <i>Betinho</i> sobre a decisão de lucro do usuário. . . . .	40
Figura 13 – Fluxograma da etapa de decisão baseada no cálculo de lucro. . . . .	40
Figura 14 – Exemplo de solicitação de troco pelo cliente. . . . .	41
Figura 15 – Bancada de cédulas para composição do troco. . . . .	41
Figura 16 – Fluxograma do cálculo e entrega do troco ao cliente. . . . .	41
Figura 17 – Gráfico boxplot comparando distribuição de dados das dimensões ARCS antes e depois da utilização de RV . . . . .	50
Figura 18 – Gráfico boxplot comparando distribuição de dados dos escores de desempenho total e separados por categoria antes e após intervenção . . . . .	51
Figura 19 – Gráfico de barras comparando as médias dos itens de qualidade do protótipo. . . . .	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas (Média e Desvio Padrão) das Variáveis do Estudo. . .	49
Tabela 2 – Resultados do Teste de Wilcoxon para as Dimensões de Motivação (ARCS). . .	50
Tabela 3 – Resultados da Regressão Linear Múltipla para Percepção de Utilidade (PU). . .	53
Tabela 4 – Resultados da Regressão Linear Múltipla para Intenção de Uso (ITU). . . .	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
API	Interface de Programação de Aplicações
ARCS	Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
HMD	Head-mounted display
IMI	Intrinsic Motivation Inventory
ITU	Intention to Use
MDE	Mecânicas, Dinâmicas e Estéticas
MSLQ	Motivated Strategies for Learning Questionnaire
PCs	Personal Computers
PEU	Perceived Ease of Use
PU	Perceived Usefulness
RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Mista
RV	Realidade Virtual
TAM	Technology Acceptance Model
UX	Experiência do Usuário
WebGL	Web Graphics Library
WebXR	Web Extended Reality
XR	Realidade Estendida

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO . . . . .	13
2	JUSTIFICATIVA . . . . .	14
3	OBJETIVOS . . . . .	15
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .	16
4.1	Realidade Virtual (RV) . . . . .	16
4.1.1	<i>RV na Web versus RV Tradicional</i> . . . . .	17
4.2	Ferramentas de Desenvolvimento para RV na Web . . . . .	18
4.2.1	<i>Web Graphics Library (WebGL)</i> . . . . .	18
4.2.2	<i>Web Extended Reality (WebXR)</i> . . . . .	18
4.2.3	<i>Three.js</i> . . . . .	18
4.2.4	<i>A-Frame</i> . . . . .	19
4.2.5	<i>Vantagens de Usar A-Frame</i> . . . . .	19
4.2.6	<i>Relação entre as Tecnologias de Realidade Estendida (XR) na WEB</i> . . . . .	19
4.3	Benefícios de Experiências Imersivas na Aprendizagem . . . . .	21
4.4	Motivação e Avaliação em Ambientes Imersivos . . . . .	21
4.5	Desafios e Limitações da RV no Ambiente Educacional . . . . .	22
4.6	Problema do <i>hardware</i> e adaptação de currículos específicos . . . . .	22
4.7	O Smartphone como solução para o problema do Hardware . . . . .	23
4.7.1	<i>O Cursor Fuse como Mecanismo de Interação para Realidade Virtual de Baixo Custo</i> . . . . .	24
4.8	Tendências Futuras da RV na Educação . . . . .	25
4.9	Gamificação na Educação . . . . .	26
4.10	Déficit de Educação Financeira no Brasil . . . . .	28
5	METODOLOGIA . . . . .	30
5.1	Assunto e Público-alvo . . . . .	30
5.2	Planejamento Experimental e Formulação das Hipóteses . . . . .	31
5.2.1	<i>Hipóteses sobre Motivação</i> . . . . .	31
5.2.2	<i>Hipótese sobre Desempenho</i> . . . . .	32
5.2.3	<i>Hipóteses de Aceitação Tecnológica</i> . . . . .	32
5.2.4	<i>Hipótese sobre Qualidade do Sabidin Playground</i> . . . . .	33

5.2.5	<i>Aspectos Pedagógicos Integrados</i> . . . . .	33
5.3	<b>Desenvolvimento do Protótipo de Jogo Educativo em Realidade Virtual na Web</b> . . . . .	34
5.3.1	<i>Origem da Ideia e Fundamentação Teórica</i> . . . . .	34
5.3.2	<i>Escolha de Tecnologias</i> . . . . .	35
5.3.3	<i>Modelagem UML</i> . . . . .	35
5.3.4	<i>Implementação Técnica com A-Frame</i> . . . . .	36
5.3.5	<i>Game Design e Identidade Visual</i> . . . . .	37
5.3.6	<i>Fluxo de Interação do Usuário</i> . . . . .	38
5.4	<b>Coleta e Análise de Dados</b> . . . . .	42
5.4.1	<i>Procedimentos da Coleta de Dados</i> . . . . .	42
5.4.2	<i>Análise Quantitativa dos Dados</i> . . . . .	44
5.4.2.1	<i>Cálculo dos Construtos</i> . . . . .	44
5.4.2.2	<i>Verificação de Normalidade</i> . . . . .	45
5.4.2.3	<i>Comparações Pré-Pós (H1–H5)</i> . . . . .	45
5.4.2.4	<i>Correlação e Regressão (H6–H8)</i> . . . . .	46
5.4.2.5	<i>Teste de Uma Amostra para Qualidade (H9)</i> . . . . .	46
6	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	48
6.1	<b>Caracterização da Amostra</b> . . . . .	48
6.2	<b>Confiabilidade dos Instrumentos</b> . . . . .	48
6.3	<b>Análise Descritiva das Variáveis</b> . . . . .	49
6.4	<b>Testes de Hipóteses de Motivação (H1–H4)</b> . . . . .	50
6.5	<b>Hipótese de Desempenho (H5)</b> . . . . .	51
6.6	<b>Aceitação Tecnológica (H6–H8)</b> . . . . .	52
6.6.1	<i>H6: Influência da Qualidade na Perceived Usefulness mediada pela Perceived Ease of Use</i> . . . . .	52
6.6.2	<i>H7: Mediação Completa da Perceived Usefulness na Intenção de Uso</i> . . . . .	53
6.6.3	<i>H8: Correlação entre Ganho de Desempenho Acadêmico e Perceived Usefulness</i> . . . . .	54
6.7	<b>Teste de Qualidade do Protótipo (H9)</b> . . . . .	55
7	<b>DISCUSSÃO</b> . . . . .	56
7.1	<b>Impacto da RV na Motivação e Engajamento</b> . . . . .	56

<b>7.2</b>	<b>Desempenho em Tarefas de Educação Financeira . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>7.3</b>	<b>Desenvolvimento de Habilidades Socioemocionais . . . . .</b>	<b>58</b>
<b>7.4</b>	<b>Aceitação Tecnológica e Qualidade do Protótipo Sabidin . . . . .</b>	<b>58</b>
<b>7.5</b>	<b>Síntese da Discussão . . . . .</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS . . . . .</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias digitais tem impulsionado o surgimento de novas ferramentas capazes de transformar diversos setores, entre os quais se destaca a Realidade Virtual (RV). Inicialmente associada ao entretenimento, a RV vem se consolidando como uma ferramenta promissora na educação, proporcionando experiências imersivas que favorecem a compreensão e a retenção de conteúdos (JOHNSON *et al.*, 2016). Nesse contexto, a RV na web emerge como uma solução inovadora e acessível, permitindo o desenvolvimento de ambientes virtuais interativos sem a necessidade de *hardware* especializado ou processos de instalação complexos, o que amplia seu potencial de aplicação em larga escala (PARISI, 2015).

Apesar dos avanços, a adoção de tecnologias imersivas na educação ainda enfrenta desafios significativos, sobretudo no que diz respeito à adaptação dos conteúdos e à eficácia do aprendizado mediado por tais plataformas. Diante dessa realidade, o presente trabalho investiga como a realidade virtual na web pode contribuir para a melhoria dos processos de aprendizagem em diversas áreas, utilizando a educação financeira como exemplo prático. A justificativa para essa abordagem reside não apenas na carência de métodos de ensino de educação financeira nas instituições brasileiras (Instituto Federal do Espírito Santo, 2024), mas também na crucial necessidade de capacitar os alunos para desenvolverem competências na gestão de recursos, promovendo a formação de cidadãos mais conscientes e preparados para os desafios econômicos contemporâneos (ELMQADDEM, 2019).

Dessa forma, o objetivo geral deste estudo é demonstrar o potencial da realidade virtual na web como ferramenta pedagógica, empregando a educação financeira como estudo de caso. A abordagem metodológica adotada envolve a criação de um protótipo denominado *Sabidin Playground*, utilizando tecnologias atuais, como o A-Frame, um framework baseado em *Three.js* que possibilita a integração com a Interface de Programação de Aplicações (API) WebXR. Além de proporcionar uma experiência imersiva em RV, o protótipo incorpora elementos de gamificação para intensificar o engajamento dos usuários, bem como, testes e análises qualitativas e quantitativas junto ao público-alvo, de forma a avaliar a efetividade do ambiente virtual como ferramenta de apoio pedagógico.

## 2 JUSTIFICATIVA

Abordagens pedagógicas tradicionais frequentemente se mostram ineficazes para transmitir conceitos complexos, especialmente aqueles que exigem compreensão aprofundada e engajamento prático (FREIRE, 2005). Nesse contexto, a RV surge como uma alternativa inovadora, capaz de transformar conteúdos abstratos em experiências imersivas, interativas e intuitivas (SALTAN; ARSLAN, 2017). A implementação da RV na web, em particular, amplia a acessibilidade, permitindo um maior alcance sem investimentos elevados em *hardware* especializado.

A relevância da educação financeira no cenário atual é inegável, contudo, há uma notável carência de metodologias práticas para seu ensino nas instituições. Embora a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) já recomende sua inclusão (FRANZONI *et al.*, 2018), a implementação em escolas públicas tem sido heterogênea e insuficiente (Instituto Federal do Espírito Santo, 2024). Currículos tradicionais frequentemente negligenciam a complexidade dos conceitos financeiros, resultando em formação inadequada para gestão de recursos e tomada de decisões econômicas. A pouca atenção dada à transmissão de conhecimentos essenciais para a atuação cidadã no contexto social (HARTMANN *et al.*, 2024) contribui para o descontrole financeiro, altos níveis de endividamento e dificuldades no planejamento de aposentadoria. Além disso, estudos anteriores reforçam a importância de promover autonomia e senso crítico em decisões econômicas desde a infância. (SILVA; LAUTERT, 2023b)

Diante desse cenário, a RV na web configura-se como uma solução promissora. Ao desenvolver ambientes imersivos, que aproximam teoria e prática, é possível reduzir esforços cognitivos, intensificar o engajamento e promover uma aprendizagem mais efetiva, formando cidadãos mais preparados. A experiência, concebida com gamificação, visa enriquecer a motivação e favorecer a retenção de conteúdos (ROBSON *et al.*, 2015). Desafios interativos podem ser projetados para que os alunos avaliem ofertas, identifiquem lucro ou prejuízo, reforçando a análise lógica e a compreensão de riscos e oportunidades (SILVA; LAUTERT, 2023b). A ênfase na internalização da margem de lucro e no equilíbrio entre ganho e custo, desde os primeiros anos, estimula a reflexão crítica e a responsabilidade econômica (SILVA; LAUTERT, 2023a), além de permitir o exercício de operações básicas em contexto realista, facilitando a transferência do aprendizado para o cotidiano (ANDRADE *et al.*, 2021).

### 3 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é **investigar o potencial da RV na web como ferramenta de apoio à aprendizagem de conceitos de educação financeira para crianças do ensino fundamental**, analisando seu impacto na motivação, desempenho e aceitação tecnológica dos estudantes. Para alcançar este objetivo geral, a pesquisa se propõe aos seguintes objetivos específicos:

- Propor e desenvolver um ambiente educacional imersivo em RV na web (denominado "Sabidin Playground") projetado para o ensino de conceitos básicos de educação financeira a crianças;
- Analisar o impacto do ambiente de RV na motivação dos alunos do ensino fundamental em relação ao aprendizado de educação financeira, avaliando dimensões como atenção, relevância, confiança e satisfação;
- Avaliar a influência da utilização da RV na web no desempenho de aprendizagem dos alunos do ensino fundamental em tarefas de educação financeira, comparando os resultados obtidos com os de métodos convencionais;
- Investigar a aceitação tecnológica do protótipo de RV na web por parte dos alunos do ensino fundamental, analisando construtos como percepção de utilidade, percepção de facilidade de uso e intenção de uso;
- Contribuir com evidências sobre a aplicabilidade e os desafios das tecnologias imersivas na educação infantil, particularmente no ensino de temas complexos como a educação financeira, a partir dos resultados obtidos.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são abordados os fundamentos e as aplicações da RV e de suas tecnologias correlatas, como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Mista (RM), enfatizando as especificidades de cada abordagem para a criação de ambientes imersivos (ELMQADDEM, 2019). Além disso, distingue-se a RV tradicional, que depende de *hardware* dedicado e investimentos significativos, da RV na web, que se beneficia da agilidade, acessibilidade e portabilidade (PARISI, 2015). Também são destacadas ferramentas de desenvolvimento, como Three.js e A-Frame, que simplificam a criação e a renderização de gráficos 3D interativos, potencializando a redução do esforço cognitivo e o aumento do engajamento dos usuários em contextos educacionais A-Frame (A-Frame Team, 2023). O referencial teórico ainda discute os benefícios de experiências imersivas na aprendizagem, os desafios e limitações na implementação dessas tecnologias e a importância dos dispositivos móveis – exemplificados pelo uso do Google Cardboard e da RV Box – para democratizar o acesso à RV. Por fim, integra-se a discussão sobre a gamificação e a aplicação dessas tecnologias no ensino de educação financeira para crianças, evidenciando seu potencial para transformar práticas pedagógicas tradicionais.

### 4.1 Realidade Virtual (RV)

A RV consiste na imersão do usuário em um ambiente digitalmente gerado, proporcionando experiências que podem abranger estímulos visuais, auditivos e, em determinados casos, táteis. Essa tecnologia permite que o usuário seja “transportado” para mundos artificiais, os quais podem representar tanto universos totalmente imaginários quanto simulações do mundo real (PARISI, 2015). Essa experiência é frequentemente mediada por dispositivos como *headsets*, que exibem imagens em 3D e acompanham os movimentos da cabeça para recalcular as imagens em tempo real.

Apesar de RV, RA e RM estarem frequentemente associadas, cada uma delas apresenta características específicas (ELMQADDEM, 2019):

- **RV:** Caracteriza-se pela imersão total do usuário em um ambiente sintético, isolando-o do ambiente físico. Essa experiência é frequentemente mediada por dispositivos como *headsets*, que exibem imagens em 3D e acompanham os movimentos da cabeça para recalcular as imagens em tempo real;
- **RA:** Sobrepõe elementos digitais ao ambiente real, permitindo que informações virtuais

sejam integradas ao mundo físico, enriquecendo a percepção do usuário sem necessariamente substituí-la. Exemplos históricos incluem dispositivos Head-mounted display (HMD) usados em tarefas que exigem sobreposição de dados visuais complexos;

- **RM:** Combina características de RV e RA, de modo que os elementos virtuais não apenas são sobrepostos ao mundo real, mas também interagem com ele de forma dinâmica e em tempo real, criando uma experiência híbrida em que o ambiente digital e o físico coexistem.

#### 4.1.1 *RV na Web versus RV Tradicional*

Tradicionalmente, as aplicações de RV dependiam de *hardware* dedicado, como computadores de alto desempenho e dispositivos específicos (por exemplo, o Oculus Rift), para garantir uma experiência imersiva com alta fidelidade gráfica e interatividade. Essa abordagem exigia, em geral, investimentos significativos em equipamentos e infraestrutura para o desenvolvimento e a execução dos aplicativos (PARISI, 2015).

Com o avanço das tecnologias web, especialmente o aprimoramento de linguagens HTML5 e Javascript, e a API WebGL, surge uma nova vertente na criação de experiências de RV: a RV na web. Com isso, o uso de navegadores modernos para desenvolver aplicativos de RV traz duas principais vantagens:

1. **Agilidade e Acessibilidade no Desenvolvimento:** A familiaridade dos desenvolvedores com tecnologias web possibilita um processo de criação mais rápido, com a vantagem de utilizar um ecossistema consolidado e amplamente disseminado; (PARISI, 2015)
2. **Portabilidade e Distribuição:** Aplicativos de RV desenvolvidos para a web podem ser executados em uma variedade maior de dispositivos – desde computadores pessoais até *smartphones* – sem a necessidade de *hardware* dedicado de alta performance. Isso amplia significativamente o alcance do conteúdo imersivo, permitindo seu acesso por um público mais diversificado (PARISI, 2015).

Portanto, a RV na web se diferencia da RV tradicional principalmente pela sua capacidade de oferecer experiências imersivas com menor dependência de equipamentos especializados, democratizando o acesso e possibilitando a integração de outras funcionalidades inerentes à infraestrutura da Internet, como o compartilhamento de conteúdos e a criação de experiências multiusuário.

## 4.2 Ferramentas de Desenvolvimento para RV na Web

Nesta seção, são apresentadas as principais ferramentas e APIs utilizadas para o desenvolvimento de experiências de RV na Web. Tais tecnologias permitem que desenvolvedores criem ambientes imersivos e interativos, integrando gráficos 3D e suporte a dispositivos de RV e RA diretamente nos navegadores.

### 4.2.1 *WebGL*

WebGL é uma API JavaScript que possibilita a renderização de gráficos 3D em navegadores sem a necessidade de plugins adicionais. Desenvolvida pelo Khronos Group e baseada no OpenGL ES, essa tecnologia é fundamental para a criação de visualizações interativas e aplicações gráficas complexas na web. Por ser um padrão aberto, o WebGL conta com amplo suporte nos navegadores modernos, o que o torna uma base imprescindível para o desenvolvimento de conteúdos imersivos (Khronos Group, 2023).

### 4.2.2 *WebXR*

A API WebXR representa a evolução das antigas APIs voltadas à RV e RA na web. Unificando os recursos para experiências imersivas, o WebXR permite que aplicações interajam com uma diversidade de dispositivos — de *headsets* de RV a *smartphones* com capacidades RA —, oferecendo uma plataforma integrada para o desenvolvimento de experiências tanto em RV quanto em RA. Essa unificação simplifica o desenvolvimento, proporcionando uma experiência mais consistente ao usuário final (Khronos Group, 2022).

### 4.2.3 *Three.js*

Three.js é uma biblioteca JavaScript que abstrai as complexidades do WebGL, facilitando a criação e renderização de gráficos 3D interativos. Ela permite que desenvolvedores se concentrem na construção e animação de cenas 3D, sem a necessidade de lidar diretamente com os detalhes de baixo nível da API gráfica. Além disso, Three.js possui uma comunidade ativa e uma documentação abrangente, o que torna o processo de aprendizado e implementação de funcionalidades avançadas mais acessível (Three.js Documentation, 2023).

#### 4.2.4 A-Frame

A-Frame é um framework open-source que simplifica o desenvolvimento de experiências de RV na web através de uma abordagem declarativa baseada em HTML. Construído sobre o Three.js, o A-Frame permite que desenvolvedores criem cenas 3D imersivas utilizando marcação similar à de uma página web convencional. Essa abordagem não apenas reduz a complexidade do código, como também acelera o processo de prototipagem e torna o desenvolvimento mais acessível a profissionais com diferentes níveis de experiência em programação gráfica (A-Frame Team, 2023).

#### 4.2.5 Vantagens de Usar A-Frame

O A-Frame oferece diversas vantagens para o desenvolvimento de aplicações de RV na web, dentre as quais se destacam:

- **Simplicidade e Rapidez:** A sintaxe declarativa baseada em HTML torna o processo de criação de cenas imersivas mais intuitivo, reduzindo a necessidade de código complexo;
- **Acessibilidade:** Por integrar-se com tecnologias web, as experiências desenvolvidas com A-Frame podem ser executadas em uma variedade de dispositivos, desde *desktops* até *smartphones*, sem exigências de *hardware* específico;
- **Integração com o Ecossistema Web:** O A-Frame se beneficia da infraestrutura da web, permitindo fácil incorporação de outros recursos e componentes, como CSS, JavaScript e bibliotecas de terceiros, para enriquecer a Experiência do Usuário (UX);
- **Comunidade Ativa:** Uma comunidade engajada contribui continuamente com novos componentes, extensões e exemplos, o que facilita o aprendizado e a implementação de novas funcionalidades.

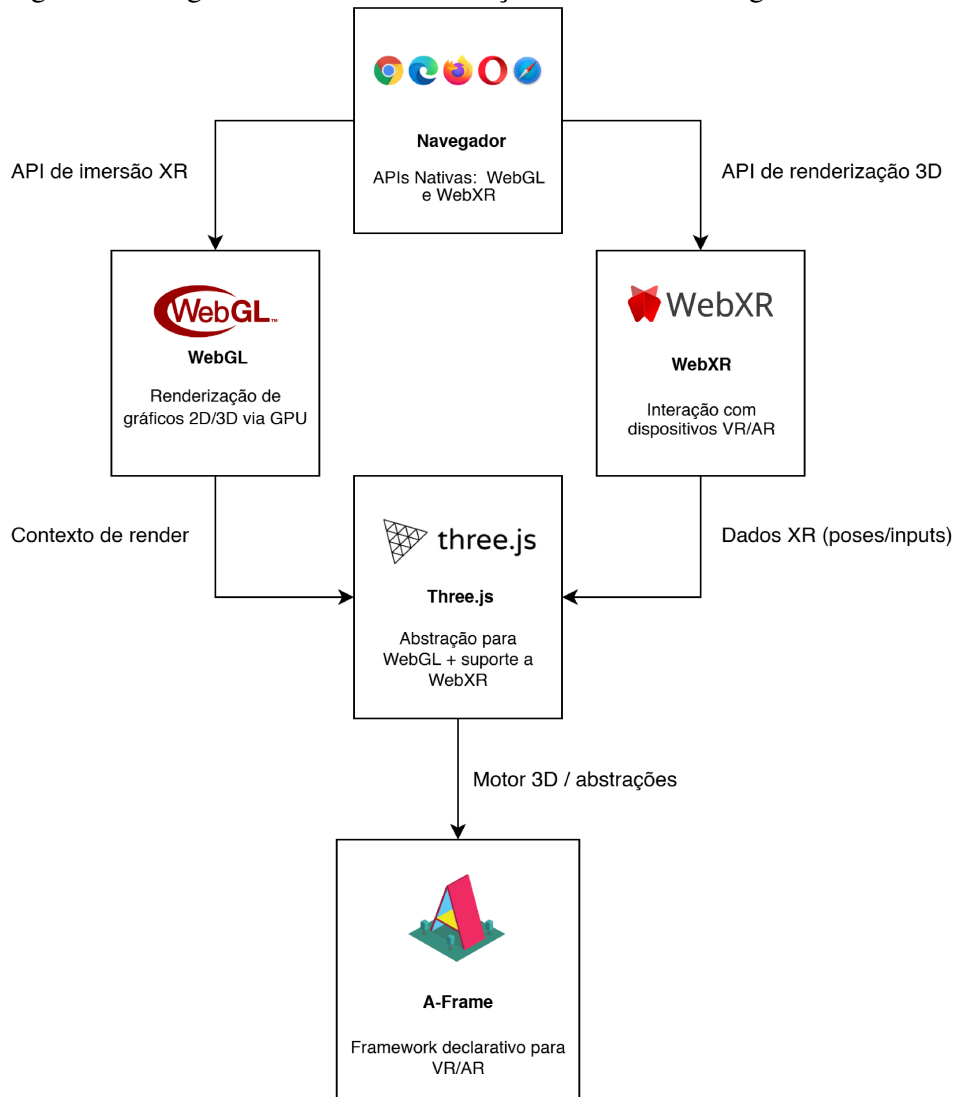
Essas características fazem do A-Frame uma ferramenta poderosa e prática para o desenvolvimento rápido de experiências de RV, permitindo que os desenvolvedores se concentrem na criatividade e na inovação sem se preocupar excessivamente com os detalhes técnicos da renderização 3D (A-Frame Team, 2023).

#### 4.2.6 Relação entre as Tecnologias de XR na WEB

A XR integra diversas tecnologias capazes de proporcionar experiências imersivas e interativas na web. Esse conjunto de ferramentas permite a criação de ambientes 3D que

combinam renderização gráfica avançada, facilidade de desenvolvimento e compatibilidade com múltiplos dispositivos. A Figura 1 ilustra a relação entre as principais tecnologias utilizadas nesse contexto da Web.

Figura 1 – Diagrama ilustrativo da relação entre as tecnologias de RV na WEB.



Fonte: Autor próprio.

Dessa forma, a integração dessas tecnologias possibilita o desenvolvimento de aplicações ricas e interativas: o WebGL atua como a base de renderização; o Three.js simplifica a criação e manipulação de gráficos 3D; o A-Frame oferece uma abordagem declarativa para a construção de ambientes imersivos; e o WebXR garante a compatibilidade e a unificação dos recursos para RV e RA, proporcionando uma experiência coesa ao usuário final.

### 4.3 Benefícios de Experiências Imersivas na Aprendizagem

A RV proporciona um ambiente de aprendizado que combina entretenimento, interatividade e manipulação de objetos, permitindo uma experiência de ensino mais engajante e efetiva. Essa abordagem reduz os esforços cognitivos, pois facilita a interpretação direta de informações visuais, comparada à leitura de textos complexos. Por exemplo, um aluno pode compreender o funcionamento de uma máquina observando sua operação em um ambiente virtual em vez de depender exclusivamente de descrições textuais (ELMQADDEM, 2019).

Além disso, a RV permite simular cenários que seriam inviáveis no mundo real, como explorar a superfície da Lua ou o fundo do oceano. Essas simulações imersivas aumentam o nível de atenção dos alunos e podem melhorar os resultados de testes em até 30% (ELMQADDEM, 2019). Tais experiências tornam o aprendizado mais acessível e significativo, mesmo ao abordar conceitos abstratos ou fenômenos complexos.

### 4.4 Motivação e Avaliação em Ambientes Imersivos

A motivação é entendida como o conjunto de processos que direcionam, mantêm e intensificam o comportamento dos aprendizes, influenciando diretamente seu engajamento, persistência e sucesso acadêmico (RYAN; DECI, 2000). No âmbito educacional, distinguem-se motivação intrínseca, quando o estudante se envolve na atividade pelo interesse e prazer próprios, e motivação extrínseca, movida por recompensas ou pressões externas (RYAN; DECI, 2000). São destacados quatro componentes essenciais — atenção, relevância, confiança e satisfação — que devem ser considerados no design instrucional para despertar e sustentar o interesse dos alunos (??). Aplicações deste modelo em tecnologias imersivas, como RA móvel, demonstraram melhorias significativas nos níveis motivacionais (CABERO-ALMENARA; ROIG-VILA, 2019).

A mensuração da motivação em contextos de aprendizagem costuma fazer uso de escalas validadas, tais como o Intrinsic Motivation Inventory (IMI) e o Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ), que avaliam dimensões como interesse, valor percebido, autoeficácia e esforço (MCAULEY *et al.*, 1989). Em ambientes de RV, os elementos imersivos e interativos potencializam os componentes motivacionais ao fornecer estímulos visuais e auditivos integrados, cenários contextualizados e feedback adaptativo, promovendo maior atenção e percepção de relevância (MERCHANT *et al.*, 2014). Estudos apontam ainda que a combinação de desafios graduais e recompensas virtuais em RV pode reforçar a confiança do aluno e gerar

satisfação imediata, resultando em níveis superiores de persistência e engajamento em tarefas complexas (MAKRANSKY *et al.*, 2019).

#### **4.5 Desafios e Limitações da RV no Ambiente Educacional**

Apesar das vantagens, a integração da RV na educação ainda enfrenta desafios técnicos e sociais. O custo de equipamentos como *headsets* de Realidade Virtual e computadores de alto desempenho pode ser proibitivo para muitas instituições de ensino. Além disso, o desconforto associado ao uso prolongado desses dispositivos continua sendo uma barreira para sua ampla adoção (ELMQADDEM, 2019).

Outro ponto crítico é a adaptação dos programas educacionais. Para aproveitar plenamente o potencial da RV, é necessário desenvolver currículos específicos que incorporem essa tecnologia de forma eficaz. Sem mudanças estruturais no ensino, o impacto da RV pode ser limitado, apesar de seu potencial transformador (ELMQADDEM, 2019).

#### **4.6 Problema do *hardware* e adaptação de currículos específicos**

O alto investimento inicial em *headsets*, Personal Computers (PCs) e manutenção de infraestrutura de rede dificulta a adoção da RV em muitas escolas, especialmente em regiões com pouco suporte tecnológico; somam-se também os custos de atualização periódica dos equipamentos para acompanhar as evoluções no mercado educacional (CHOWDHARY *et al.*, 2025). Adicionalmente, o uso prolongado de dispositivos pode causar náusea, fadiga visual e desconforto postural, exigindo pausas frequentes e cuidados ergonômicos que nem sempre são previstos nos cronogramas de aula (CEVIKBAS, 2024).

Para enfrentar esses entraves, é fundamental repensar o currículo: professores precisam de formação continuada em design instrucional para RV, e os conteúdos devem ser alinhados a objetivos de aprendizagem claros, integrando atividades imersivas de forma articulada com os demais componentes da grade curricular (BIERMANN *et al.*, 2022). Além disso, programas de desenvolvimento profissional voltados à capacitação de educadores são essenciais para garantir que a tecnologia seja usada de modo pedagógico e não apenas como recurso lúdico (NEELAKANTAN, 2019).

#### 4.7 O Smartphone como solução para o problema do Hardware

No entanto, a popularização dos *smartphones* como dispositivos tecnológicos onipresentes abriu novas possibilidades para tornar a RV acessível a um público mais amplo. Soluções como o *Google Cardboard*, que pode ser visto na Figura 2, demonstram como os *smartphones* podem desempenhar um papel central na democratização da RV (PARISI, 2015). Ao utilizar dispositivos móveis existentes como plataforma de *hardware*, iniciativas como o Cardboard eliminam a necessidade de investimentos onerosos em equipamentos especializados, como Oculus Rift ou Meta Quest, cujos custos elevados limitam sua adoção por um público geral. Além disso, quando combinada com tecnologias de RV na web, a abordagem baseada em *smartphones* permite que experiências imersivas sejam entregues de maneira conveniente, sem a dependência de instalações locais complexas. Dessa forma, o *smartphone* não apenas serve como uma solução prática e econômica, mas também amplifica o alcance da RV, promovendo maior inclusão em contextos educacionais e outros ambientes interativos.

Além disso, o uso de um Google Cardboard, não é estritamente necessário, pois o mercado já oferece alternativas acessíveis, como os dispositivos conhecidos como "RV Box". Esses dispositivos desempenham a mesma função que o Cardboard, mas possuem uma estrutura mais robusta, geralmente composta por uma carcaça de plástico e duas lentes embutidas, assim como pode ser visto na Figura 5. Diferentemente do Cardboard, o "RV Box" elimina a necessidade de montagem, simplificando o uso e tornando-o mais prático para o usuário.

Figura 2 – Google Cardboard.



Fonte: (PARISI, 2015)

Figura 3 – Exemplo de RV Box.



Fonte: (Magazine Luiza, 2025)

#### ***4.7.1 O Cursor Fuse como Mecanismo de Interação para Realidade Virtual de Baixo Custo***

Em ambientes de RV, interagir com o cenário 3D difere fundamentalmente das interfaces 3D tradicionais. O cursor, que em uma tela comum rastreia posições em um plano (X e Y), em 3D assume a forma de uma linha ou "raio" (*raycast*) que se estende a partir do usuário, fornecendo informações de profundidade e indicando o que está sendo "apontado" no ambiente virtual (CHIEN; SCHMIDT, 2023). Essa transformação do cursor 3D para um raio 3D, essencial para a navegação e seleção em mundos virtuais, é visualizada na Figura 4. No entanto, para dispositivos de RV de baixo custo, que frequentemente utilizam *smartphones* acoplados a suportes de cabeça (HMDs), a interação se torna um desafio, dada a ausência de periféricos mais sofisticados ou gatilhos físicos (PAI, 2023). Essa limitação exige a adoção de mecanismos alternativos que garantam a usabilidade e a eficiência da interface (PAI, 2023).

Para superar essas limitações em dispositivos de baixo custo, mecanismos de interação como o "cursor fuse" são cruciais (PAI, 2023). Ele funciona como uma proteção contra interações acidentais: o usuário precisa manter o olhar (*gaze*) sobre um objeto por um período

determinado para que a ação seja confirmada. Essa abordagem é particularmente útil em cenários sem gatilhos físicos, onde a sensibilidade do cursor deve ser controlada para evitar ativações indesejadas. Complementarmente, o mecanismo de “*gaze and click*” é amplamente empregado para navegação em RV de baixo custo (SMITH; LEE, 2019). Com ele, o usuário aponta para um local no centro do campo de visão do *headset* e, ao “*clicar*” (normalmente através de um botão simples ou outro input), ajusta sua posição, simulando teletransporte ou caminhada.

A integração estratégica do cursor fuse e do *gaze and click* é, portanto, fundamental para proporcionar uma (UX) funcional e satisfatória em ambientes de RV com restrições de *hardware* (PAI, 2023). Esses mecanismos viabilizam uma interação intuitiva com os elementos 3D do ambiente, superando a ausência de controles complexos e assegurando que a usabilidade não seja comprometida. Adaptar as interfaces tradicionais para o espaço 3D da RV, considerando essas especificidades de interação, é um pilar essencial para a eficácia das aplicações (CHIEN; SCHMIDT, 2023).

Figura 4 – Exemplo de interação simples com raycast: o raio se estende a partir do usuário, indicando o ponto de interação no ambiente 3D.



Fonte: (GOOGLE, 2017)

#### 4.8 Tendências Futuras da RV na Educação

A RV tem avançado significativamente no campo educacional, proporcionando experiências imersivas que superam as limitações dos métodos tradicionais de ensino. A RV se caracteriza pela sua capacidade de envolver os usuários em ambientes interativos que simulam a presença física em outro espaço, utilizando elementos de interação, imersão, imediatismo, envolvimento e presença (LAMPROPOULOS; KINSHUK, 2024). Essa abordagem permite

que conceitos abstratos sejam representados de maneira tangível, facilitando a compreensão, a retenção de conteúdos e promovendo a autonomia dos estudantes na tomada de decisões.

Além disso, a interdisciplinaridade inerente à RV possibilita sua aplicação em diversas áreas do conhecimento, ampliando seu potencial para transformar práticas pedagógicas. A integração da RV com outras tecnologias emergentes – como a gamificação, inteligência artificial e a internet das coisas – aponta para o desenvolvimento de plataformas educacionais híbridas, capazes de promover experiências colaborativas, personalizadas e seguras. Tais ambientes virtuais não só estimulam o desenvolvimento de competências cognitivas, psicomotoras e socioemocionais, mas também incentivam a criatividade e a inovação, atributos essenciais para a formação dos alunos no século 21 (LAMPROPOULOS; KINSHUK, 2024).

Por fim, as tendências apontam para um acesso crescente à RV, impulsionada pela redução de custos dos dispositivos e softwares, e pela facilidade de integração com a web. Essa evolução tecnológica deve possibilitar a criação de ambientes educacionais mais inclusivos e eficazes, capazes de atender às demandas de diferentes contextos e níveis de ensino, e de promover uma aprendizagem mais significativa e engajadora.

#### **4.9 Gamificação na Educação**

A gamificação pode ser definida como a aplicação de elementos e princípios do design de jogos em contextos não lúdicos, com o intuito de aumentar a motivação, estimular a participação e promover o engajamento dos usuários em diversas atividades (MANZANO-LEÓN *et al.*, 2021). Essencialmente, essa abordagem busca integrar técnicas, originalmente empregadas em jogos digitais, a ambientes educacionais, transformando tarefas e processos de aprendizagem em experiências mais atrativas e interativas.

Do ponto de vista teórico, a gamificação fundamenta-se na distinção entre motivação intrínseca e extrínseca. A motivação intrínseca refere-se à realização de uma atividade pelo prazer e satisfação inerentes à própria tarefa, enquanto a motivação extrínseca é impulsionada pela obtenção de recompensas externas, como pontos, medalhas ou posições em rankings (MANZANO-LEÓN *et al.*, 2021). Essa dualidade é frequentemente analisada à luz da Teoria da Autodeterminação, que enfatiza a importância das necessidades psicológicas básicas de autonomia, competência e relacionabilidade para manter o engajamento dos participantes (RYAN; DECI, 2000).

Para a criação de sistemas gamificados, modelos de design como o framework MDE

fornece um arcabouço metodológico robusto. O modelo MDE define as ações permitidas (mecânicas), os comportamentos emergentes durante a interação (dinâmicas) e as respostas emocionais desejadas (estéticas), sistematizando os elementos que influenciam a UX. Conforme ilustrado na Figura 5, a integração desses três componentes pode potencializar significativamente a eficácia do processo de aprendizagem por meio da gamificação (ROBSON *et al.*, 2015).

Figura 5 – Framework MDE para os princípios de Gamificação.



Fonte: adaptado de (ROBSON *et al.*, 2015)

A partir desses fundamentos, a implementação de estratégias gamificadas no ambiente educacional tem se mostrado eficaz para aumentar a participação e o envolvimento dos estudantes. Ao transformar o processo de aprendizagem em uma experiência dinâmica e interativa, a gamificação promove o protagonismo dos alunos, estimulando-os a se engajarem de maneira ativa na construção do conhecimento. Esse envolvimento pode resultar em melhorias significativas na motivação, na persistência em atividades desafiadoras e na aquisição de competências cognitivas e socioemocionais (MANZANO-LEÓN *et al.*, 2021). Além disso, o uso de elementos como feedback imediato, recompensas e narrativas integradas favorece a criação de um ambiente de aprendizagem mais lúdico e atrativo. Essa abordagem não só facilita a assi-

milação de conteúdos complexos, mas também promove a cooperação, a competição saudável e o desenvolvimento de habilidades críticas, reflexivas e de resolução de problemas. Estudos indicam que, ao serem expostos a contextos gamificados, os estudantes tendem a apresentar melhor desempenho acadêmico, maior engajamento e uma atitude mais positiva em relação ao processo de aprendizagem, evidenciando o potencial transformador dessas práticas no cenário educacional.

Nesse contexto, o Game Design, que consiste na concepção e organização de regras, mecânicas e experiências interativas que fundamentam jogos, desempenha um papel crucial. Ele possibilita a criação de ambientes educacionais dinâmicos e atrativos, especialmente quando se trata de jogos baseados em RV. A utilização de jogos educacionais em RV viabiliza a implementação de métodos interativos de ensino, promovendo um engajamento mais efetivo dos alunos e facilitando a assimilação de conteúdos por meio de experiências imersivas (LIN *et al.*, 2024).

#### **4.10 Déficit de Educação Financeira no Brasil**

Apesar da importância dos conhecimentos financeiros para a formação de cidadãos críticos e autônomos, a educação financeira tem recebido pouca atenção no sistema educacional brasileiro (Instituto Federal do Espírito Santo, 2024). Com isso, os conteúdos necessários para capacitar os indivíduos a atuarem de forma adequada no contexto social têm sido negligenciados, ou seja, embora as crianças tenham acesso a disciplinas tradicionais – como História, Geografia, Português, Matemática e Química – elas raramente aprendem sobre a gestão do dinheiro e a administração do patrimônio (HARTMANN *et al.*, 2024). Essa ausência de formação específica contribui para o desenvolvimento de adultos com elevados índices de descontrole financeiro, que frequentemente gastam além de suas possibilidades, mesmo quando dispõem de boas oportunidades profissionais.

Além disso, a falta de educação financeira básica impacta diretamente a sociedade. Estudos recentes, indicaram que o Brasil ocupa a 74ª posição em um ranking global de educação financeira, ficando atrás inclusive de países com menor poder econômico (Standard & Poor's Ratings Services; The Global Financial Literacy Excellence Center (GFLEC), 2015). Muitos indivíduos ingressam na velhice com níveis elevados de endividamento e sem o devido planejamento para a aposentadoria (LUSARDI; MITCHELL, 2011). Essa realidade não apenas evidencia a fragilidade dos conhecimentos individuais, mas também reflete um impacto negativo

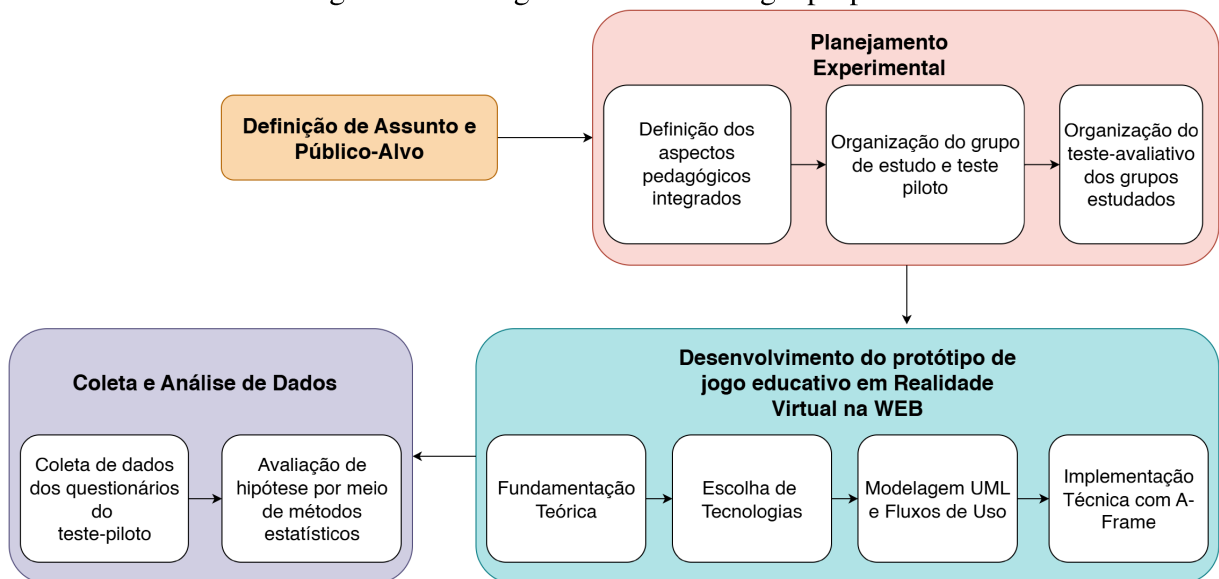
na economia, comprometendo a estabilidade financeira e a eficiência na gestão dos bens públicos.

O endividamento generalizado, que afeta desde comerciantes até profissionais de diversas áreas, gera um efeito cumulativo que prejudica a administração econômica do país. A deficiência na educação financeira compromete a capacidade dos cidadãos de gerir adequadamente seus recursos, e, conseqüentemente, limita a habilidade dos agentes políticos de gerir o bem público, visto que muitos deles não tiveram a oportunidade de aprender os fundamentos básicos da administração financeira desde a infância.

## 5 METODOLOGIA

Esta seção apresenta a metodologia adotada na pesquisa, estruturada em cinco etapas principais, conforme ilustra o fluxograma da Figura 6. Primeiramente, definiu-se o tema e o público-alvo — crianças de 8 a 12 anos — justificando a escolha da educação financeira como objeto de estudo. Em seguida, delineou-se o planejamento experimental, comparando a abordagem tradicional em sala de aula com a experiência imersiva em realidade virtual. Na terceira etapa, desenvolveu-se o protótipo de jogo educativo, embasado em referencial teórico e implementado por meio do framework A-Frame/WebXR. Posteriormente, procedeu-se à coleta de dados por meio de pré-testes, pós-testes, escalas de engajamento e observações de campo. Por fim, os resultados foram submetidos à análise quantitativa e análise qualitativa, baseada em codificação de feedbacks e observações. Essa estrutura permitiu avaliar de modo integrado tanto a eficácia quanto a aceitação da realidade virtual no ensino de conceitos básicos de finanças.

Figura 6 – Fluxograma da metodologia proposta.



Fonte: Autor

### 5.1 Assunto e Público-alvo

Para compreender de forma abrangente o potencial das tecnologias imersivas, especialmente a realidade virtual, decidiu-se investigar um tema cuja aprendizagem, quando conduzida por métodos convencionais de percepção de informações, se mostrava complexa e pouco engajadora (MORENO *et al.*, 2021a). A escolha recaiu sobre a educação financeira, área ainda pouco

explorada e difundida em muitas escolas públicas, apesar de sua relevância para a formação cidadã.

O público-alvo desta pesquisa foi definido como crianças do ensino fundamental, entre 8 e 12 anos, com o propósito de introduzir, de maneira clara e progressiva, conceitos básicos de matemática financeira e processos de tomada de decisão. A experiência imersiva foi concebida para enriquecer a motivação dos alunos, oferecendo um ambiente gamificado que favorecesse a retenção de conteúdos e incentivasse a prática ativa, em contraste com a apresentação expositiva tradicional.

## **5.2 Planejamento Experimental e Formulação das Hipóteses**

Embora a Base Nacional Comum Curricular já tenha recomendado a inclusão da educação financeira no currículo escolar (FRANZONI *et al.*, 2018), constatou-se, sobretudo em instituições públicas, uma implementação heterogênea e insuficiente desses conteúdos (Instituto Federal do Espírito Santo, 2024). Estudos anteriores ressaltaram a relevância de promover a autonomia e o senso crítico em decisões econômicas desde os primeiros anos de vida (SILVA; LAUTERT, 2023b), o que fundamentou a escolha dos tópicos de lucro e matemática financeira básica como foco principal desta investigação.

O delineamento experimental foi organizado em duas abordagens distintas de apresentação de conteúdo: o método convencional, que se apoiou na leitura de artigos e materiais textuais, e o método baseado em realidade virtual, no qual os estudantes foram imersos em uma loja virtual tridimensional. Nesta última abordagem, cada participante utilizou um smartphone acoplado a um óculos de RV, permitindo-lhe executar tarefas de atendimento a clientes, avaliação de preços, cálculo de troco e tomada de decisões de compra e venda. Essa estrutura facilitou a comparação direta entre os dois métodos, tanto em termos de motivação quanto de desempenho acadêmico.

### **5.2.1 Hipóteses sobre Motivação**

A motivação influenciou o que, como e quando os alunos assimilavam o conhecimento, estando estreitamente ligada ao desenvolvimento de atitudes e ao esforço persistente na busca de metas estabelecidas (LI; KELLER, 2018). Definiu-se a motivação como um conjunto de processos destinados a: (i) despertar e manter a atenção dos estudantes (A); (ii) evidenciar

a relevância (R) do conteúdo; (iii) reforçar a crença na própria capacidade de êxito (C); e (iv) proporcionar sensação de satisfação (S) pelos avanços alcançados (CABERO-ALMENARA; ROIG-VILA, 2019). O modelo ARCS de Keller ofereceu, nesse contexto, diretrizes para a concepção de estratégias motivacionais (LI; KELLER, 2018), tendo demonstrado eficácia em estudos prévios com tecnologias imersivas (MORENO *et al.*, 2021a). Assim, formularam-se as seguintes hipóteses de motivação:

- **H1:** Existiu diferença significativa nos escores de **atenção** entre pré-teste e pós-teste.
- **H2:** Existiu diferença significativa nos escores de **relevância** entre pré-teste e pós-teste.
- **H3:** Existiu diferença significativa nos escores de **confiança** entre pré-teste e pós-teste.
- **H4:** Existiu diferença significativa nos escores de **satisfação** entre pré-teste e pós-teste.

### 5.2.2 *Hipótese sobre Desempenho*

Conceituou-se desempenho acadêmico como o grau de alcance dos objetivos educacionais planejados (BERNACKI *et al.*, 2019). Para verificar a aprendizagem de conceitos introdutórios de matemática financeira e de tomada de decisão crítica — temas cruciais nos anos iniciais pela maior suscetibilidade à aquisição de novas informações nessa fase (SILVA; LAUTERT, 2023b) — avaliou-se também o desempenho em cálculo de lucro e troco. Assim, testou-se a seguinte hipótese:

- **H5:** Os alunos que aprenderam por meio do Sabidin Playground apresentaram escores superiores em **testes de cálculo de lucro e troco**, em comparação aos submetidos ao método tradicional.

### 5.2.3 *Hipóteses de Aceitação Tecnológica*

Baseado no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) (DAVIS, 1989), que postula que a intenção de uso de um sistema é influenciada pela percepção de facilidade de uso (PEU) — o grau em que o usuário acredita que a utilização exige baixo esforço —, pela percepção de utilidade (PU) — o quanto o sistema pode melhorar seu desempenho —, e pela intenção de uso (ITU) — a probabilidade ou vontade de o usuário realmente utilizar a tecnologia no futuro —, formulamos as seguintes hipóteses para o Sabidin Playground suportadas por análises de correlação e regressão múltipla:

- **H6:** A qualidade percebida influencia positivamente a Perceived Usefulness (PU) por meio da mediação da Perceived Ease of Use (PEU).

- **H7:** A Perceived Usefulness (PU) mediará completamente o efeito da qualidade percebida na intenção de uso (ITU), de forma que não haja efeito direto da qualidade sobre ITU quando PU for considerada.
- **H8:** O ganho de desempenho acadêmico (diferença pré-pós) correlaciona-se positivamente com a Perceived Usefulness (PU), indicando que maior aprendizagem está associada a maior utilidade percebida.

#### 5.2.4 *Hipótese sobre Qualidade do Sabidin Playground*

A qualidade de software abarcou atributos desejáveis de um produto, tais como design, usabilidade, operabilidade, segurança, compatibilidade, manutenibilidade e funcionalidade (DALLA; AL., 2020). Na avaliação de aplicações de realidade virtual, consideraram-se indicadores como tempo de resposta, sensação de presença (WITMER; SINGER, 1998), nível de imersão (JENNETT *et al.*, 2008) e ocorrência de cinetose (KENNEDY *et al.*, 1993). Neste estudo, aferiu-se a qualidade do Sabidin Playground com base em design e usabilidade, valendo-se da escala SUS proposta por Brooke (BROOKE, 1996). Embora a literatura não apresente valores padronizados mínimos para escalas Likert de cinco pontos, adotou-se, com base em análise prévia de tecnologias imersivas, um limiar de qualidade superior a 3,8 (MORENO *et al.*, 2021a). Assim, formulou-se:

- **H9:** A média dos escores atribuídos pelos alunos à qualidade do Sabidin Playground excedeu 3,8.

#### 5.2.5 *Aspectos Pedagógicos Integrados*

A estrutura pedagógica do ambiente VR baseou-se em preceitos de construção de conhecimento ativo e contextualizado. Foram projetados desafios interativos nos quais os alunos avaliavam ofertas de compra com valores e quantidades variadas, identificando situações de lucro ou prejuízo. Esse processo reforçou a análise lógica e a compreensão de riscos e oportunidades, elementos fundamentais para o desenvolvimento de competências econômicas (SILVA; LAUTERT, 2023b).

Paralelamente, integraram-se atividades de cálculo de troco, nas quais as crianças combinavam diferentes cédulas virtuais para obter o valor exato. Essas tarefas permitiram exercitar operações básicas de adição e subtração em um contexto realista, aumentando a relevância dos exercícios e facilitando a transferência do aprendizado para situações cotidianas

(ANDRADE *et al.*, 2021).

Em todos os momentos, enfatizou-se a internalização da noção de margem de lucro, de modo que cada decisão tomada pelos alunos refletisse o equilíbrio entre ganho e custo (SILVA; LAUTERT, 2023a). Essa dinâmica propiciou não apenas o domínio de conceitos técnicos, mas também estimulou valores de reflexão crítica e responsabilidade econômica desde os primeiros anos escolares.

Com o desenho pedagógico e experimental do estudo estabelecido, a próxima fase crucial consistiu na concretização do ambiente que viabilizaria a pesquisa e a coleta de dados. Para a efetivação do plano proposto e a subsequente aplicação dos instrumentos de avaliação, como os formulários de pré-teste e pós-teste, tornou-se essencial o desenvolvimento de um protótipo funcional de ambiente educacional em realidade virtual. Este protótipo seria a ferramenta central para proporcionar a experiência imersiva fundamental à pesquisa, permitindo a exploração do potencial das tecnologias XR na educação financeira.

### **5.3 Desenvolvimento do Protótipo de Jogo Educativo em Realidade Virtual na Web**

O desenvolvimento de um protótipo de jogo educativo em realidade virtual na web envolve diversas etapas que abrangem desde a concepção da ideia e fundamentação teórica até a escolha de tecnologias, implementação técnica e planejamento do game design. Neste contexto, busca-se abordar como a aplicação de conceitos de educação financeira pode ser integrada em um ambiente virtual interativo e acessível, explorando ferramentas tecnológicas modernas como o A-Frame, além de destacar as metodologias adotadas para modelagem, design e desenvolvimento do sistema. A seguir, detalham-se as principais fases deste processo, ilustradas por diagramas, capturas de tela e fluxogramas que evidenciam o fluxo de interação do usuário e os aspectos pedagógicos integrados ao projeto.

#### **5.3.1 Origem da Ideia e Fundamentação Teórica**

A proposta do *Sabidin Playground* surgiu ao identificar-se um déficit na educação financeira no Brasil, sobretudo entre crianças (HARTMANN *et al.*, 2024). Reconheceu-se que a educação financeira é essencial em todas as fases da vida, pois auxilia no planejamento, na tomada de decisões fundamentadas e na aplicação prática da matemática financeira no dia a dia (SILVA; LAUTERT, 2023b). Contudo, esse tema raramente é tratado de forma prática nos

currículos escolares, tanto em instituições públicas quanto privadas.

A falta de instrução adequada sobre gestão de recursos financeiros faz com que, mesmo tendo acesso a disciplinas tradicionais, as crianças não aprendam a administrar o dinheiro que receberão, o que se reflete, posteriormente, em altos índices de endividamento na vida adulta (HARTMANN *et al.*, 2024). A fim de contribuir como o preenchimento dessa lacuna, concebeu-se uma solução que une ludicidade e prática, inspirada nas tradicionais brincadeiras de “lojinha”. O protótipo foi planejado para oferecer um ambiente imersivo em que as crianças pudessem desenvolver, de forma interativa e lúdica, competências financeiras, tais como tomada de decisão crítica e cálculo correto de troco. Para garantir acessibilidade, optou-se pelo uso de realidade virtual via web, permitindo o acesso por meio de smartphones equipados com acelerômetro e giroscópio.

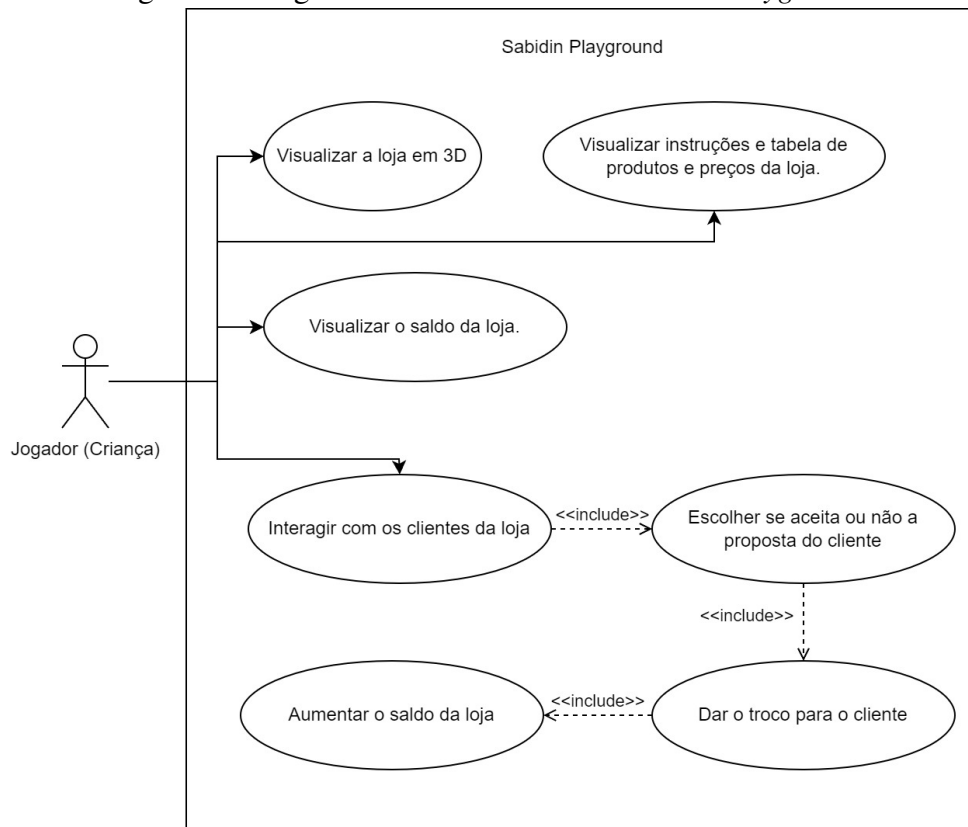
### **5.3.2 Escolha de Tecnologias**

Inicialmente, considerou-se utilizar a Three.js integrada à API WebXR para o desenvolvimento do sistema. No entanto, visando acelerar a prototipação, escolheu-se o framework A-Frame, que possibilita a criação de cenas 3D por meio de HTML, CSS e JavaScript. A implementação foi realizada importando o A-Frame via CDN, definindo a cena 3D em marcações HTML, aplicando estilos via CSS e programando a lógica em JavaScript com as funções nativas do A-Frame.

### **5.3.3 Modelagem UML**

Antes de iniciar o desenvolvimento web, modelou-se toda a lógica do jogo em UML. Para representar os atores envolvidos e suas interações com o sistema, elaborou-se um diagrama de casos de uso, como ilustrado na Figura 7. Neste modelo, o usuário (criança) atua como o jogador principal, interagindo com um ambiente 3D que simula uma loja. O diagrama detalha as ações-chave, como visualizar produtos e seus preços, receber propostas de compra dos clientes, decidir entre aceitar ou rejeitar a transação e, em caso de aceitação, calcular e fornecer o troco correto, com base na diferença entre o valor recebido e o preço do produto. A Figura 7, portanto, visualiza a estrutura fundamental do jogo e o papel do usuário dentro de suas mecânicas principais.

Figura 7 – Diagrama de caso de uso do *Sabidin Playground*.



Fonte: Autor

### 5.3.4 Implementação Técnica com A-Frame

O desenvolvimento técnico teve início pela definição da identidade visual: criação do logotipo, escolha de cores e tipografias e elaboração dos primeiros esboços dos personagens. Em seguida, modelou-se a loja em um ambiente 3D simples, utilizando texturas básicas, e exportou-se o modelo no formato GLB, otimizado para web. Paralelamente, criou-se os assets (botões, painéis informativos e personagens) em softwares gráficos como o Photoshop, garantindo qualidade visual e fácil integração ao protótipo.

Posteriormente, construiu-se a cena 3D com o sistema de entidades e componentes do A-Frame. O cenário de fundo, implementado em um plano texturizado, recebeu animações de escala para conferir dinamismo. A lógica do jogo foi programada em JavaScript e A-Frame, criando-se um sistema de rodadas que randomiza as propostas dos clientes (textura, troco, nome e valor) para evitar repetição. A interação ocorre pelo cursor (com `fuse="true"`), que, via raycasting, detecta colisões com elementos interativos, permitindo ao jogador aceitar ou negar propostas e fornecer o troco adequado, enquanto o saldo é atualizado dinamicamente. Essa abordagem compensou a impossibilidade de usar touchscreen em dispositivos VR Box.

### 5.3.5 Game Design e Identidade Visual

O game design do *Sabidin Playground* seguiu o framework MDE (Mecânicas, Dinâmicas e Emoções) (ROBSON *et al.*, 2015):

- **Mecânicas:** Regras claras, como selecionar propostas lucrativas e calcular corretamente o troco. As recompensas vincularam-se ao acúmulo de saldo na “lojinha”.
- **Dinâmicas:** Navegação em ambiente 360° com elementos de UI posicionados estrategicamente. O cursor do A-Frame (`fuse="true"`) possibilita interação pelo olhar, facilitando a seleção de botões (aceitar, negar, dar troco) e a visualização de informações (preços e saldo).
- **Emoções:** O design buscou evocar atenção, pensamento crítico, satisfação e ambição, fundamentais para manter o engajamento. Criou-se o mascote “Betinho” como guia carismático, tornando a experiência mais divertida e acolhedora.

A identidade visual adotou uma paleta de tons pastéis (azul, verde e amarelo) e tipografia sem serifa, visando um ambiente lúdico, acolhedor e competitivo. Para conferir um caráter universal, representou-se os personagens como animais humanizados, evitando estereótipos de gênero. A aplicação dessas escolhas visuais no ambiente de jogo pode ser observada na Figura 8, que apresenta uma captura de tela do *Sabidin Playground* em ação, destacando a interface e o cenário geral. Complementarmente, a Figura 9 ilustra os diversos personagens que interagem com o jogador, evidenciando o estilo artístico adotado e a variação visual entre eles.

Figura 8 – Captura de tela do *Sabidin Playground*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 – Personagens do *Sabidin Playground*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3.6 Fluxo de Interação do Usuário

O fluxo de interação foi cuidadosamente projetado para estimular os aspectos pedagógicos planejados. Ao acessar o link do *Sabidin Playground*, o usuário inicia imediatamente uma partida, na qual os clientes começam a chegar para comprar produtos. A interação ocorre primariamente pelo cursor “fuse” do A-Frame, que permite o controle através do olhar, eliminando a necessidade de controles externos e aumentando a acessibilidade. O jogador inicia visualizando seu catálogo de produtos, que apresenta os itens disponíveis e seus preços fixos, conforme detalhado na Figura 10. Essa visualização clara dos preços é fundamental para a tomada de decisões subsequente.

Cada proposta de compra é gerada de forma única para cada cliente, o que adiciona um elemento de imprevisibilidade ao jogo e aumenta o fator replay. Um exemplo de como uma proposta se apresenta ao jogador, incluindo o item desejado e o valor oferecido, pode ser visualizado na Figura 11. Com base nessas informações, o usuário decide se a transação resultará em lucro, optando por aceitar ou negar a oferta.

Para enriquecer a experiência de aprendizado, o mascote *Betinho* oferece feedback imediato, seja ele positivo ou corretivo, conforme exemplificado na Figura 12. Esse retorno visual e contextual ajuda o jogador a compreender as consequências de suas decisões financeiras.

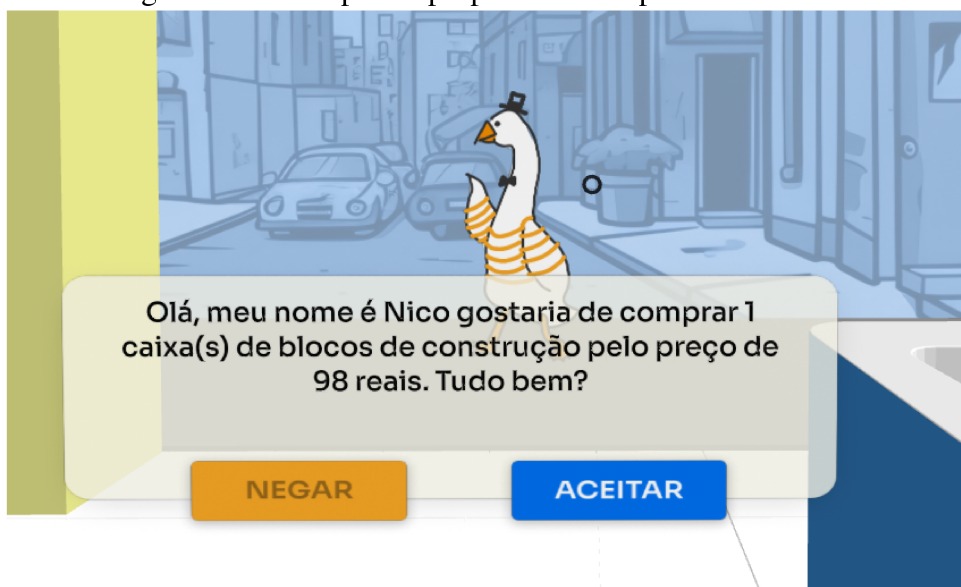
Se o cliente for recusado, passa-se para a próxima rodada. Se a proposta for aceita, o usuário é então desafiado a calcular e entregar o troco correto de acordo com o pedido do cliente. A lógica subjacente à etapa de tomada de decisão baseada no cálculo de lucro é resumida no fluxograma da Figura 13, que detalha os caminhos condicionais e as decisões do jogador

Figura 10 – Catálogo de produtos da loja no *Sabidin Playground*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – Exemplo de proposta de compra de um cliente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

na transação. Para auxiliar o jogador no cálculo do troco, a Figura 14 mostra um exemplo de como a solicitação de troco é apresentada pelo cliente, enquanto a Figura 15 apresenta a bancada de cédulas virtuais disponíveis para que o jogador componha o valor exato, representando visualmente as opções de pagamento.

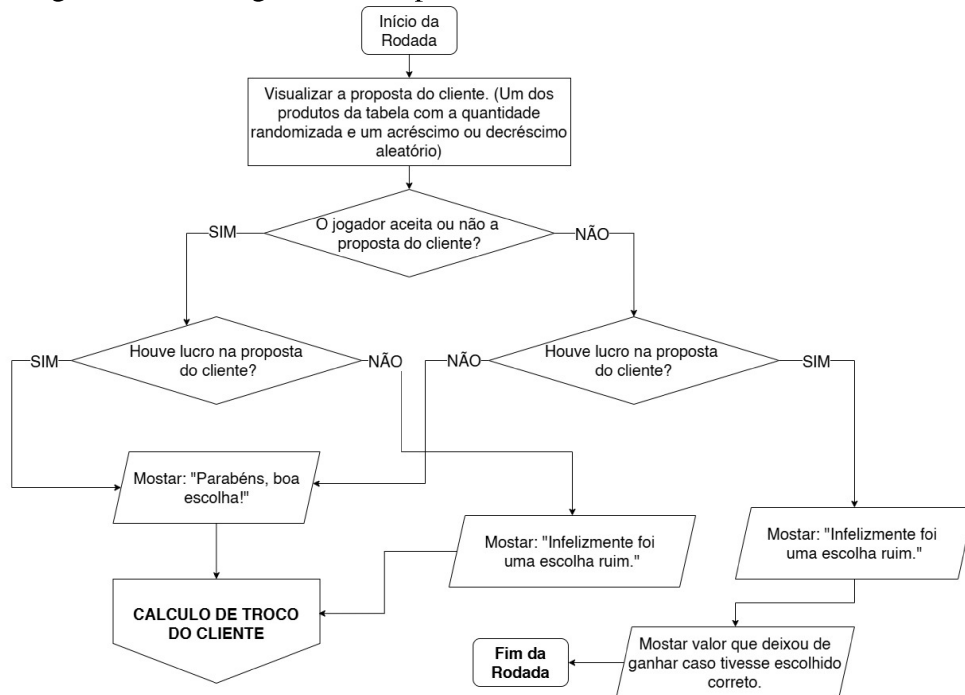
A lógica completa por trás do cálculo e da entrega do troco ao cliente é sumarizada no fluxograma da Figura 16. Este diagrama ilustra o processo detalhado, incluindo as validações

Figura 12 – Feedback do *Betinho* sobre a decisão de lucro do usuário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 – Fluxograma da etapa de decisão baseada no cálculo de lucro.



Fonte: Elaborado pelo autor.

e as atualizações de saldo na loja. Um aspecto importante é que, ao entregar o troco, o sistema atualiza o saldo da loja localmente, e se o valor fornecido for maior do que o correto, a diferença é de fato adicionada ao saldo do cliente na loja. Essa mecânica foi implementada para que o jogador compreenda diretamente a consequência de uma decisão financeira equivocada.

Conclui-se que cada rodada desafia o usuário a tomar decisões baseadas no conceito de lucro e a realizar cálculos financeiros para entregar o troco correto, estimulando assim os dois

Figura 14 – Exemplo de solicitação de troco pelo cliente.



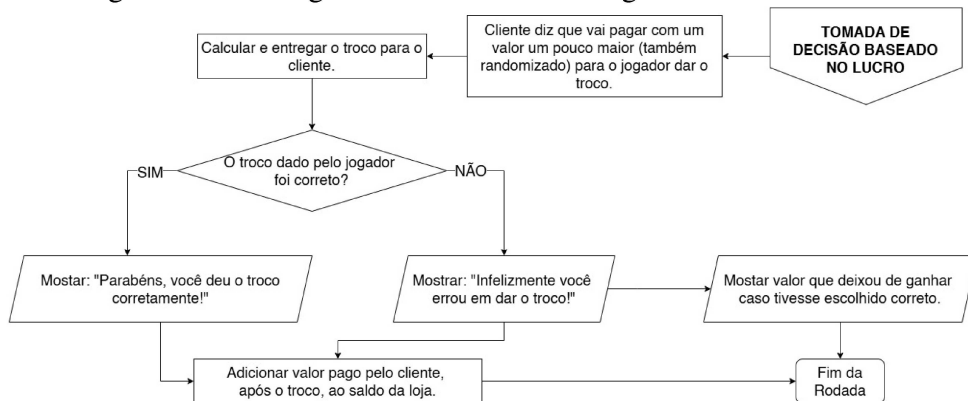
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 – Bancada de cédulas para composição do troco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 – Fluxograma do cálculo e entrega do troco ao cliente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

principais aspectos pedagógicos planejados.

## **5.4 Coleta e Análise de Dados**

Esta seção detalha os procedimentos rigorosos empregados para a coleta e posterior análise dos dados, fundamentais para investigar o potencial da realidade virtual na educação financeira. Serão apresentadas desde as etapas da condução do experimento, com a aplicação de pré-testes e pós-testes, até as metodologias estatísticas utilizadas para interpretar os resultados e verificar as hipóteses propostas. O objetivo é oferecer uma compreensão clara de como as informações foram obtidas e transformadas em conclusões significativas sobre a eficácia e aceitação do protótipo desenvolvido.

### **5.4.1 Procedimentos da Coleta de Dados**

Com o intuito de investigar o potencial da realidade virtual na educação financeira, organizou-se uma atividade experimental estruturada em quatro momentos principais: uma instrução teórica inicial, seguida de uma avaliação pré-experiência (pré-teste), a interação imersiva no ambiente de realidade virtual e, por fim, uma avaliação pós-experiência (pós-teste).

A primeira fase, referente à instrução teórica, consistiu em uma breve revisão dos conceitos de lucro e troca. Para isso, utilizou-se um texto informativo elaborado com o auxílio de alunos dos semestres finais do curso de Ciências Contábeis da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UEVA). O objetivo desse material era garantir que todos os participantes tivessem um nível mínimo e homogêneo de compreensão prévia sobre os conceitos que seriam abordados na pesquisa, padronizando o conhecimento inicial.

Após a instrução, foi aplicado o formulário de pré-teste, estruturado no Google Forms. Este formulário abrangia duas categorias principais de perguntas: (i) questões objetivas para mensuração do desempenho dos participantes especificamente sobre lucro e troca; e (ii) perguntas relacionadas aos quatro fatores do modelo ARCS (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação), que avaliam aspectos da motivação. Para cada dimensão, foram utilizados três itens com uma escala Likert de cinco pontos, conforme recomendações da literatura (CABERO-ALMENARA; ROIG-VILA, 2019; LI; KELLER, 2018). A escala Likert permite que os participantes expressem seu grau de concordância ou discordância, variando de "Discordo Totalmente" a "Concordo Totalmente".

Com o preenchimento do formulário inicial concluído, os participantes procederam à interação com o *Sabidin Playground*, um ambiente educacional em realidade virtual web acessado diretamente por meio de navegador de internet. A experiência foi conduzida de forma individual e supervisionada, com cada aluno utilizando um computador e fone de ouvido para uma imersão completa. A interação no ambiente ocorreu principalmente através da funcionalidade de cursor de olhar (fuse), um método que permite ao usuário interagir com elementos virtuais apenas direcionando o olhar, sem a necessidade de controles externos, o que amplia a acessibilidade da experiência.

Finalizada a exploração do ambiente de realidade virtual, os alunos responderam ao formulário de pós-teste, também disponibilizado no Google Forms. Este questionário incluía:

- o mesmo bloco de questões de desempenho do pré-teste, o que permitiu uma mensuração direta da aprendizagem e do impacto da intervenção;
- o mesmo conjunto de perguntas do modelo ARCS, utilizado para avaliar possíveis mudanças na motivação percebida pelos participantes após a experiência com a realidade virtual;
- itens de avaliação da aceitação tecnológica, organizados segundo os construtos do modelo TAM (DAVIS, 1989), a saber: *Perceived Ease of Use* (PEU), que se refere à facilidade percebida no uso da tecnologia; *Perceived Usefulness* (PU), que avalia a utilidade percebida da tecnologia; e *Intention to Use* (ITU), que mede a intenção de continuar usando a tecnologia;
- um bloco de cinco itens referentes à qualidade percebida do sistema, adaptados a partir de estudos anteriores em tecnologias imersivas (MORENO *et al.*, 2021a). Este bloco buscou avaliar aspectos técnicos e de usabilidade da plataforma.

É importante ressaltar que todos os blocos de perguntas utilizaram a mesma escala Likert de cinco pontos, garantindo a consistência na coleta de dados e facilitando a comparação entre as diferentes dimensões. Além disso, os itens de *Perceived Usefulness* (PU), *Perceived Ease of Use* (PEU), *Intention to Use* (ITU) e Qualidade percebida foram desenvolvidos com base em adaptações e recomendações da literatura (DAVIS, 1989; LI; KELLER, 2018) e validados junto aos mesmos especialistas que auxiliaram na construção dos testes de desempenho, assegurando a robustez e a pertinência das questões.

### 5.4.2 Análise Quantitativa dos Dados

Nesta subseção, descrevem-se os procedimentos de tratamento e análise dos dados coletados nos formulários de pré e pós-teste, bem como as técnicas estatísticas utilizadas para testar as hipóteses relacionadas à motivação, desempenho e aceitação tecnológica. Adotou-se um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) para todas as análises, o que significa que resultados com um valor de  $p$  inferior a 0,05 são considerados estatisticamente significativos, indicando que a probabilidade de ocorrerem por acaso é muito baixa (FIELD, 2013).

#### 5.4.2.1 Cálculo dos Construtos

Para cada participante  $i$ , as pontuações nos construtos (ou seja, as dimensões que queríamos medir, como Atenção, Relevância, etc.) foram calculadas como médias dos respectivos itens que compunham cada um. Isso permitiu obter um valor único para cada construto, representando a percepção ou o nível de cada participante naquela dimensão:

$$A_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \text{atencao}_{ij}, \quad R_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \text{relevancia}_{ij}, \quad (5.1)$$

$$C_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \text{confianca}_{ij}, \quad S_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \text{satisfacao}_{ij}, \quad (5.2)$$

$$PU_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \text{pu}_{ij}, \quad PEU_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \text{peu}_{ij}, \quad (5.3)$$

$$ITU_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \text{itu}_{ij}, \quad \text{Qual}_i = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 \text{qualidade}_{ij}. \quad (5.4)$$

O ganho de desempenho acadêmico ( $DP_i$ ) em cálculo de lucro e troca foi definido como a diferença entre a pontuação obtida após a intervenção e a pontuação antes dela, permitindo mensurar o aprendizado:

$$DP_i = X_{i,\text{pós}} - X_{i,\text{pré}}, \quad (5.5)$$

onde  $X_{i,\text{pré}}$  e  $X_{i,\text{pós}}$  são as pontuações totais (variando de 0 a 100) nos testes aplicados antes e depois da intervenção, respectivamente.

#### 5.4.2.2 Verificação de Normalidade

A normalidade das distribuições de cada variável foi avaliada pelo teste de Shapiro–Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Este teste é crucial para determinar se os dados seguem uma distribuição normal, o que influencia a escolha dos testes estatísticos subsequentes. A hipótese nula ( $H_0$ ) para este teste estabelece que os dados seguem uma distribuição normal, enquanto a hipótese alternativa ( $H_1$ ) indica que não seguem:

$$H_0 : \text{dados seguem distribuição normal}; \quad H_1 : \text{dados não seguem distribuição normal.} \quad (5.6)$$

Variáveis com um  $p$ -valor inferior a 0,05 rejeitaram a hipótese nula, o que nos orientou a utilizar testes estatísticos não paramétricos, mais adequados para dados que não possuem distribuição normal.

Quando a maioria dos construtos ARCS, de desempenho e de qualidade não apresentava distribuição normal ( $p < 0,05$ ), foi necessário aplicar testes não paramétricos, que não dependem da premissa de normalidade dos dados.

#### 5.4.2.3 Comparações Pré–Pós ( $H1-H5$ )

Para comparar os resultados dos mesmos participantes antes e depois da intervenção, aplicou-se o teste de Wilcoxon para amostras pareadas (WILCOXON, 1945). Este teste é utilizado para verificar se há uma diferença significativa entre as medianas de duas amostras relacionadas. Suas hipóteses são definidas como:

$$H_0 : \text{mediana}(X_{\text{pós}} - X_{\text{pré}}) = 0; \quad H_A : \text{mediana}(X_{\text{pós}} - X_{\text{pré}}) \neq 0. \quad (5.7)$$

Nos resultados, reportaram-se o estatístico  $W$  (que é o valor do teste), o  $p$ -valor (que indica a significância estatística) e o tamanho de efeito  $r$ , calculado como

$$r = \frac{Z}{\sqrt{n}}, \quad (5.8)$$

onde  $Z$  é o valor- $z$  aproximado e  $n$  o número de pares. O tamanho de efeito  $r$  é importante para indicar a magnitude da diferença observada, complementando a informação sobre a significância estatística.

#### 5.4.2.4 Correlação e Regressão (H6–H8)

Para testar as hipóteses de aceitação tecnológica, que investigam a relação entre diferentes aspectos da percepção do usuário e sua intenção de uso, procedeu-se a duas análises complementares:

- **Correlação de Pearson:** Utilizada para avaliar a existência e a força de associações lineares entre as variáveis. Em termos mais simples, este teste verifica se, à medida que uma variável aumenta, a outra tende a aumentar ou diminuir de forma consistente. Sua fórmula é:

$$r_{XY} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}, \quad \text{com a hipótese nula } H_0 : \rho_{XY} = 0, \text{ indicando ausência de correlação.}$$

- **Regressão Linear Múltipla:** Empregada para construir um modelo preditivo, explicando como a intenção de uso é influenciada por múltiplos fatores. Especificamente, modelou-se como a intenção de usar (ITU) se relaciona com a utilidade percebida (PU) e a facilidade de uso percebida (PEU):

$$\text{ITU}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{PU}_i + \beta_2 \text{PEU}_i + \varepsilon_i,$$

onde  $\beta_0$  é o intercepto,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  são os coeficientes que indicam a força e direção da influência de PU e PEU, respectivamente, e  $\varepsilon_i$  representa o erro aleatório. Os coeficientes  $\beta_j$  foram estimados pelo método dos mínimos quadrados, e a qualidade do modelo foi avaliada por meio do  $R^2$  (que indica o percentual da variância explicada), do estatístico  $F$  (que testa a significância geral do modelo) e dos testes  $t$  para os coeficientes individuais, verificando a contribuição de cada preditor.

#### 5.4.2.5 Teste de Uma Amostra para Qualidade (H9)

Para verificar se a qualidade percebida do sistema excedia um limiar predefinido de 3,8 (considerado um ponto de corte que indica uma avaliação geralmente positiva)(MORENO *et al.*, 2021a), aplicou-se o teste de Wilcoxon de uma amostra sobre a diferença entre a pontuação de qualidade de cada participante e este limiar:

$$Y_i = \text{Qual}_i - 3,8,$$

com a hipótese nula  $\text{mediana}(Y) = 0$  (ou seja, a qualidade não é significativamente diferente do limiar) e a hipótese alternativa  $\text{mediana}(Y) > 0$  (indicando que a qualidade percebida é significativamente maior que 3,8).

## 6 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com a aplicação do Sabidin Playground. A Seção 6.1 detalha a caracterização da amostra participante. A Seção 6.2 aborda a confiabilidade dos instrumentos de pesquisa utilizados, enquanto a Seção 6.3 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis e a avaliação de normalidade dos dados. A Seção 6.4 discute os testes de hipóteses relacionados à motivação (H1-H4), e a Seção 6.5 foca nos resultados da hipótese de desempenho (H5). Por fim, a Seção 6.6 apresenta a análise das hipóteses de aceitação tecnológica (H6-H8), incluindo as relações entre qualidade, facilidade de uso, utilidade e intenção de uso, e a Seção 6.7 descreve o teste da qualidade geral do protótipo (H9). Essas análises, em conjunto, permitem avaliar o potencial de utilização de tecnologias imersivas na educação, especialmente no contexto infantil.

### 6.1 Caracterização da Amostra

A pesquisa foi conduzida em uma escola técnica que oferece aulas para crianças do ensino fundamental. A amostra do estudo consistiu em 24 alunos do ensino fundamental, com idades entre 8 e 12 anos, que compunham a turma onde a intervenção foi realizada. A distribuição de gênero dessa amostra foi de aproximadamente 70,8% masculino e 29,2% feminino. Essa mesma amostra participou das análises de pré e pós-intervenção com Realidade Virtual (RV).

### 6.2 Confiabilidade dos Instrumentos

A consistência interna dos instrumentos de coleta de dados foi avaliada por meio do coeficiente Alfa de Cronbach. Observou-se alta confiabilidade para todas as dimensões da escala ARCS: Atenção ( $\alpha = 0,942$ ), Relevância ( $\alpha = 0,898$ ), Confiança ( $\alpha = 0,934$ ) e Satisfação ( $\alpha = 0,959$ ). Similarmente, os construtos do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) apresentaram excelentes índices de confiabilidade: Percepção de Utilidade (PU:  $\alpha = 0,905$ ), Percepção de Facilidade de Uso (PEU:  $\alpha = 0,864$ ) e Intenção de Uso (ITU:  $\alpha = 0,970$ ). A escala de Qualidade do Sabidin Playground também demonstrou alta consistência interna ( $\alpha = 0,962$ ). Esses valores indicaram que os instrumentos utilizados eram confiáveis para a mensuração dos construtos propostos.

### 6.3 Análise Descritiva das Variáveis

As estatísticas descritivas das variáveis mensuradas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas (Média e Desvio Padrão) das Variáveis do Estudo.

<b>Dimensão</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<i>ARCS Pré-Intervenção</i>		
Atenção	3,125	1,203
Relevância	3,194	1,289
Confiança	3,208	1,303
Satisfação	3,111	1,318
<i>ARCS Pós-Intervenção</i>		
Atenção	4,040	1,081
Relevância	4,040	1,098
Confiança	3,960	1,060
Satisfação	4,067	1,143
<i>Desempenho</i>		
Total Pré-teste	36,67	28,08
Total Pós-teste	44,80	31,77
<i>Construtos TAM</i>		
Percepção de Utilidade (PU)	4,080	1,115
Percepção de Facilidade de Uso (PEU)	3,860	1,141
Intenção de Uso (ITU)	4,220	1,173
<i>Qualidade do Protótipo</i>		
Qualidade Geral	4,064	1,073

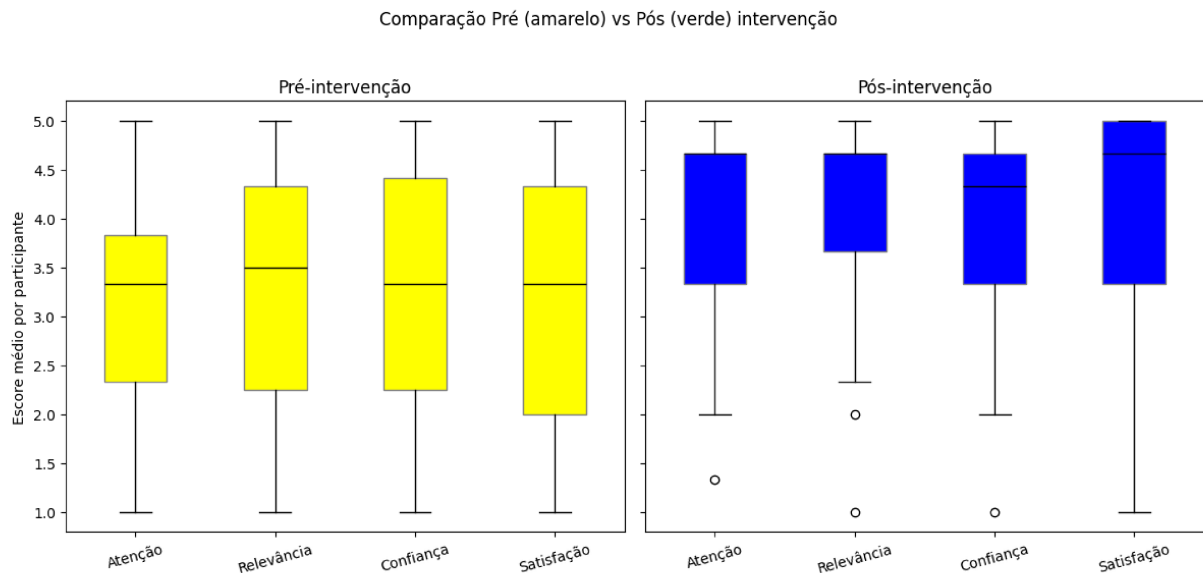
A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para as dimensões do ARCS no pré-teste, os dados mostraram-se aproximadamente normais (Atenção:  $W = 0,952$ ,  $p = 0,300$ ; Relevância:  $W = 0,937$ ,  $p = 0,138$ ; Confiança:  $W = 0,936$ ,  $p = 0,132$ ; Satisfação:  $W = 0,936$ ,  $p = 0,132$ ). Contudo, no pós-teste, todas as dimensões do ARCS apresentaram distribuição não normal (Atenção:  $W = 0,820$ ,  $p = 0,0005$ ; Relevância:  $W = 0,820$ ,  $p = 0,0005$ ; Confiança:  $W = 0,855$ ,  $p = 0,0022$ ; Satisfação:  $W = 0,803$ ,  $p = 0,0003$ ).

Os construtos do TAM (PU:  $W = 0,805$ ,  $p = 0,0003$ ; PEU:  $W = 0,877$ ,  $p = 0,0061$ ; ITU:  $W = 0,721$ ,  $p = 0,0000$ ) e a Qualidade do Software ( $W = 0,827$ ,  $p = 0,0007$ ) também apresentaram distribuições não normais. Para os escores de desempenho, tanto o pré-teste ( $W = 0,853$ ,  $p = 0,0025$ ) quanto o pós-teste ( $W = 0,915$ ,  $p = 0,0399$ ) demonstraram não normalidade. A não normalidade da maioria das distribuições justificou a escolha de testes não paramétricos para as análises de comparação.

#### 6.4 Testes de Hipóteses de Motivação (H1–H4)

Pode-se ter uma visão geral da distribuição de dados das dimensões de motivação antes e depois da utilização da RV na Figura 17.

Figura 17 – Gráfico boxplot comparando distribuição de dados das dimensões ARCS antes e depois da utilização de RV



Fonte: Autor

Para avaliar as diferenças na motivação antes e depois da intervenção, foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras pareadas. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do Teste de Wilcoxon para as Dimensões de Motivação (ARCS).

Dimensão	W	p-valor	r	Significância
Atenção	67,00	0,0307	0,23	Significativa
Relevância	50,00	0,0398	0,26	Significativa
Confiança	76,00	0,1008	0,17	Não Significativa
Satisfação	45,50	0,0261	0,19	Significativa

A análise dos testes de hipóteses para motivação revelou os seguintes resultados:

- A Hipótese H1, que postulava uma diferença significativa nos escores de atenção entre pré-teste e pós-teste, **foi suportada** pelos dados ( $W = 67,00$ ,  $p = 0,0307$ ), indicando um aumento na atenção.
- Da mesma forma, a Hipótese H2, referente à relevância, também **foi confirmada** ( $W = 50,00$ ,  $p = 0,0398$ ), com um aumento percebido na relevância do conteúdo.

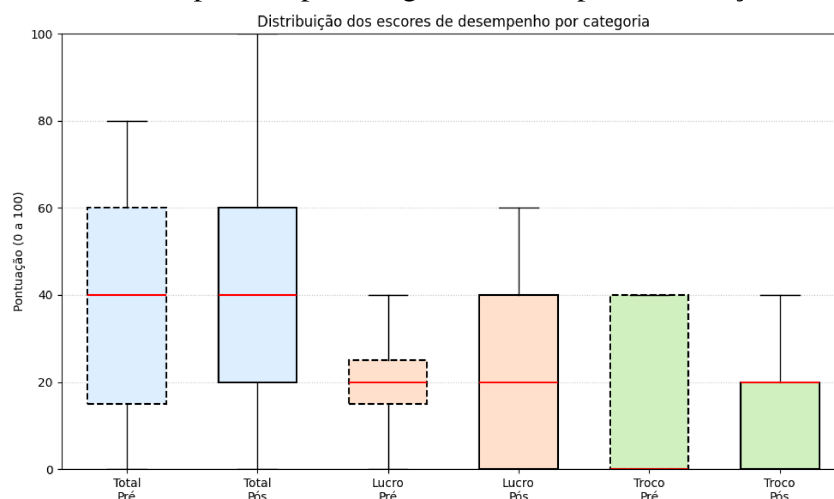
- A Hipótese H4, sobre a satisfação, mostrou uma diferença significativa ( $W = 45,50$ ,  $p = 0,0261$ ), sugerindo que os estudantes se sentiram mais satisfeitos após a intervenção. Portanto, a Hipótese H4 **foi suportada**.
- No entanto, a Hipótese H3, que previa uma diferença significativa nos escores de confiança, **não foi suportada** ( $W = 76,00$ ,  $p = 0,1008$ ), indicando que não houve mudança estatisticamente significativa na confiança dos alunos em relação ao conteúdo.

Os tamanhos de efeito ( $r$ ) para todas as dimensões foram pequenos. Estes achados estão alinhados com a expectativa de que tecnologias imersivas podem influenciar positivamente a motivação (MORENO *et al.*, 2021a). A aplicação de elementos gamificados e interativos, como os presentes no Sabidin Playground, pode aumentar o engajamento e a motivação, o que é corroborado por estudos que investigam a relação entre motivação e o uso de realidade aumentada em contextos educacionais (SARKAR *et al.*, 2020).

## 6.5 Hipótese de Desempenho (H5)

O desempenho acadêmico foi avaliado comparando os escores totais dos testes de lucro e troco antes e depois da intervenção. O escore médio no pré-teste foi de 36,67 (DP = 28,08), enquanto no pós-teste, a média aumentou para 44,80 (DP = 31,77), representando um aumento percentual de 22,18%. A Figura 18 apresenta uma visão geral da distribuição dos dados de desempenho, incluindo as análises divididas por assunto para os períodos pré e pós-intervenção.

Figura 18 – Gráfico boxplot comparando distribuição de dados dos escores de desempenho total e separados por categoria antes e após intervenção



Fonte: Autor

O teste de Wilcoxon para amostras pareadas foi aplicado para verificar a Hipótese H5, que previa escores superiores para os alunos que utilizaram o Sabidin Playground. Os resultados indicaram que **não houve diferença estatisticamente significativa** no escore total de desempenho ( $W = 89,50$ ,  $p = 0,3587$ ), com um tamanho de efeito médio ( $r = -0,35$ ). Ao analisar separadamente as questões de lucro e troco, também não foram observadas diferenças significativas (Questões de Lucro:  $W = 35,00$ ,  $p = 0,0797$ ,  $r = -0,67$ ; Questões de Troco:  $W = 81,00$ ,  $p = 0,8394$ ,  $r = -0,40$ ). Apesar do aumento na média dos escores, a ausência de significância estatística sugere que o Sabidin Playground **não proporcionou uma melhora estatisticamente detectável** no desempenho de cálculo de lucro e troco em comparação ao método tradicional. Este estudo, em sua natureza de intervenção pré-pós não randomizada, é uma abordagem comumente utilizada para pesquisas no campo educacional (OTTE *et al.*, 2019), visando avaliar a eficácia de novas metodologias de ensino. A complexidade do processo de aprendizagem, especialmente em áreas como matemática financeira, pode exigir uma exposição mais prolongada ou uma amostra maior para que os efeitos das intervenções tecnológicas se manifestem de forma estatisticamente significativa (SUN *et al.*, 2020).

## 6.6 Aceitação Tecnológica (H6–H8)

A avaliação da aceitação tecnológica foi baseada no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) e em hipóteses que investigaram as relações entre Qualidade, Percepção de Facilidade de Uso (PEU), Percepção de Utilidade (PU) e Intenção de Uso (ITU).

### 6.6.1 H6: *Influência da Qualidade na Perceived Usefulness mediada pela Perceived Ease of Use*

A Hipótese H6 postulava que a qualidade percebida influenciaria positivamente a Perceived Usefulness (PU) por meio da mediação da Perceived Ease of Use (PEU). Para testar esta hipótese, foram realizadas análises de correlação e uma regressão linear múltipla, onde PU foi a variável dependente, e Qualidade e PEU foram as variáveis independentes.

As correlações iniciais mostraram relações fortes e significativas: Qualidade correlacionou-se positivamente com PEU ( $r = 0,91$ ,  $p < 0,001$ ) e com PU ( $r = 0,95$ ,  $p < 0,001$ ). Estes resultados indicam que a Qualidade percebida está fortemente associada tanto à facilidade de uso quanto à utilidade percebida.

No entanto, a análise de regressão linear múltipla (Tabela 3) para a Percepção de Utilidade (PU) revelou que, embora o modelo tenha explicado uma grande parte da variância da PU ( $R^2 = 0,908$ ), a Percepção de Facilidade de Uso (PEU) não se mostrou um preditor significativo da PU quando a Qualidade também estava presente no modelo ( $coef = -0,0567$ ,  $p = 0,706$ ). Em contraste, a Qualidade manteve um efeito direto e altamente significativo sobre a PU ( $coef = 1,0442$ ,  $p < 0,001$ ).

Tabela 3 – Resultados da Regressão Linear Múltipla para Percepção de Utilidade (PU).

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	t	P> t	[0,025	0,975]
Constante	0,0550	0,281	0,195	0,847	-0,529	0,639
Qualidade	1,0442	0,158	6,613	0,000	0,717	1,372
PEU	-0,0567	0,149	-0,382	0,706	-0,365	0,251

R-quadrado: 0,908; R-quadrado Ajustado: 0,900; F-estatística: 109,1; Prob (F-estatística): 3,80e-12.

A ausência de um efeito significativo da PEU sobre a PU, quando a Qualidade é controlada, indica que a PEU **não atua como mediadora** na relação entre a Qualidade percebida e a Percepção de Utilidade. Isso significa que, embora a qualidade possa influenciar a facilidade de uso, a facilidade de uso não é o caminho principal pelo qual a qualidade influencia a utilidade percebida. Portanto, a Hipótese H6 **não foi suportada**. Esse achado sugere que, no contexto deste protótipo, a qualidade do sistema — Design, usabilidade, controles e desempenho — impacta a utilidade percebida mais diretamente do que através de sua facilidade de uso, o que pode ocorrer em sistemas onde o benefício funcional é muito claro (DAVIS, 1989)

### 6.6.2 H7: Mediação Completa da Perceived Usefulness na Intenção de Uso

A Hipótese H7 sugeria que a Perceived Usefulness (PU) mediará completamente o efeito da qualidade percebida na Intenção de Uso (ITU), eliminando qualquer efeito direto da qualidade sobre ITU quando PU fosse considerada. Para avaliar esta hipótese, foi realizada uma regressão linear múltipla, onde a Intenção de Uso (ITU) foi a variável dependente, e PU e PEU foram as variáveis independentes. Os resultados da regressão são apresentados na Tabela 4.

A análise de regressão indicou que a Percepção de Utilidade (PU) foi um preditor altamente significativo da Intenção de Uso (ITU) ( $coef = 1,0382$ ,  $p < 0,001$ ). Em contrapartida, a Percepção de Facilidade de Uso (PEU) não apresentou um efeito significativo sobre a Intenção de Uso quando a PU foi incluída no modelo ( $coef = -0,0161$ ,  $p = 0,868$ ). O modelo de

Tabela 4 – Resultados da Regressão Linear Múltipla para Intenção de Uso (ITU).

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	t	P> t	[0,025	0,975]
Constante	0,0464	0,219	0,212	0,834	-0,409	0,501
PU	1,0382	0,098	10,548	0,000	0,834	1,242
PEU	-0,0161	0,096	-0,168	0,868	-0,216	0,183

R-quadrado: 0,947; R-quadrado Ajustado: 0,943; F-estatística: 197,8; Prob (F-estatística): 8,66e-15.

regressão explicou 94,7% da variância na Intenção de Uso ( $R^2 = 0,947$ ). Estes resultados sugerem que, de fato, a PU desempenhou um papel predominante na determinação da ITU, o que corrobora a hipótese de mediação completa da PU no efeito da qualidade sobre a ITU, assumindo que a qualidade se correlaciona com a PU. Portanto, a Hipótese H7 **foi suportada**. No contexto de modelos TAM estendidos, a utilidade percebida frequentemente tem um impacto mais direto na intenção de uso do que a facilidade de uso (Davis, 1989), o que é consistente com os achados de estudos anteriores que aplicaram o TAM (MORENO *et al.*, 2021a). A relevância da Perceived Usefulness como principal determinante da intenção de uso é um achado comum em pesquisas sobre aceitação de tecnologias educacionais, incluindo aquelas que incorporam outras tecnologias imersivas como realidade aumentada (SALTAN; ARSLAN, 2017)

### 6.6.3 H8: Correlação entre Ganho de Desempenho Acadêmico e Perceived Usefulness

A Hipótese H8 propunha que o ganho de desempenho acadêmico se correlacionaria positivamente com a Perceived Usefulness (PU). Para testar esta hipótese, foi calculada a correlação de Pearson entre o ganho de desempenho acadêmico (diferença entre os escores pós-teste e pré-teste) e a Percepção de Utilidade (PU).

Os resultados indicaram uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre o ganho de desempenho e a Percepção de Utilidade ( $r = 0,43$ ,  $p = 0,0365$ ). Esse achado sugere que, quanto maior a percepção de utilidade do Sabidin Playground pelos estudantes, maior o ganho observado em seu desempenho acadêmico. Portanto, a Hipótese H8 **foi suportada**. Isso está em linha com a literatura que indica que a utilidade percebida de uma ferramenta educacional pode influenciar diretamente seus benefícios de aprendizagem (DAVIS, 1989).

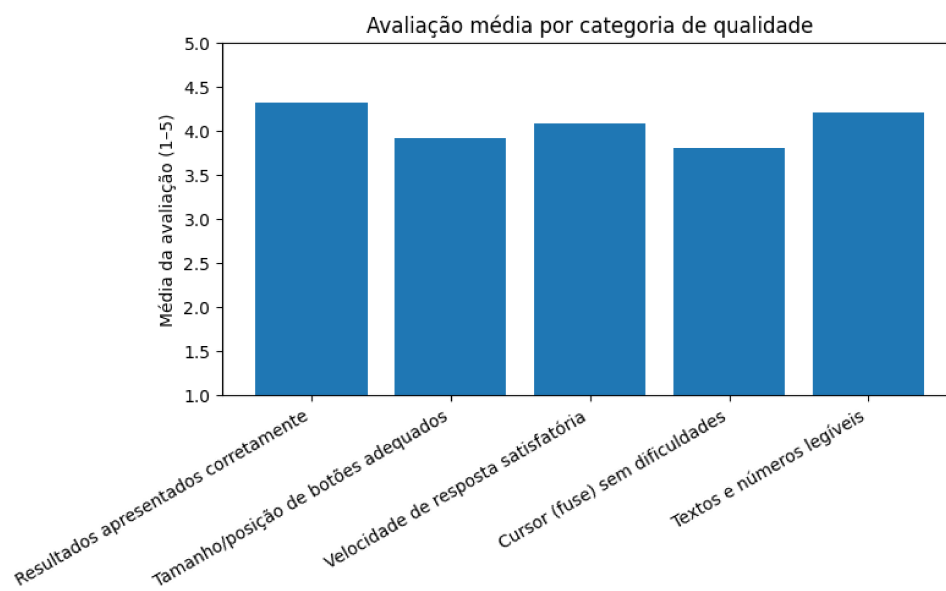
## 6.7 Teste de Qualidade do Protótipo (H9)

A qualidade geral do Sabidin Playground foi avaliada, resultando em uma média de 4,064 (DP = 1,073). Para verificar a Hipótese H9, que estabelecia que a média dos escores de qualidade excederia 3,8, foi realizado um teste não paramétrico. A distribuição dos dados de qualidade não se mostrou normal, conforme indicado pelo teste de Shapiro-Wilk ( $W = 0,827$ ,  $p = 0,0007$ ), justificando a utilização de um teste não paramétrico.

Foi aplicado o teste de Wilcoxon para uma amostra, comparando a mediana dos escores de qualidade com o limiar de 3,8. Os resultados indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao limiar de 3,8 ( $W = 90,50$ ,  $p = 0,0882$ ), com um tamanho de efeito moderado ( $r = -0,39$ ). Este p-valor, superior a 0,05, indica que a média observada, embora numericamente acima de 3,8, não foi estatisticamente superior ao limiar estabelecido. Portanto, a Hipótese H9 **não foi suportada**.

Em uma análise mais detalhada dos itens de qualidade, observou-se a distribuição de médias presentes na Figura 19

Figura 19 – Gráfico de barras comparando as médias dos itens de qualidade do protótipo.



Fonte: Autor

Este resultado sugere que, embora a **qualidade percebida tenha sido boa**, ela não atingiu um nível estatisticamente superior ao limiar estabelecido de 3,8, contrariando a expectativa.

## 7 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados nas seções anteriores demonstram que o presente estudo, ao avaliar o potencial da RV na Web por meio do protótipo Sabidin Playground como ferramenta pedagógica para o ensino de educação financeira a crianças do ensino fundamental, revelou aspectos relevantes que merecem discussão crítica, contextualizando os achados frente à literatura e às implicações práticas. Embora os resultados quantitativos não tenham confirmado todas as hipóteses inicialmente formuladas, a análise integrada dos dados e a observação qualitativa fornecem insights valiosos sobre a aplicabilidade e os desafios das tecnologias imersivas no contexto educacional.

### 7.1 Impacto da RV na Motivação e Engajamento

Inicialmente, destaca-se o impacto da RV na motivação dos participantes, especialmente em relação aos componentes de atenção e satisfação do modelo Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação (ARCS). Os escores obtidos indicaram uma tendência de melhora após a intervenção (Hipóteses H1 a H4), ainda que sem significância estatística robusta em todos os casos. Esses achados são parcialmente congruentes com estudos prévios que atribuem à RV um papel significativo na amplificação da motivação e no aumento do engajamento dos alunos em contextos imersivos (MAKRANSKY *et al.*, 2019). A não obtenção de significância estatística em todas as dimensões, apesar da tendência positiva, pode ser atribuída a uma limitação inerente ao tempo reduzido da intervenção, o que possivelmente limitou o fortalecimento dessas dimensões motivacionais. Intervenções pedagógicas que visam alterar comportamentos ou percepções frequentemente demandam exposições mais prolongadas para que os efeitos se consolidem, sugerindo a necessidade de futuros experimentos com maior duração para a verificação de impactos motivacionais mais duradouros.

Nesse contexto, é relevante que, dentre os resultados quantitativos de motivação, a confiança tenha sido o único aspecto que não apresentou uma diferença estatisticamente significativa. Esse achado é compreensível: é coerente que um usuário se sinta mais atento, considere o conteúdo mais relevante e demonstre satisfação em um ambiente 3D e cativante, projetado para engajar. Contudo, a confiança pode não ser necessariamente fortalecida da mesma forma. Isso porque o usuário pode perceber a experiência como excessivamente simples ou lúdica, atribuindo-lhe menor seriedade ou profundidade em comparação com métodos de ensino

tradicionais, que são tipicamente mais expositivos e informativos, ainda que menos imersivos e gamificados. Tal percepção pode afetar a crença na eficácia do próprio aprendizado ou na validade do conteúdo, podendo, inclusive, levar a uma menor satisfação e motivação ao longo do tempo, conforme apontado por estudos na área de gamificação (HANUS; FOX, 2015).

## 7.2 Desempenho em Tarefas de Educação Financeira

Outro ponto de análise crucial foi o desempenho em tarefas práticas de cálculo de lucro e troca. Apesar da melhora observada em média nos escores pós-intervenção (Hipótese H5), não se evidenciou diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimental e controle. Essa ausência de significância estatística pode ser explicada por diversos fatores metodológicos e contextuais. Primeiramente, a curva de aprendizado associada ao uso da tecnologia pode ter influenciado o desempenho inicial, visto que nem todos os participantes tinham familiaridade prévia com ambientes imersivos. Em segundo lugar, a familiaridade prévia com o conteúdo de educação financeira por parte de alguns alunos pode ter atenuado o impacto incremental da RV no curto prazo. Por fim, o curto intervalo entre pré e pós-teste pode ter sido insuficiente para que efeitos cognitivos mais sólidos pudessem emergir, limitando a consolidação do aprendizado imediato. Essa limitação metodológica está alinhada com trabalhos que ressaltam a importância de intervenções continuadas e com maior densidade temporal para que efeitos cognitivos mais sólidos possam emergir (FERREIRA *et al.*, 2024).

Além disso, é amplamente reconhecido que as experiências gamificadas são excelentes para o exercício e a consolidação de conteúdos, mas não necessariamente para a apresentação inicial desses. Elas se mostram particularmente eficazes quando os participantes já possuem uma noção prévia do conteúdo que será explorado ou avaliado por meio do jogo (KAPP, 2012). Essa dinâmica pode ter se manifestado no presente estudo: caso uma criança não possuísse conhecimentos preliminares sobre lucro e troca, sua participação e desempenho poderiam ser dificultados em comparação com aquelas que já tinham uma base sólida em matemática financeira. Apesar disso, o ambiente de ajuda coletiva implementado demonstrou ser um fator positivo, colaborando tanto para o desempenho no jogo quanto para o estímulo do interesse em aprofundar-se no assunto.

É possível que um período de exposição mais longo ou atividades de reforço seriam necessárias para traduzir o engajamento inicial em ganhos de desempenho estatisticamente mensuráveis. Adicionalmente, embora nosso foco tenha sido a RV, estudos que exploram na

educação financeira (MORENO *et al.*, 2021b), também apontam para a importância de metodologias e durações de intervenção adequadas para a mensuração de impactos cognitivos diretos. Ambas as tecnologias imersivas, RV e , compartilham o potencial de tornar conceitos abstratos mais concretos, mas a forma como essa concretude se traduz em aprendizado mensurável exige abordagens metodológicas robustas e adaptadas.

### **7.3 Desenvolvimento de Habilidades Socioemocionais**

Em contrapartida, aspectos sociais emergiram com força na análise qualitativa. A colaboração espontânea entre os alunos durante a experiência foi notável, revelando o potencial da RV para estimular habilidades socioemocionais, como cooperação e empatia. Esses comportamentos, ainda que não mensurados quantitativamente neste estudo, reforçam a visão de que ambientes imersivos podem ir além do conteúdo formal e favorecer o desenvolvimento integral das crianças (Faz Educação, 2024). A observação dessa interação sugere que a RV, especialmente em ambientes projetados para colaboração ou com atividades que incentivam o trabalho em grupo, pode ser uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de competências interpessoais, um benefício muitas vezes subestimado em avaliações focadas apenas em desempenho cognitivo.

### **7.4 Aceitação Tecnológica e Qualidade do Protótipo Sabidin**

As análises relacionadas à aceitação tecnológica (Hipóteses H6, H7 e H8) demonstraram uma forte correlação entre a Perceived Usefulness (PU) do sistema e a Intention to Use (ITU). A mediação observada entre Perceived Ease of Use (PEU) e ITU valida o modelo Technology Acceptance Model (TAM) neste contexto, evidenciando que experiências educativas em RV são bem recebidas desde que projetadas com foco na usabilidade. A alta confiabilidade dos instrumentos para PU ( $\alpha = 0,905$ ), PEU ( $\alpha = 0,864$ ) e ITU ( $\alpha = 0,970$ ) reforça a robustez desses achados. A não significância da correlação entre ganho de desempenho acadêmico e PU (H8) indica que, embora o sistema seja percebido como útil e com alta intenção de uso, essa percepção não se traduziu diretamente em ganhos de desempenho imediato, corroborando a discussão sobre as limitações temporais da intervenção e a complexidade de mensurar efeitos cognitivos diretos em um curto espaço de tempo.

Complementarmente, a percepção de qualidade do protótipo Sabidin foi avaliada positivamente, superando o limiar de 3,8 proposto (negando a hipótese de qualidade pela

ausência de uma diferença tão significativa). Mesmo que a hipótese de uma diferença altamente significativa na qualidade não tenha sido confirmada, a superação do limiar indica que, do ponto de vista do design e da UX, o ambiente foi bem estruturado, oferecendo boa navegabilidade e clareza nas interações. Este resultado é crucial, pois um ambiente de RV bem projetado é a base para qualquer potencial impacto pedagógico, garantindo que a tecnologia não se torne uma barreira, mas sim um facilitador do aprendizado, como ressaltado na literatura (MAKRANSKY *et al.*, 2019).

## **7.5 Síntese da Discussão**

Em suma, os resultados obtidos, mesmo com algumas limitações metodológicas (como o tempo reduzido da intervenção e o tamanho da amostra), reforçam o potencial da RV como recurso educacional promissor. A RV se destaca na promoção do engajamento, motivação e aceitação tecnológica, além de estimular habilidades socioemocionais. Quando integrada a princípios de gamificação e aplicada a temáticas com carência de métodos lúdicos, como a educação financeira, a RV se posiciona como uma ferramenta inovadora, cujos benefícios podem ser mais evidentes em intervenções de maior duração e com avaliações mais abrangentes, permitindo uma consolidação mais robusta dos efeitos pedagógicos.

## 8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho investigou a viabilidade e os impactos do uso da RV na Web, por meio do protótipo Sabidin Playground, como ferramenta de apoio ao ensino de educação financeira para crianças do ensino fundamental. A proposta envolveu o desenvolvimento de um ambiente imersivo gamificado e uma intervenção experimental com coleta de dados qualitativos e quantitativos.

Os resultados obtidos permitem concluir que a pesquisa alcançou seus objetivos específicos. Primeiramente, o desenvolvimento do ambiente educacional imersivo em RV na web ("Sabidin Playground") foi plenamente cumprido, demonstrando ser funcional, visualmente adequado e incorporar elementos de gamificação. Em segundo lugar, o estudo confirmou o impacto positivo da RV na motivação e engajamento dos alunos, com aumento nos escores de atenção, relevância e satisfação do modelo ARCS após a interação, embora a confiança não tenha apresentado diferença estatisticamente significativa. No que tange ao desempenho de aprendizagem em tarefas de educação financeira, observou-se uma melhora média pós-intervenção, mas sem significância estatística, possivelmente devido à curta duração da intervenção e à familiaridade prévia com o conteúdo por parte de alguns alunos. A aceitação tecnológica do protótipo de RV na web pelos alunos foi forte, com a qualidade percebida influenciando positivamente a PU e, conseqüentemente, a ITU. Por fim, o trabalho contribuiu com evidências sobre a aplicabilidade das tecnologias imersivas na educação infantil, destacando o potencial da RV para aumentar a motivação, aceitação e estimular habilidades socioemocionais, apesar dos desafios na mensuração direta do impacto cognitivo.

Em suma, este trabalho demonstra que a RV na web, por meio do protótipo "Sabidin Playground", é uma ferramenta promissora para o ensino de educação financeira para crianças. Apesar das limitações na mensuração quantitativa direta dos impactos cognitivos no curto prazo, os resultados qualitativos e a forte influência na motivação e aceitação tecnológica dos alunos evidenciam o poder da RV em criar ambientes de aprendizagem envolventes e adaptados às necessidades da educação infantil contemporânea. A abordagem gamificada e o uso de dispositivos de baixo custo ampliam a acessibilidade e o potencial de disseminação dessa metodologia em larga escala, consolidando a RV como uma abordagem excepcional para a educação financeira infantil.

A presente pesquisa, contudo, apresenta algumas limitações importantes. A intervenção de curta duração e o tamanho limitado da amostra podem ter comprometido a consolidação

do aprendizado e a generalização dos resultados. Essas restrições foram impostas pelas dificuldades logísticas e operacionais inerentes à realização de pesquisas de campo em escolas, incluindo a obtenção de autorizações e a complexidade de manter uma intervenção contínua e prolongada em um ambiente escolar com a dinâmica cotidiana de uma instituição de ensino. A avaliação de aspectos como cooperação e engajamento social foi conduzida de forma observacional, o que abre espaço para aprimoramentos metodológicos. Além disso, a mensuração da percepção de informações revelou desafios na corroboração quantitativa integral, e a pesquisa foi realizada em um ambiente controlado, o que pode limitar a generalização para outros contextos educacionais.

Com base nessas limitações e nos achados deste estudo, diversas direções se abrem para pesquisas futuras. Primeiramente, é crucial a realização de experimentos com maior duração e amostras mais amplas e diversificadas, abrangendo diferentes faixas etárias e contextos socioeconômicos. O intuito é tanto avaliar a retenção do conhecimento e mudanças duradouras na motivação e desempenho, quanto ampliar a generalização dos resultados. Sugere-se, ainda, o desenvolvimento de novos módulos para o Sabidin Playground, contemplando conceitos adicionais de educação financeira, como planejamento orçamentário, poupança e investimentos, utilizando mecânicas de jogo variadas. Adicionalmente, seria valioso incluir instrumentos de medida específicos para mensurar colaboração, empatia e comunicação entre os alunos durante o uso da RV, validando de forma sistemática essas observações qualitativas.

Outra linha de pesquisa promissora envolve explorar a integração entre RV e , buscando expandir os contextos de aprendizagem e possibilitar a transição fluida entre ambientes físicos e virtuais. É igualmente importante aprimorar os instrumentos de avaliação de desempenho, tornando-os mais sensíveis e específicos para o aprendizado de conceitos financeiros em ambientes de RV, incluindo avaliações de retenção a longo prazo. Recomenda-se investigar o papel de variáveis moderadoras, como o perfil de jogador dos alunos ou o suporte do professor, na moderação do impacto da RV na motivação e no desempenho. Por fim, a adaptação do protótipo para o uso em diferentes dispositivos de RV, incluindo HMDs mais avançados, e a comparação da UX e dos resultados de aprendizagem podem oferecer insights valiosos. Realizar estudos longitudinais para avaliar o impacto sustentado da RV na educação financeira ao longo do tempo e investigar a percepção de professores e pais sobre o uso da RV para o ensino de educação financeira são caminhos relevantes. Espera-se que este trabalho sirva como base para futuras investigações e inspire iniciativas que promovam uma educação mais significativa, lúdica e acessível às novas gerações.

## REFERÊNCIAS

- A-Frame Team. *A-Frame Documentation*. 2023. Accessed on: Feb. 8, 2025. Disponível em: <<https://aframe.io/docs/1.2.0/introduction/>>.
- ANDRADE, M.; PEREIRA, T.; COSTA, A. A importância da matemática financeira no ensino fundamental: uma abordagem contextualizada. **Revista de Educação Matemática**, v. 13, n. 3, p. 33–48, 2021.
- BERNACKI, M.; GREENE, J.; CROMPTON, H. Defining and measuring academic achievement. **Educ. Psychol.**, 2019.
- BIERMANN, O. C.; AJISAFE, D.; YOON, D. Interaction design for vr applications: Understanding needs for university curricula. **Frontiers in Education**, 2022.
- BROOKE, J. **SUS: A “Quick and Dirty” Usability Scale**. [S. l.], 1996.
- CABERO-ALMENARA, J.; ROIG-VILA, R. Motivation and augmented reality in education. **Educ. Technol. Res. Dev.**, 2019.
- CEVIKBAS, T. e. a. Virtual reality in the classroom: a difficult but exciting adventure. **Frontiers in Education**, 2024.
- CHIEN, L. D.; SCHMIDT, M. Gazeraycursor: Improving 3d interaction in immersive virtual reality. In: **Proceedings of the 29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '23)**. [S. l.]: ACM, 2023. p. 1–10.
- CHOWDHARY, P.; HOLLIDAY, S.; ATAKILTI, M.; SO, E. **Overcoming Common Concerns About VR in Education**. 2025. <https://www.jff.org/vr-in-education-addressing-challenges-and-unlocking-possibilities/>.
- DALLA, O.; AL. et. Metrics for ar software quality. **Softw. Qual. J.**, 2020.
- DAVIS, F. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS Q.**, 1989.
- ELMQADDEM, N. Augmented reality and virtual reality in education. myth or reality? **International journal of emerging technologies in learning**, v. 14, n. 3, 2019.
- Faz Educação. **Realidade Virtual na Educação Infantil: benefícios e como utilizá-la**. 2024. Acesso em: 15 jul. 2025. Disponível em: <https://fazeducacao.com.br/realidade-virtual-na-educacao-infantil-beneficios-e-como-utiliza-la/>.
- FERREIRA, M. d. O.; FREITAS, A. Q. d.; VIEIRA, A. J. F. Gamificação e estudos mediados por tecnologia: Engajamento e motivação no ambiente educacional. **Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação**, v. 10, n. 7, p. 3102–3117, 2024. Acesso em: 15 jul. 2025. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/15012>.
- FIELD, A. **Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics**. [S. l.]: SAGE, 2013.
- FRANZONI, A.; OLIVEIRA, F.; SANTOS, L. A educação financeira na base nacional comum curricular: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Educação**, v. 23, n. 74, p. 112–130, 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. [S. l.]: Paz e Terra, 2005.

GOOGLE, V. D. G. **Exemplo de inteção simples**. 2017. Disponível em: <https://arvrjourney.com/interactive-targets-in-virtual-reality-ui-e0af78353f25>. Acesso em: 05 Dezembro. 2019.

HANUS, M. D.; FOX, J. Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 49, p. 152–163, 2015.

HARTMANN, A. L.; BARONI, A. K.; DOMINGOS, A.; MALTEMPI, M. A educação financeira no brasil e em portugal: Percursos e reflexões sobre as propostas voltadas à educação básica e secundária. **Quadrante**, v. 33, n. 1, p. 112–132, 2024.

Instituto Federal do Espírito Santo. **Relatório de Projeto de Extensão: Educação Financeira nas Escolas Públicas**. Vitória, ES, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/ifes-relatorio-2024>.

JENNETT, C.; COX, A. L.; CAIRNS, P.; DHOPAREE, S.; EPPS, A.; TIJS, T.; WALTON, A. Measuring and defining the experience of immersion in games. **International Journal of Human–Computer Studies**, v. 66, n. 9, p. 641–661, 2008.

JOHNSON, L. F.; BECKER, S. A.; ESTRADA, V.; FREEMAN, A.; HALL, C.; LEVINE, A.; LUDGATE, H.; PROMES, C.; SMITH, A.; STANNARD, S. Nmc horizon report: 2016 higher education edition. **The New Media Consortium**, 2016.

KAPP, K. M. **The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2012.

KENNEDY, R. S.; LANE, N. E.; BERBAUM, K. S.; LILIENTHAL, M. G. Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. **The International Journal of Aviation Psychology**, v. 3, n. 3, p. 203–220, 1993.

Khronos Group. **WebXR Device API Specification**. 2022. Accessed on: Feb. 8, 2025. Disponível em: <https://www.khronos.org/registry/webxr/specs/latest/>.

Khronos Group. **WebGL Specification**. 2023. Accessed on: Feb. 8, 2025. Disponível em: <https://www.khronos.org/registry/webgl/specs/latest/1.0/>.

LAMPROPOULOS, G.; KINSHUK. Virtual reality and gamification in education: a systematic review. **Educational technology research and development**, Springer, p. 1–95, 2024.

LI, Y.; KELLER, J. M. Applying the arcs model to instructional design. In: **Proc. Int. Conf. Educ. Technol.** [S. l.: s. n.], 2018.

LIN, Y.; CHIEN, S.; HOU, H. A multi-dimensional scaffolding-based virtual reality educational board game design framework for service skills training. **Education and Information Technologies**, Springer, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-024-13243-4>.

LUSARDI, A.; MITCHELL, O. S. Financial literacy and retirement planning in the united states. **Journal of Pension Economics & Finance**, v. 10, n. 4, p. 509–524, 2011. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-pension-economics-and-finance/>

article/financial-literacy-and-retirement-planning-in-the-united-states/  
F381C893F96468A68CF4A4203A91DD08.

Magazine Luiza. **Óculos VR Box 2.0 Realidade Virtual 3D Android Sem Controle**. 2025. Acessado em: 20 fev. 2025. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/oculos-vr-box-2-0-realidade-virtual-3d-android-sem-contrôle-aqui-e-barato/p/ff85j0jff1/te/orvc/>.

MAKRANSKY, G.; TERKILDSEN, T. S.; MAYER, R. E. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. **Learning and Instruction**, v. 60, p. 225–236, 2019.

MANZANO-LEÓN, A.; CAMACHO-LAZARRAGA, P.; GUERRERO, M. A.; GUERRERO-PUERTA, L.; AGUILAR-PARRA, J. M.; TRIGUEROS, R.; ALIAS, A. Between level up and game over: A systematic literature review of gamification in education. **Sustainability**, MDPI, v. 13, n. 4, p. 2247, 2021.

MCAULEY, E.; DUNCAN, T.; TAMMEN, V. V. Psychometric properties of the intrinsic motivation inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 60, n. 1, p. 48–58, 1989.

MERCHANT, Z.; GOETZ, E. T.; CIFUENTES, L.; KEENEY-KENNICUTT, W.; DAVIS, T. J. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in k-12 and higher education: A meta-analysis. **Computers & Education**, v. 70, p. 29–40, 2014.

MORENO, L. A. H.; SOLÓRZANO, J. G. L.; MORALES, M. T. T.; VILLEGAS, O. O. V.; SÁNCHEZ, V. G. C. Effects of using mobile augmented reality for simple interest computation in a financial mathematics course. **PeerJ Computer Science**, PeerJ Inc., v. 7, p. e618, 2021.

MORENO, L. A. H.; SOLÓRZANO, J. G. L.; MORALES, M. T. T.; VILLEGAS, O. O. V.; SÁNCHEZ, V. G. C. Effects of using mobile augmented reality for simple interest computation in a financial mathematics course. **PeerJ Computer Science**, v. 7, p. e618, 2021.

NEELAKANTAN, S. Schools face barriers to vr adoption in the classroom. **EdTech Magazine**, 2019.

OTTE, M.; KÖGLER, C.; O'CONNELL, H.; ZARRABIAN, M. Effect of a nutrition education program on nutritional knowledge, attitudes, and behaviors among college students. **Journal of American College Health**, v. 67, p. 648–654, 2019.

PAI, Y. S. **Assessing hands-free interactions for VR using eye gaze and electromyography**. [S. l.], 2023.

PARISI, T. **Learning Virtual Reality: Developing Immersive Experiences and Applications for Desktop, Web, and Mobile**. O'Reilly Media, Incorporated, 2015. ISBN 9781491922835. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=T5XtrQEACAAJ>.

ROBSON, K.; PLANGGER, K.; KIETZMANN, J. H.; MCCARTHY, I.; PITT, L. Is it all a game? understanding the principles of gamification. **Business horizons**, Elsevier, v. 58, n. 4, p. 411–420, 2015.

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. **American Psychologist**, v. 55, n. 1, p. 68–78, 2000.

SALTAN, F.; ARSLAN, O. The use of augmented reality in formal education: a scoping review. **Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education**, v. 13, p. 503–520, 2017.

SARKAR, P.; KADAM, K.; PILLAI, J. Learners' approaches, motivation and patterns of problem-solving on lines and angles in geometry using augmented reality. **Smart Learning Environments**, v. 7, p. 1–23, 2020.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591–611, 1965.

SILVA, R.; LAUTERT, L. Conceitos de lucro como ferramenta de decisão financeira para crianças. **Journal of Financial Education Research**, v. 12, n. 2, p. 47–53, 2023.

SILVA, R.; LAUTERT, L. Educação financeira e formação cidadã: impactos no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Educação Financeira**, v. 5, n. 1, p. 45–60, 2023.

SMITH, J.; LEE, A. Gaze-and-click interaction for navigation in mobile virtual reality. In: **Proceedings of the 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR '19)**. [S. l.]: IEEE, 2019. p. 123–130.

Standard & Poor's Ratings Services; The Global Financial Literacy Excellence Center (GFLEC). **Financial Literacy Around the World: Insights from the Standard & Poor's Ratings Services Global Financial Literacy Survey**. [S. l.], 2015. Disponível em: [https://gflec.org/wp-content/uploads/2015/11/Finlit\\_paper\\_16\\_F2\\_singles.pdf](https://gflec.org/wp-content/uploads/2015/11/Finlit_paper_16_F2_singles.pdf).

SUN, H.; YUEN, D.; ZHANG, J.; ZHANG, X. Is knowledge powerful? evidence from financial education and earnings quality. **Research in International Business and Finance**, v. 52, p. 1–20, 2020.

Three.js Documentation. **Three.js Documentation**. 2023. Accessed on: Feb. 8, 2025. Disponível em: <https://threejs.org/docs/index.html#manual/en/introduction/Creating-a-scene>.

WILCOXON, F. Individual comparisons by ranking methods. **Biometrics Bulletin**, v. 1, n. 6, p. 80–83, 1945.

WITMER, B. G.; SINGER, M. J. Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. In: **Proceedings of the 1st International Workshop on Presence**. Mayaguez, Puerto Rico: [S. n.], 1998. p. 1–17.