

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA - PROFMAT**

GUILHERME CARVALHO RODRIGUES DA SILVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM JOGO DIGITAL PARA O
ENSINO DE CONJUNTOS NUMÉRICOS NO ENSINO FUNDAMENTAL**

RIO DE JANEIRO RJ

2025

GUILHERME CARVALHO RODRIGUES DA SILVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM JOGO DIGITAL PARA O
ENSINO DE CONJUNTOS NUMÉRICOS NO ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Matemática (PROFMAT), da Universidade Federal do estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Gladson Octaviano Antunes

RIO DE JANEIRO RJ

2025

Catálogo informatizada pelo(a) autor(a)

S587 Silveira, GuilhermeCarvalho Rodrigues da
DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM JOGO DIGITAL PARA O
ENSINO DE CONJUNTOS NUMÉRICOS NO ENSINO FUNDAMENTAL /
GuilhermeCarvalho Rodrigues da Silveira. -- Rio de Janeiro
: UNIRIO, 2025.
58

Orientador: Gladson Octaviano Antunes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Estado
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Matemática,
2025.

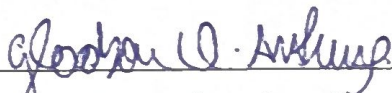
1. jogo digital. 2. conjuntos numéricos. 3. ensino de
matemática. I. Antunes, Gladson Octaviano, orient. II.
Título.

GUILHERME CARVALHO RODRIGUES DA SILVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM JOGO DIGITAL PARA O
ENSINO DE CONJUNTOS NUMÉRICOS NO ENSINO FUNDAMENTAL**

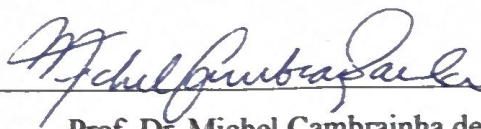
Dissertação aprovada em 22 de agosto
de 2025 pela Banca Examinadora
designada pelo Programa de Pós-
Graduação em Matemática em Rede
Nacional (PROFMAT) da
Universidade Federal do Rio de
Janeiro.

Banca examinadora



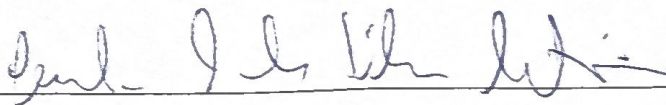
Prof. Dr. Gladson Octaviano Antunes (Orientador)

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO



Prof. Dr. Michel Cambrinha de Paula

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO



Prof. Dr. Leonardo Tadeu Silveiras Martins

Universidade Federal Fluminense – UNIRIO

RESUMO

Esta dissertação investiga o desenvolvimento e a aplicação de um jogo digital, intitulado “O Herói dos Nulos”, como ferramenta didática para o ensino de conjuntos numéricos (naturais e inteiros) no Ensino Fundamental. Fundamentada nos princípios do *Game-Based Learning* (GBL) e na teoria sociocultural de Vygotsky, a pesquisa buscou analisar o potencial do jogo para promover o engajamento e a aprendizagem de Matemática, bem como a utilidade dos dados gerados durante a interação dos alunos como um instrumento de avaliação complementar.

A aplicação foi realizada com turmas de 8^o e 9^o anos da rede pública do Rio de Janeiro, utilizando uma abordagem qualitativa com elementos de design educacional. Os dados foram coletados por meio de logs de interação do jogo (mortes, reinícios, tempo de jogo), observações do professor-pesquisador e relatos dos alunos.

Os resultados indicaram um alto nível de engajamento e motivação dos estudantes, inclusive aqueles com necessidades educacionais especiais, e a capacidade do jogo de facilitar a compreensão intuitiva de conceitos matemáticos. A análise dos dados revelou *insights* valiosos sobre as estratégias e comportamentos de aprendizagem dos alunos, oferecendo uma perspectiva inovadora para a avaliação formativa. Embora as limitações da pesquisa incluam o caráter exploratório e a amostra reduzida, o estudo aponta para o promissor papel dos jogos digitais na educação matemática e sugere futuras investigações para aprimorar o design do jogo e aprofundar a análise dos dados de aprendizagem.

Palavras-chave: jogo digital; conjuntos numéricos; ensino de matemática; avaliação por dados; Game-Based Learning.

ABSTRACT

This dissertation investigates the development and application of a digital game, titled “O Herói dos Nulos” (The Hero of the Nulls), as a didactic tool for teaching numerical sets (natural numbers and integers) in Elementary School. Grounded in the principles of Game-Based Learning (GBL) and Vygotsky’s sociocultural theory, the research aimed to analyze the game’s potential to promote engagement and mathematics learning, as well as the usefulness of metadata generated during student interaction as a complementary assessment instrument.

The application was conducted with 8th and 9th-grade classes from the public school system in Rio de Janeiro, Brazil, using a qualitative approach with elements of educational design. Data were collected through game interaction logs (deaths, restarts, playing time), observations by the teacher-researcher, and student reports.

The results indicated a high level of student engagement and motivation, including those with special educational needs, and the game’s ability to facilitate an intuitive understanding of mathematical concepts. The metadata analysis revealed *valuable insights* into students’ learning strategies and behaviors, offering an innovative perspective for formative assessment. Although the research limitations include its exploratory nature and a reduced sample size, the study points to the promising role of digital games in mathematics education and suggests future investigations to refine game design and deepen the analysis of learning data.

Keywords: digital game; numerical sets; mathematics education; metadata-based assessment; Game-Based Learning.

Lista de Figuras

1	Área de trabalho do construct 3	21
2	Alguns dos registros dos celulares dos alunos	23
3	Anúncios de jogos com mecânicas similares.	28
4	Tela inicial do jogo.	31
5	Seleção de níveis.	31
6	História inicial do jogo.	32
7	Tela do jogo com os controles de movimentação e ataque.	32
8	Mapa completo com todas as ilhas.	33
9	Caixa utilizada para bloquear os inimigos.	33
10	Labirinto com lava surgindo.	34
11	Desafio sokoban com solução.	34
12	Chefe final Peano.	35

Lista de Tabelas

- 1 Exemplos de dados de interação coletados durante a aplicação do jogo . . . 25

Sumário

RESUMO	3
ABSTRACT	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	6
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Jogos digitais e cultura digital	13
3.2 Game-Based Learning (GBL) e Gamificação na educação matemática	14
3.3 Conjuntos numéricos como conteúdo estruturante no currículo	16
3.4 Avaliação na aprendizagem digital: logs e desempenho	17
3.5 Estudos empíricos sobre jogos digitais no ensino de matemática	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Tipo de pesquisa	20
4.2 Público-alvo e participantes	20
4.3 Ferramentas utilizadas	21
4.4 Planejamento do jogo e conteúdo abordado	22
4.5 Dinâmica de aplicação em sala de aula	22
4.6 Instrumentos de coleta de dados	22

5	DESENVOLVIMENTO DO JOGO	27
5.1	Enredo e mecânicas	29
5.2	Conjuntos numéricos representados no jogo	30
5.3	Interface e jogabilidade	30
5.4	Estrutura de coleta de dados (métricas e variáveis)	35
5.5	Ciclos de testes internos	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6.1	Engajamento e Dinâmica da Aplicação	37
6.2	Inclusão e Diversidade de Aprendizagem	39
6.3	Análise dos Dados de Jogo e Implicações Avaliativas	39
6.4	Desafios e Potencialidades do Design do Jogo	41
6.5	Conexões com o Referencial Teórico	41
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
7.1	Contribuições do Jogo e da Pesquisa	43
7.2	Limitações da Pesquisa	44
7.3	Sugestões para Estudos Futuros	45
	REFERÊNCIAS	47
	APÊNDICES	49
	Apêndice A - Questionário aplicado aos alunos (pós-jogo)	49
	Apêndice C - Roteiro de observação do professor-pesquisador	52
	ANEXOS	54
	Anexo A - Trechos da BNCC relacionados a conjuntos numéricos	54
	Anexo B - Código-fonte compactado do jogo (versão .c3p)	56

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A Matemática é, historicamente, uma disciplina percebida como abstrata e desafiadora por muitos estudantes, o que, frequentemente, resulta em desmotivação e baixo engajamento. As metodologias tradicionais de ensino, baseadas em repetição e memorização de fórmulas, contribuem para esse cenário, impactando negativamente o desempenho em avaliações nacionais como a Prova Brasil e o SAEB. Diante disso, emerge a necessidade de abordagens pedagógicas inovadoras que tornem a aprendizagem mais dinâmica, interativa e conectada à realidade dos alunos.

Nos últimos anos, a crescente inserção das tecnologias digitais na vida dos jovens, muitas vezes chamados de “nativos digitais” por Marc Prensky (2001), tem impulsionado a discussão sobre o uso de jogos no contexto educacional como uma alternativa promissora para o ensino de matemática. Abordagens como a Aprendizagem Baseada em Jogos (Game-Based Learning – GBL), conforme discutido por Prensky (2001), e a gamificação, abordada por Gomes e Silva (2018), têm demonstrado potencial para aumentar o engajamento, melhorar a motivação intrínseca e desenvolver competências cognitivas e socioemocionais dos estudantes. Jogos digitais, por sua natureza lúdica e interativa, permitem que o aluno experimente, erre, tente novamente e construa o conhecimento de forma significativa. Além disso, esses ambientes podem gerar dados de interação automaticamente, oferecendo novas possibilidades para uma avaliação formativa e em tempo real do processo de aprendizagem.

Apesar do reconhecido potencial pedagógico dos jogos digitais, seu uso ainda é limitado nas escolas públicas brasileiras, tanto por questões estruturais quanto por falta de formação docente para integrar essas tecnologias de forma significativa ao currículo. Ao

mesmo tempo, observa-se a necessidade crescente de diversificar os instrumentos de avaliação da aprendizagem, considerando não apenas os resultados finais, mas também os processos e percursos construídos por cada aluno.

Diante disso, surge os seguintes problemas de pesquisa: 1) como o uso de um jogo digital desenvolvido para o ensino de conjuntos numéricos pode influenciar o engajamento e a aprendizagem de alunos do ensino fundamental, e 2) de que forma os dados gerados pela interação dos alunos com o jogo podem ser utilizados como instrumento de avaliação complementar?

Parte-se da hipótese de que o uso de um jogo digital bem planejado, com base em princípios pedagógicos sólidos e integrando elementos de gamificação e *feedback* imediato, pode gerar maior engajamento, melhor compreensão conceitual sobre conjuntos numéricos, e ainda fornecer indicadores valiosos de desempenho para o professor.

A escolha dos conjuntos numéricos como conteúdo central se justifica por sua presença transversal ao longo de toda a Educação Básica, sendo retomado e aprofundado em diferentes níveis do 4^o ao 9^o ano e no Ensino Médio. Isso possibilita que o jogo seja adaptado e aplicado de forma flexível em diversos anos escolares, atendendo às especificidades de cada etapa. A proposta também está alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que destaca a importância de práticas pedagógicas que favoreçam a resolução de problemas, o raciocínio lógico e o uso de tecnologias digitais como meios de potencializar a aprendizagem.

Esta dissertação está organizada em sete capítulos, além dos elementos pré e pós-textuais. Após esta introdução, o Capítulo 2 apresenta os objetivos geral e específicos da pesquisa. O Capítulo 3 traz o referencial teórico, abordando temas como jogos digitais na educação, gamificação, Ensino de Matemática, avaliação por desempenho e a abordagem curricular dos conjuntos numéricos. No Capítulo 4 são descritos os procedimentos metodológicos utilizados, com destaque para a abordagem qualitativa e o processo de desenvolvimento e aplicação do jogo. O Capítulo 5 detalha a construção do jogo digital, suas mecânicas, estrutura de coleta de dados e ciclos de teste. No Capítulo 6 são apresentados e discutidos os resultados esperados, com base na literatura e nas hipóteses da pesquisa. Por fim, o Capítulo 7 sintetiza as principais contribuições do trabalho, suas limitações e aponta possibilidades para estudos futuros.

Capítulo 2

OBJETIVOS

A presente pesquisa propõe o desenvolvimento e a análise de um jogo digital como recurso didático para o ensino de conjuntos numéricos, com ênfase na aprendizagem ativa e na avaliação por meio de dados gerados durante a interação do aluno com o jogo. Essa proposta dialoga com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e com as demandas contemporâneas por metodologias mais interativas e tecnológicas no ensino da matemática. O estudo busca atender tanto às necessidades de engajamento dos estudantes quanto à inovação nas formas de avaliação da aprendizagem, especialmente em um cenário onde práticas pedagógicas tradicionais ainda predominam. O jogo foi concebido para possibilitar aplicação flexível em diferentes segmentos da Educação Básica do Ensino Fundamental I ao Ensino Médio - respeitando as particularidades de cada etapa.

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver e analisar um jogo digital como recurso didático para o ensino de conjuntos numéricos, avaliando seu potencial para promover engajamento, aprendizagem e novas formas de avaliação no ensino da Matemática.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar o potencial pedagógico de jogos digitais no ensino de Matemática, com foco em conjuntos numéricos.
- Avaliar o engajamento dos alunos e as percepções docentes em relação ao uso do

jogo na prática escolar.

- Coletar e analisar dados gerados durante a interação dos estudantes com o ambiente gamificado.
- Refletir sobre formas alternativas de avaliação da aprendizagem com base em dados digitais e comportamentais.
- Discutir a aplicabilidade do jogo desenvolvido em diferentes segmentos da Educação Básica, com base em critérios de usabilidade e aderência curricular.

Capítulo 3

REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Jogos digitais e cultura digital

O século XXI é marcado por profundas transformações socioculturais e cognitivas, intrinsecamente ligadas ao avanço e à onipresença das tecnologias digitais, que moldam novas formas de aprender, comunicar e interagir com o conhecimento. A geração atual de estudantes, frequentemente denominada de “nativos digitais” por Marc Prensky (2001), cresceu imersa em ambientes interativos, desenvolvendo preferências por elementos como velocidade, interatividade, *feedback* imediato e visualidade, que se tornaram parte de sua estrutura cognitiva.

Prensky (2001), ao cunhar o termo “Digital Game-Based Learning”, argumenta que os jogos digitais não apenas capturam o engajamento, mas também reconfiguram a maneira como os jovens constroem e acessam o saber. Ele destaca a dificuldade da educação tradicional, pautada em linearidade e passividade, em dialogar com alunos habituados a ambientes dinâmicos e participativos, característicos dos jogos. Essa perspectiva ressoa com os fundamentos da epistemologia construtivista de Piaget (1974), que defendia que a aprendizagem se dá pela ação do sujeito sobre o objeto do conhecimento, por meio de descobertas, experimentações e invenções. Para Piaget, “entender é inventar”, o que antecipa a essência de uma pedagogia baseada em jogos, onde o aluno é protagonista da construção do próprio conhecimento.

Lev Vygotsky (1978), complementa essa visão ao situar a aprendizagem como um processo social e culturalmente mediado, conferindo ainda maior relevância aos jogos digitais no contexto educacional. Nesses ambientes, o estudante é frequentemente exposto

a situações de colaboração, mediação simbólica e desafios inseridos em sua zona de desenvolvimento proximal (ZDP), expandindo suas capacidades com o auxílio de ferramentas digitais.

Autores como James Paul Gee (2003, 2007) reforçam o potencial dos jogos como ambientes de aprendizagem ricos, que promovem imersão, pensamento estratégico, resolução de problemas e prática deliberada de habilidades complexas. Para Gee, os jogos são “bons ambientes de aprendizagem” porque permitem ao jogador falhar sem punições severas, ajustar estratégias, receber *feedback* imediato e recomeçar, fortalecendo a autonomia e a autorregulação.

A cultura digital, portanto, não representa apenas uma mudança tecnológica, mas uma profunda transformação nos modos de pensar, aprender e ensinar. A integração de jogos digitais na prática pedagógica implica reconhecer que os estudantes de hoje não só dominam as tecnologias, mas têm suas formas cognitivas moldadas por elas. Ignorar esse cenário pode levar o sistema educacional a se desvincular cada vez mais das experiências concretas dos alunos. A familiaridade com a linguagem dos jogos pode ser um facilitador da aprendizagem, enquanto a ausência de interesse em jogos pode indicar a necessidade de estratégias de mediação para certos perfis de alunos.

3.2 Game-Based Learning (GBL) e Gamificação na educação matemática

O uso de jogos digitais na educação é abordado sob diferentes perspectivas metodológicas, sendo as duas mais recorrentes a gamificação e o Game-Based Learning (GBL). Embora os dois conceitos compartilhem a proposta de incorporar elementos de jogos ao processo de ensino-aprendizagem, suas naturezas pedagógicas são distintas e têm implicações diferentes para o planejamento didático.

A gamificação consiste na utilização de mecânicas de jogos (pontos, rankings, desafios, recompensas) em contextos educacionais, sem necessariamente envolver um jogo completo. Seu objetivo é estimular o engajamento e a motivação, aproveitando dinâmicas lúdicas para tornar tarefas convencionais mais atrativas. Kapp (2012) destaca que gamificar não é apenas pontuar ou recompensar, mas sim criar experiências significativas que motivem o aluno a progredir por meio de desafios estruturados e feedback imediato.

Já o Game-Based Learning refere-se ao uso de jogos completos, criados ou adaptados com fins pedagógicos, nos quais o conteúdo é aprendido por meio da própria interação com o ambiente virtual. Nessa abordagem, o jogo não é um complemento à aula, mas o próprio meio pelo qual o conhecimento é construído, respeitando princípios da aprendizagem ativa, como exploração, tentativa e erro, e tomada de decisão.

No campo da Educação Matemática, o GBL tem demonstrado resultados promissores. A meta-análise de Tokac, Novak e Thompson (2019) revelou que jogos digitais aplicados ao ensino de matemática apresentam efeitos positivos e estatisticamente significativos sobre o desempenho acadêmico, mesmo que os efeitos sejam considerados modestos. Já Kebritchi, Hirumi e Bai (2010), em um experimento com o jogo DimensionM $\text{\textcircled{R}}$, observaram melhora no desempenho e na participação dos alunos, embora a motivação geral não tenha se alterado significativamente em comparação com métodos tradicionais. Theobald (2024) reforça que o GBL, ao conectar habilidades matemáticas a situações da vida real, busca combater a percepção de que a matemática é a disciplina menos apreciada devido à sua complexidade e falta de utilidade aparente.

Outro exemplo relevante é o estudo de Nicola Smith (2018), que investigou a percepção de professores sobre o uso da gamificação em turmas de 4^o e 5^o anos nos Estados Unidos. Os professores relataram aumento na autoeficácia dos alunos e melhora na dinâmica da sala de aula, desde que o uso dos jogos fosse alinhado a objetivos pedagógicos claros e acompanhado de apoio técnico. Mozer e Nantes (2019) também identificaram que Conjuntos Numéricos e Operações é o conteúdo matemático mais frequentemente abordado com gamificação por professores no estado do Paraná, destacando a aplicação predominantemente virtual.

Embora tanto a gamificação quanto o GBL possam ser eficazes, é fundamental compreender que seu potencial depende da qualidade do *design* pedagógico e da forma como são integrados ao conteúdo. No contexto desta dissertação, opta-se pelo uso do GBL, com o desenvolvimento de um jogo digital, centrado no ensino de conjuntos numéricos, no qual os conceitos matemáticos são apresentados, explorados e avaliados diretamente na experiência de jogo. Theobald (2024) destaca que os jogos podem simplificar conceitos e vocabulário matemático, reduzindo a ansiedade e oferecendo suporte adaptativo às necessidades dos alunos através de dicas, níveis de dificuldade e *feedback* imediato.

3.3 Conjuntos numéricos como conteúdo estruturante no currículo

Os conjuntos numéricos ocupam um papel central na organização dos conteúdos da Matemática escolar. São considerados uma base conceitual para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, estando presentes desde os anos iniciais do Ensino Fundamental até o Ensino Médio. Sua progressão natural — partindo dos números naturais e avançando para inteiros, racionais, irracionais e reais — fornece não apenas conteúdo matemático específico, mas também suporte para a compreensão de operações, propriedades e estruturas algébricas.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino dos números e das operações deve ser iniciado com ênfase na compreensão de quantidades, contagens e sistemas de numeração nos anos iniciais. A partir do 6^o ano, o currículo passa a enfatizar de forma sistemática os conjuntos numéricos e suas relações, incluindo operações, comparação, representação em reta numérica e propriedades algébricas.

Além disso, a BNCC aponta que o ensino de Matemática deve contemplar o desenvolvimento de competências como argumentação, resolução de problemas e uso de tecnologias digitais. Essa abordagem permite ao aluno visualizar conceitos como ordenação, equivalência e extensão numérica de forma dinâmica e interativa, por meio de desafios que exigem o uso prático do conhecimento matemático.

No Ensino Médio, o estudo dos conjuntos numéricos se aprofunda, servindo como ponto de partida para a álgebra, análise e geometria analítica. A compreensão sólida destes conceitos é essencial para que o estudante avance com segurança na Matemática mais formal, e também para que desenvolva a capacidade de interpretar e modelar situações reais por meio de representações numéricas. A escolha dos conjuntos numéricos como conteúdo central no desenvolvimento do jogo digital desta dissertação é, portanto, justificada por sua transversalidade curricular, sua importância para a formação matemática básica e sua potencialidade para ser explorado em ambientes lúdicos e digitais. Essa escolha permite, ainda, que o jogo seja adaptado a diferentes níveis de ensino, respeitando o grau de complexidade exigido em cada etapa da Educação Básica.

3.4 Avaliação na aprendizagem digital: logs e desempenho

A avaliação da aprendizagem é tradicionalmente associada à aplicação de provas e testes formais que medem, de forma pontual, o domínio de conteúdos específicos. No entanto, esse modelo tem sido amplamente criticado por não captar o processo de construção do conhecimento, tampouco a forma como o estudante interage com as atividades, lida com erros ou desenvolve estratégias de resolução. Com o avanço das tecnologias digitais e, especialmente, com o uso de jogos educacionais, surgem novas possibilidades de avaliação baseadas nos dados gerados em tempo real durante a interação do aluno com o sistema.

Esses dados — chamados de *logs* de interação — incluem informações como tempo de resposta, número de tentativas, caminhos percorridos, decisões tomadas, níveis de acerto e até desistências. Quando organizados e analisados, esses registros podem permitir compreender como o aluno aprende, em vez de apenas o que ele acertou. Essa mudança de perspectiva representa um avanço significativo em direção a uma avaliação mais formativa, diagnóstica e personalizada.

Mousavi Baigi *et al.* (2022) destacam que há uma diversidade de ferramentas e frameworks voltados à avaliação de jogos educacionais, como o MEEGA+, o EGameFlow e o E-GUESS. No entanto, muitos desses instrumentos ainda carecem de validação científica rigorosa e nem sempre contemplam aspectos pedagógicos e cognitivos de forma integrada. Os autores reforçam a necessidade de modelos padronizados e mais robustos, que considerem tanto a experiência do usuário quanto os objetivos de aprendizagem. No Brasil, Flach e Ferreira (2020) analisaram trabalhos sobre jogos educacionais publicados entre 2015 e 2019 e concluíram que a maioria das avaliações ainda depende de questionários de percepção subjetiva, pouco integrados a métricas objetivas de desempenho. Os autores defendem a ampliação do uso de dados gerados automaticamente pelos jogos como alternativa válida e mais confiável para medir aprendizagem, especialmente em contextos nos quais o acompanhamento contínuo é difícil.

A análise de logs e dados de uso em jogos educacionais também se aproxima de metodologias de análise de aprendizagem (*Learning Analytics*), que vêm sendo aplicadas para identificar padrões de comportamento, prever dificuldades e apoiar decisões pedagógicas. Aplicado ao ensino de Matemática, esse tipo de avaliação permite detectar, por exemplo,

se um aluno está errando por má compreensão conceitual, por pressa ou por estratégia inadequada, oferecendo subsídios para intervenções mais eficazes por parte do professor.

No contexto desta pesquisa, o jogo digital proposto será estruturado para coletar automaticamente dados de interação dos estudantes, possibilitando análises sobre o desempenho e a trajetória de aprendizagem de cada jogador. Essa proposta busca contribuir para a consolidação de um modelo de avaliação mais integrado, contínuo e sensível aos processos cognitivos reais que ocorrem durante o aprendizado matemático.

3.5 Estudos empíricos sobre jogos digitais no ensino de matemática

Diversas pesquisas empíricas têm investigado o uso de jogos digitais como estratégia de ensino na Matemática Escolar, com foco em aspectos como engajamento, aprendizagem conceitual, motivação e avaliação. Essas evidências são fundamentais para fundamentar o desenvolvimento de jogos educacionais baseados em dados e para demonstrar sua viabilidade prática em contextos reais.

Kebritchi, Hirumi e Bai (2010) realizaram um estudo experimental com estudantes do Ensino Médio utilizando o jogo *DimensionM \mathbb{R}* , voltado ao ensino de Álgebra. Os resultados mostraram que o grupo que utilizou o jogo teve desempenho significativamente superior ao grupo controle em avaliações de Matemática. Embora a motivação geral não tenha diferido entre os grupos, entrevistas revelaram maior interesse e participação durante o uso dos jogos.

Tokac, Novak e Thompson (2019) realizaram uma meta-análise abrangente de 24 estudos sobre jogos digitais aplicados ao ensino de matemática e constataram um efeito positivo estatisticamente significativo, ainda que de pequena magnitude. Os autores destacam que o impacto da GBL depende de fatores como o tipo de jogo, seu alinhamento com os conteúdos curriculares e o papel do professor na mediação da atividade. Eles também observaram que o efeito da aprendizagem baseada em jogos na realização matemática aumentou ligeiramente com o ano de publicação dos estudos, possivelmente devido a avanços na pesquisa e na qualidade dos jogos.

Em uma pesquisa qualitativa, Nicola Smith (2018) entrevistou professores do 4^o e 5^o ano do ensino fundamental nos Estados Unidos para entender suas percepções sobre a

gamificação no ensino de Matemática. Os docentes relataram aumento da motivação, engajamento e senso de pertencimento dos alunos durante o uso de jogos como Kahoot e Quizziz, embora tenham apontado desafios na integração desses recursos ao currículo. A pesquisa concluiu que a gamificação pode ter um impacto positivo no desempenho acadêmico dos alunos em matemática e em suas habilidades não acadêmicas, como trabalho em equipe e pensamento crítico.

No Brasil, França *et al.* (2021) investigaram como o pensamento computacional emerge na criação de jogos digitais por estudantes da Zona Rural de Pernambuco. A pesquisa revelou que, ao desenvolverem jogos relacionados ao cotidiano do campo, os alunos mobilizaram conceitos matemáticos, narrativas culturais e habilidades computacionais, destacando o potencial dos jogos como instrumento interdisciplinar e emancipador.

Outro exemplo nacional é o estudo de Mozer e Nantes (2019), que analisaram planos de trabalho docente no Paraná e identificaram que Conjuntos Numéricos é o conteúdo mais frequentemente abordado com jogos digitais na rede pública. A pesquisa reforça a escolha metodológica desta dissertação, ao demonstrar que esse conteúdo é recorrente, significativo e adaptável a abordagens lúdicas.

Siegler e Ramani (2009), por sua vez, demonstraram que jogos de tabuleiro com números dispostos linearmente (em vez de circularmente) promovem avanços significativos na compreensão de magnitude numérica e desempenho aritmético em crianças da educação infantil, especialmente entre alunos de baixa renda. Isso evidencia o papel do design visual e espacial dos jogos no desenvolvimento cognitivo.

Por fim, o estudo de Fullard (2024) mostra que mesmo jogos simples, aplicados ao final de seminários de estatística no ensino superior, aumentaram a frequência, satisfação e desempenho acadêmico dos alunos. Esses resultados reforçam que o uso de jogos não se limita à educação básica, podendo ser adaptado a diferentes níveis e áreas do conhecimento.

Os resultados desses estudos apontam para: jogos digitais bem planejados têm o potencial de promover melhoria na aprendizagem Matemática, engajamento mais ativo dos alunos, e novas formas de avaliação. Esses elementos sustentam a proposta desta dissertação.

Capítulo 4

MATERIAL E MÉTODOS

Esta seção detalha os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa, abrangendo o tipo de estudo, os participantes envolvidos, os instrumentos e ferramentas utilizadas, o planejamento do jogo, a dinâmica de aplicação em sala de aula e os métodos de coleta de dados. O objetivo é fornecer uma descrição clara e replicável do percurso metodológico que sustentou a investigação sobre o potencial do jogo digital no ensino de conjuntos numéricos e na avaliação da aprendizagem.

4.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza qualitativa, com elementos de design educacional. A abordagem qualitativa permite uma compreensão aprofundada dos fenômenos observados no contexto da aplicação do jogo, explorando as percepções dos alunos, os relatos do professor-pesquisador e as interações durante o uso do recurso digital. Os elementos de design educacional, por sua vez, referem-se ao processo iterativo de desenvolvimento e aprimoramento do jogo, que foi concebido para atender a objetivos pedagógicos específicos e passou por ciclos de testes e ajustes.

4.2 Público-alvo e participantes

A aplicação do jogo foi realizada com turmas de 8^o e 9^o anos do Ensino Fundamental de uma escola da rede pública do Rio de Janeiro. A escolha dessas turmas justifica-se pela relevância do conteúdo de conjuntos numéricos para essa faixa etária, conforme

preconizado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). É importante ressaltar que a aplicação incluiu alunos com diferentes perfis de aprendizagem, incluindo aqueles com autismo níveis 1 e 2 de suporte, DI* ou TDAH**, o que permitiu observar a adaptabilidade do jogo a diversas necessidades educacionais. A dinâmica de aplicação em grupos de três alunos, compartilhando um mesmo dispositivo, também foi um fator relevante na observação das interações e colaboração entre os estudantes.¹

4.3 Ferramentas utilizadas

Para o desenvolvimento do jogo digital, a ferramenta principal empregada foi o Construct 3, uma plataforma de desenvolvimento de jogos baseada em HTML5, que permite a criação de jogos sem a necessidade de programação complexa, utilizando uma interface visual de arrastar e soltar. Essa escolha facilitou o processo de prototipagem e implementação das mecânicas do jogo, focando na experiência do usuário e na representação dos conceitos matemáticos.

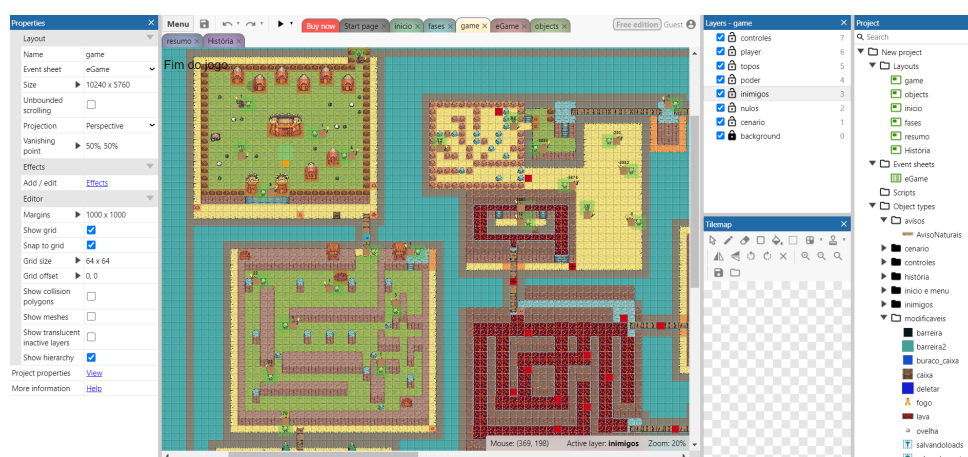


Figura 1: Área de trabalho do construct 3

O Construct 3 pode ser utilizado de forma gratuita, mas com algumas limitações. É possível criar pequenos jogos ou aplicativos simples para qualquer dispositivo, mas um jogo completo com diversos elementos necessita de uma licença paga. Para conseguir realizar esse projeto foi necessário uma assinatura anual. Outra vantagem da dessa ferramenta é

¹*DI (Deficiência Intelectual) é uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por limitações significativas no funcionamento intelectual e nas habilidades adaptativas (como autonomia, comunicação e resolução de problemas) no cotidiano. **TDAH (Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade) é um transtorno do neurodesenvolvimento marcado por dificuldades persistentes de atenção e/ou impulsividade e hiperatividade, que podem afetar a aprendizagem e a organização escolar.

a possibilidade de exportação do projeto em múltiplos formatos focados em dispositivos com sistemas operacionais Android, Windows e IOS.

4.4 Planejamento do jogo e conteúdo abordado

O jogo foi planejado para abordar os conjuntos numéricos, com foco inicial nos números naturais e, posteriormente, na introdução dos números inteiros. A mecânica central envolve o personagem do jogador enfrentando monstros associados a números específicos. Para progredir no jogo o jogador deve compreender bem o conceito de ordem dos números. A aplicação feita para a presente pesquisa se concentrou na primeira fase do jogo, que explora os números naturais e a transição para os inteiros não naturais. A mensagem de que “suas armas naturais não são fortes o suficiente para matar os monstros negativos” é um exemplo da abordagem lúdica para introduzir a necessidade de novos conjuntos numéricos.

4.5 Dinâmica de aplicação em sala de aula

A aplicação do jogo ocorreu em um ambiente de sala de aula, com o professor-pesquisador atuando como facilitador. Os alunos foram orientados a se organizar em grupos de três pessoas, compartilhando um único dispositivo Android. Essa abordagem visou contornar a limitação ou falta de dispositivos, mas também promover a colaboração e a discussão entre os estudantes. O professor levou carregadores externos e cabos para garantir que os dispositivos estivessem sempre operacionais. A atividade gerou grande interesse e engajamento, com os grupos competindo para completar o jogo, o que resultou em períodos de concentração de 30-40 minutos, algo incomum para atividades tradicionais. Houve também um notável compartilhamento de estratégias entre os grupos, evidenciando a natureza colaborativa da experiência.

4.6 Instrumentos de coleta de dados

Assim que o jogo termina, ele trava em uma tela mostrando os dados coletados. Pela dificuldade técnica em coletar esses dados de forma remota, foi escolhido registrar individualmente o resultado de todos que conseguiram terminar o jogo. Podemos ver na figura

2 essa tela final do jogo e alguns exemplos. Não foi possível fotografar todos, a maioria foi registrada em papel.

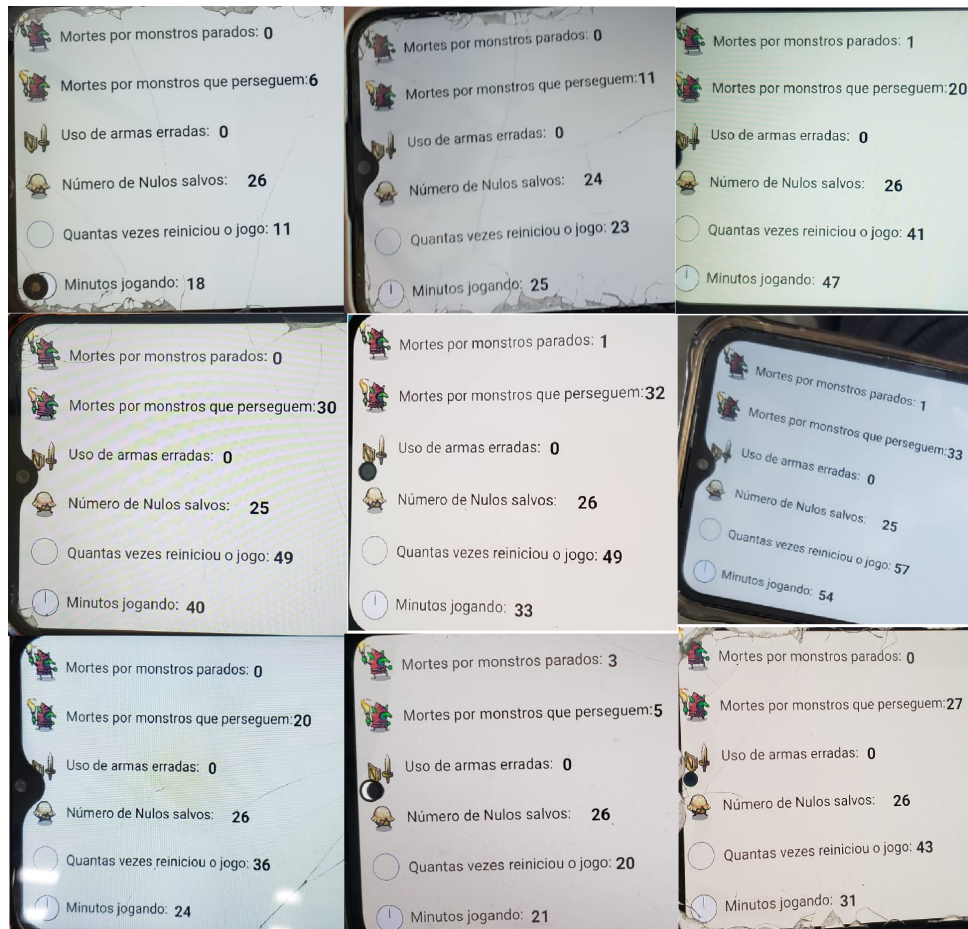


Figura 2: Alguns dos registros dos celulares dos alunos

A coleta de dados foi realizada por meio de diferentes instrumentos, visando capturar tanto aspectos quantitativos (dados do jogo) quanto qualitativos (observações e relatos). Os principais instrumentos foram:

- **Logs de interação do jogo:** O jogo foi projetado para coletar automaticamente dados sobre o desempenho e o comportamento dos jogadores. As variáveis coletadas incluíam:
 - **Mortes por monstros parados:** Indica se o jogador tentou atacar monstros com poder superior ao seu, sugerindo uma fase de tentativa e erro na compreensão da dinâmica do jogo. Um baixo número de mortes por monstros parados pode indicar uma rápida compreensão da relação entre o poder do personagem e a numeração dos monstros.

- **Mortes por monstros que perseguem:** Reflete a habilidade do jogador em lidar com desafios dinâmicos do jogo. Como os monstros só perseguem quando o personagem se aproxima deles, é possível observar quais jogadores foram mais cautelosos e quais tiveram um processo de tentativa e erro mais caótico.
- **Número de nulos salvos:** essa variável não teve utilidade para a análise de desempenho, ela indica o estilo de jogo do aluno, a ideia é que ela possa ser utilizada com a taxonomia de Bartle (não abordada neste trabalho).
- **Quantas vezes reiniciou:** Relaciona-se diretamente com a quantidade de mortes e a necessidade de reiniciar em desafios de *puzzle*, indicando persistência e estratégias de resolução de problemas.
- **Minutos jogados:** Tempo total de engajamento com o jogo.

Esses dados, embora não possuam significância estatística para conclusões definitivas devido à amostra limitada, serviram como base empírica para especulações e indicações sobre o comportamento dos alunos e o potencial do jogo como ferramenta avaliativa.

Tabela 1: Exemplos de dados de interação coletados durante a aplicação do jogo

Jogador	mortes/Parados	mortes/Perseguem	Nulos Salvos	Reinícios	Min
1	0	6	26	11	18
2	0	11	24	23	25
3	1	20	26	41	47
4	0	30	25	49	40
5	1	32	26	49	33
6	1	33	25	57	54
7	0	20	26	36	24
8	3	5	26	20	21
9	0	27	26	43	31
10	1	38	26	44	40
11	0	15	25	28	20
12	2	10	26	25	23
13	0	40	24	55	45
14	1	22	26	39	30
15	0	8	25	15	22
16	1	28	26	45	38
17	0	18	25	30	22
18	0	35	26	52	48
19	1	29	24	40	35
20	0	13	26	27	20
21	2	7	25	18	26
22	0	45	26	60	50
23	1	31	25	47	39
24	0	19	26	32	23
25	1	26	24	38	30
26	0	42	25	58	52
27	3	10	26	24	20

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

- **Observação do professor-pesquisador:** O professor atuou como observador participante, registrando o comportamento dos alunos, suas dúvidas, estratégias de resolução de problemas e interações. Essa observação foi crucial para compreender a dinâmica da aplicação e as reações dos estudantes ao jogo.
- **Relatos dos alunos (pós-jogo):** Após a aplicação, os alunos preencheram formulários e participaram de discussões. Embora as devolutivas tenham focado principalmente em aspectos técnicos do jogo (menu, botões, possibilidade de salvar o jogo), também revelaram a percepção dos alunos sobre como o jogo poderia auxiliar na associação do conteúdo matemático com a experiência lúdica. Perguntas como: “me dê exemplos de números que o personagem consegue matar no primeiro nível”

substituíram as tradicionais “me dê exemplos de números naturais”, evidenciando a internalização do conceito através do jogo.

- **Discussões sobre conjuntos numéricos:** A condição de o jogo estar parcialmente concluído, revelou-se uma oportunidade pedagógica. Essa limitação inicial, em vez de comprometer a experiência, permitiu a emergência de discussões ricas sobre o que aconteceria ao tentar “atacar” inimigos que representassem elementos dos outros conjuntos ainda não implementados.

Ao serem confrontados com a impossibilidade de progredir para além dos números naturais, dentro da lógica do jogo, os alunos foram instigados a formular hipóteses e a especular sobre as características e a dinâmica de combate com “monstros” racionais ou irracionais. Questionamentos como “o que aconteceria se o personagem atacasse um inimigo racional não inteiro ou um irracional?” surgiram espontaneamente, estimulando os alunos a pensar e formular ideias.

As discussões subsequentes, mediadas pelo professor-pesquisador, evidenciaram lacunas significativas no domínio dos elementos desses conjuntos numéricos mais complexos por parte dos alunos. Muitos revelaram não possuir uma compreensão clara sobre as propriedades ou mesmo a existência de números que não se encaixavam nas categorias já abordadas pelo jogo (naturais e inteiros). Essa descoberta das próprias limitações, provocada pela fronteira do jogo, funcionou como um diagnóstico em tempo real, reforçando a necessidade de abordar esses conteúdos.

Dessa forma, a incompletude do jogo transformou-se em uma ferramenta diagnóstica e catalisadora para a curiosidade matemática. A experiência mostrou que, ao invés de apenas transmitir conhecimento, o jogo pode criar um ambiente de exploração que expõe as lacunas de compreensão, tornando o aprendizado uma busca ativa por respostas e, conseqüentemente, tornando a introdução formal de novos conjuntos numéricos mais significativa e contextualizada para os estudantes. Essa dinâmica de pensar e formular ideias em resposta a um desafio lúdico se alinha à ideia de que a aprendizagem ocorre pela ação do sujeito sobre o objeto do conhecimento e pela experimentação, mesmo em um ambiente simulado.

Capítulo 5

DESENVOLVIMENTO DO JOGO

O jogo digital, intitulado “O Herói dos Nulos”, foi desenvolvido como parte integrante desta pesquisa, apresentando uma narrativa original e envolvente ambientada em um universo fictício onde os personagens possuem um poder simbolicamente representado por números. A proposta central é que o jogador vivencie conceitos matemáticos de forma interativa, tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo.

A produção de um jogo digital, mesmo que com foco educacional, mostrou-se uma atividade inerentemente desafiadora, especialmente quando empreendida por um único desenvolvedor. Os diversos aspectos que compõem um jogo de qualidade como gráficos, mecânicas de gameplay e construção narrativa demandam, usualmente, a colaboração de grandes equipes com profissionais que detêm habilidades distintas e especializadas. A tentativa de consolidar essas múltiplas funções em uma única pessoa, sem o suporte de uma equipe multidisciplinar, pode acarretar prejuízos na complexidade e refinamento do produto final.

O ponto de partida para o desenvolvimento do presente jogo, “O Herói dos Nulos”, surgiu de uma experiência particular do autor durante uma pesquisa exploratória para um projeto de extensão. Constatou-se a proliferação de vídeos promocionais em redes sociais que anunciavam jogos com mecânicas visuais e propostas de gameplay altamente engajadoras, muitas delas com potencial aparente para o trabalho de conceitos matemáticos. Contudo, ao tentar acessar esses jogos, a realidade divergia drasticamente da promessa: as mecânicas anunciadas eram inexistentes ou apresentavam-se de forma excessivamente simplificada, explorada em poucos segundos de jogo, evidenciando uma publicidade enganosa.

Essa observação não apenas revelou a dificuldade em encontrar jogos educacionais que fossem genuinamente divertidos e desafiadores, mas também expôs uma prática comum no mercado de jogos com fins educativos ou de entretenimento: a inserção excessiva de anúncios. Essa característica sugeria que o objetivo primário de muitos desenvolvedores estava centrado na monetização e no lucro, em detrimento da criação de uma experiência de jogo interessante, imersiva ou desafiadora o suficiente para promover qualquer tipo de aprendizagem significativa. Tal cenário reforçou a necessidade de desenvolver uma ferramenta que priorizasse a ludicidade e o aprendizado, e não apenas o retorno financeiro.



Figura 3: Anúncios de jogos com mecânicas similares.

Conforme ilustrado na Figura 2, o jogo à direita não correspondia à forma anunciada, e o jogo à esquerda possuía uma mecânica completamente diferente daquela divulgada. Em ambos os casos, a experiência do usuário era frequentemente interrompida pela necessidade constante de assistir a anúncios. Esses são dois de cerca de dez outros jogos similares encontrados através de anúncios.

Uma parcela significativa do tempo de produção do jogo foi dedicada ao design visual, visando criar uma estética que capturasse o interesse dos alunos. Embora a qualidade gráfica não seja o único critério para a eficácia de um jogo, uma experiência visual agradável pode influenciar positivamente a percepção da qualidade geral. Após diversas tentativas na produção de elementos artísticos que não atingiam o padrão estético desejado, o autor recorreu a recursos de design visual gratuitos disponíveis na internet.

O estilo de design selecionado, inicialmente não concebido para um jogo dessa natureza, demonstrou ser perfeitamente adaptável com algumas modificações. Contudo, essa adaptação demandou o redesenho de várias artes e o ajuste de posições, mas agora com a vantagem de ter uma base de estilo fornecida por um artista profissional.

Entre as diversas opções de arte disponíveis, o objetivo primordial era afastar-se do estereótipo predominante do “homem branco”, frequentemente encontrado em jogos com temáticas de combate, guerreiros e aventura. Inicialmente, a ideia de utilizar animais antropomorfizados como personagens foi considerada, porém, as opções visuais encontradas não se mostraram satisfatórias em termos estéticos ou de identificação.

A decisão de criar personagens “Nulos”, que não possuem feição, gênero ou cor definidos, tornou-se um fator importante para um jogo educacional. Essa escolha busca maximizar a identificação do jogador com o avatar, superando a impossibilidade técnica e a limitação de prazo para a elaboração de múltiplos personagens customizáveis que abrangessem a diversidade de identidades dos alunos.

5.1 Enredo e mecânicas

O enredo de “O Herói dos Nulos” se desenrola em uma “Vila dos Nulos”, cujos habitantes nascem com o número zero sobre suas cabeças e vivem em harmonia. A paz é quebrada pela invasão dos goblins do mago Peano, que carregam números naturais. Para proteger a vila, Sefer, o mago dos Nulos, usa seu bastão fatorial para transformar um Nulo no número 1, concedendo-lhe as “armas naturais” (uma espada e um escudo decoradas com o símbolo dos números naturais - \mathbb{N}).

Com essas armas, o jogador (o herói) pode derrotar inimigos cujo valor numérico seja menor ou igual ao seu próprio número, ganhando pontos equivalentes ao número vencido. Essa dinâmica constitui o núcleo da primeira fase do jogo, permitindo ao jogador experimentar interativamente os conceitos de ordem, comparação e operação com números naturais. A lógica de progressão exige decisões estratégicas, pois enfrentar um número maior pode resultar em derrota imediata. Pequenos labirintos que precisam ser completados em determinada ordem foram inseridos em quase todas as etapas e desafios onde o jogador deve empurrar caixas para conseguir tampar buracos de algumas pontes para passar nelas, isso tornar o jogo mais interessante, mesmo fugindo do escopo estrito dos conjuntos numéricos.

5.2 Conjuntos numéricos representados no jogo

Neste estágio do desenvolvimento, o jogo foca principalmente nos números naturais, introduzindo, ao final da fase inicial, os números inteiros não naturais (negativos). A inserção desses inteiros ocorre com monstros negativos, sem explicação prévia de sua existência. Ao tentar derrotá-los, o jogador recebe uma mensagem alertando que suas armas naturais não são fortes o suficiente para derrotar números negativos. Ao atacar um goblin com um número negativo, o herói não morre, mas perde pontos proporcionais ao valor do inimigo. Essa mecânica introduz o conceito do impacto de valores negativos e desafia o jogador a evitar certos inimigos, alterando a lógica de confronto. Assim, o conteúdo matemático é abordado não apenas pela memorização dos conjuntos, mas pela compreensão de suas propriedades operacionais e consequências práticas.

O restante da história do jogo, ainda em fase de desenvolvimento, prevê que, após a derrota do mago Peano, o herói será recompensado com as “armas inteiras”, habilitando-o a enfrentar todos os números inteiros, a narrativa antecipa a ampliação do conteúdo com a introdução dos vilões Zahlen (inteiros completos), Quahun (racionais), Ipaso (irracionais) e Radix (reais), que personificam os conjuntos numéricos progressivos do currículo da matemática escolar.

Os nomes e elementos narrativos do jogo foram cuidadosamente concebidos para incorporar referências que, embora não esperadas de serem associadas diretamente pelos jogadores, podem funcionar como brincadeiras ou alusões sutis, principalmente para um público com maior familiaridade com conceitos matemáticos. Por exemplo, a escolha do “mago Peano” faz referência aos axiomas de Peano, enquanto o “bastão fatorial” do mago Sefer remete ao conceito de que zero fatorial é igual a um. Essas escolhas, embora não essenciais para a compreensão da jogabilidade por parte dos alunos do Ensino Fundamental, adicionam uma camada de significado que pode ser apreciada em contextos acadêmicos, como entre matemáticos.

5.3 Interface e jogabilidade

A tela inicial do jogo é inspirada no símbolo dos números naturais, ela foi criada com o auxílio do Chat GPT, uma inteligência artificial (IA) que também gera imagens.



Figura 4: Tela inicial do jogo.

A seleção de níveis mostra os que ainda não foram concluídos. Apenas o primeiro nível está disponível. Cada um mostra o símbolo já utilizado nas aulas de Matemática para representar os conjuntos numéricos. Eles foram estilizados também com o auxílio do Chat GPT.



Figura 5: Seleção de níveis.

Assim que o primeiro nível é selecionado o jogador é direcionado a uma tela onde poderá ler a história do jogo, não é possível pular essa parte e, devido a falta dessa opção, pode ser necessário reassistir toda vez que quiser voltar ao jogo.

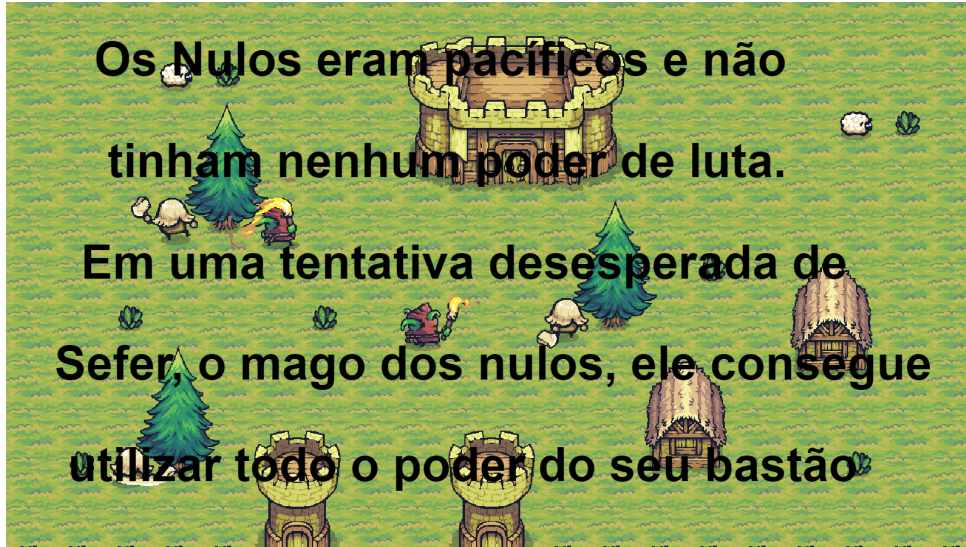


Figura 6: História inicial do jogo.

A interface do jogo é composta por personagens estilizados com números visíveis sobre suas cabeças, o que serve tanto como elemento visual de design quanto como ferramenta pedagógica para comparação numérica imediata. A movimentação do herói é controlada por comandos na tela do celular, e a mecânica de combate é ativada de duas formas: Para inimigos parados, é necessário se aproximar e atacá-los com a espada, mas para inimigos que te perseguem, basta que eles te encostem para que o combate seja finalizado.



Figura 7: Tela do jogo com os controles de movimentação e ataque.

O jogo é visualmente segmentado por ilhas, que podem ser interpretadas como níveis de aprendizagem. À medida que avança, o jogador enfrenta inimigos com números maiores e desafios estratégicos mais complexos. Um dos problemas notados durante a aplicação

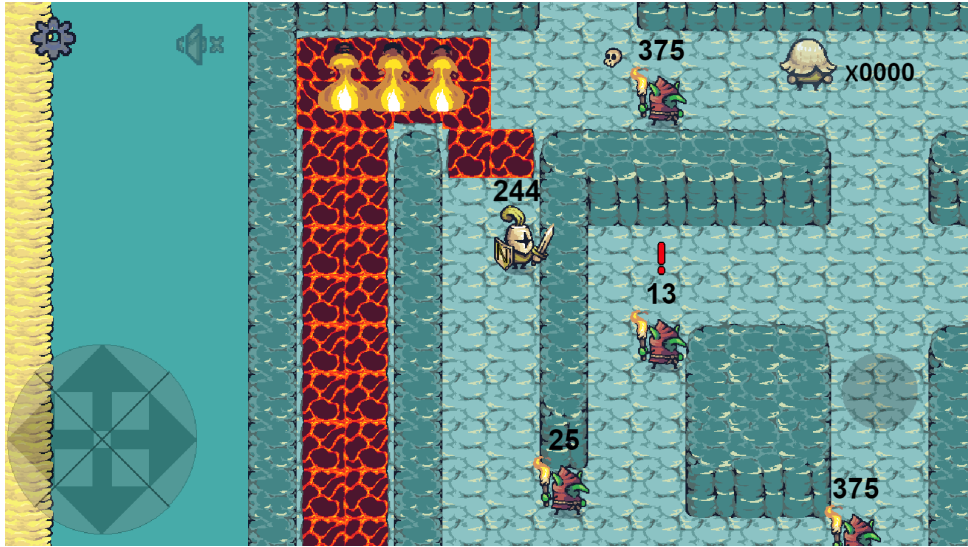


Figura 10: Labirinto com lava surgindo.

Os desafios que não envolviam números eram semelhantes aos do jogo Sokoban onde caixas precisam ser empurradas em determinada ordem para que o jogador possa prosseguir, caso ele faça algum movimento errado, será necessário recarregar o jogo.

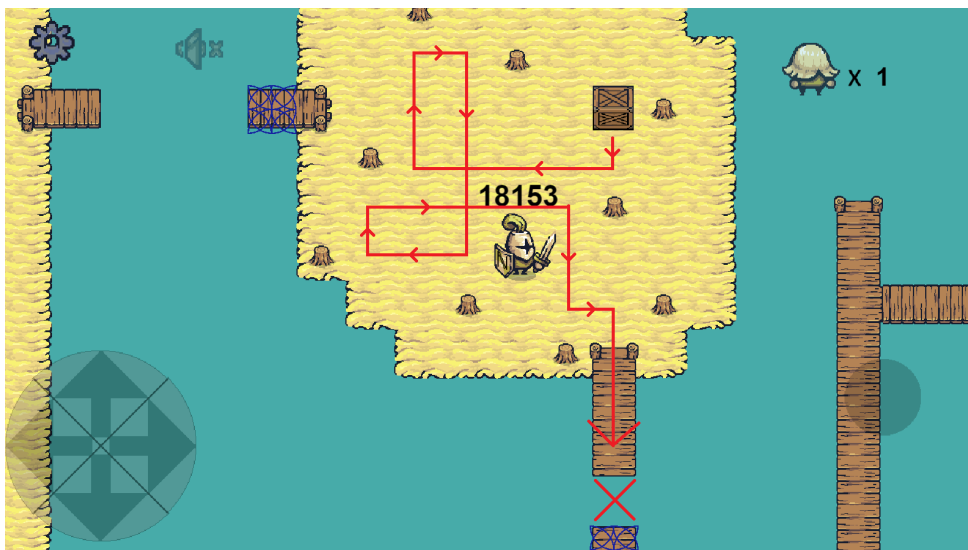


Figura 11: Desafio sokoban com solução.

O último desafio é um “chefe” final que cria fantasmas negativos que retiram pontos do personagem, nele a dinâmica do jogo muda, agora, a cada ataque, o jogador dará um dano equivalente ao seu poder e toda vez que ele for atingido por um fantasma, perderá certa pontuação.

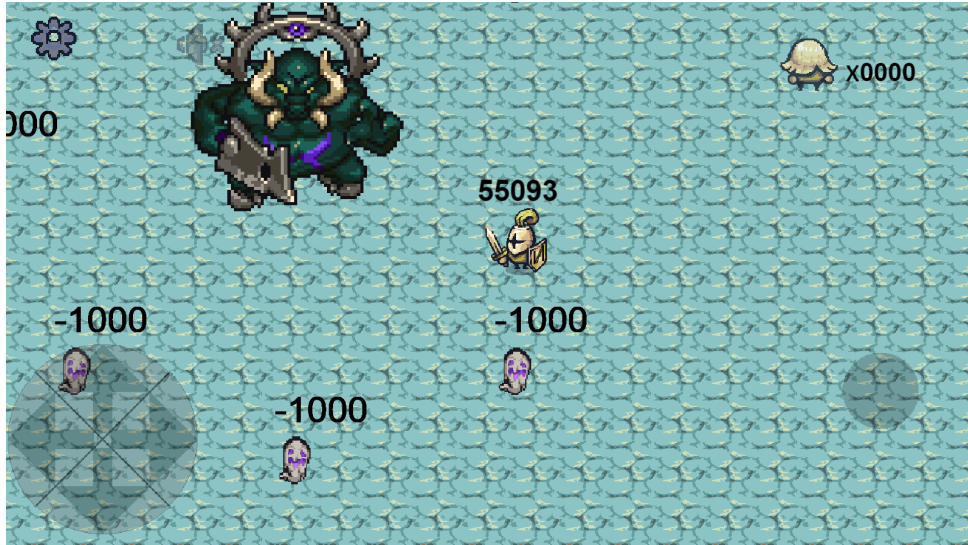


Figura 12: Chefe final Peano.

5.4 Estrutura de coleta de dados (métricas e variáveis)

Durante a interação com o jogo, são coletados automaticamente diversos dados de desempenho, por meio de logs internos. As métricas principais incluem:

- Tempo de conclusão do jogo;
- Número de mortes ocasionadas por tentar matar um inimigo cujo poder é maior que o seu;
- Número de mortes ocasionadas por ser morto por um inimigo que te perseguiu e possuía um poder maior que o seu;
- Tentativas de combate com inimigos que possuem um número negativo;
- Número de Nulos que foram salvos dos goblins;
- Quantidade de vezes que o jogador voltou para um save do jogo.

Esses dados permitirão análises sobre comportamento do aluno durante o processo de aprendizagem, além de fornecerem uma base para a construção de instrumentos alternativos de avaliação, baseados em evidências do próprio jogo. O número de tentativas de combate com inimigos que possuem o número negativo não foi armazenado corretamente e, na versão atual, está sendo zerado toda vez que o jogador carrega o jogo, então ele foi desconsiderado para a análise.

5.5 Ciclos de testes internos

Até o momento, o jogo encontra-se em fase de desenvolvimento, com o primeiro nível focado nos números naturais já implementado e testado. Os ciclos de testes foram conduzidos com foco na estabilidade do jogo, fluidez da mecânica, clareza visual e fidelidade ao conteúdo matemático. O objetivo dos próximos ciclos é aprimorar a interface, calibrar a dificuldade dos desafios e expandir as funcionalidades com a introdução dos conjuntos numéricos posteriores (inteiros, racionais, irracionais e reais). A estrutura narrativa já prevê essas expansões, permitindo um crescimento modular do jogo e maior adaptabilidade a diferentes níveis de ensino.

Algumas das modificações que já começaram a ser implementadas são a divisão das ilhas em sub-níveis que dão uma sensação de progresso, a alteração do tamanho dos botões, a implementação de um botão para pular a história principal e algumas pequenas mudanças na disposição dos monstros para melhorar a fluidez do jogo.

Capítulo 6

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos a partir da aplicação do jogo digital com alunos do Ensino Fundamental, conforme detalhado na seção de Material e Métodos. A análise busca conectar as observações empíricas e os dados coletados com o referencial teórico da dissertação, especialmente no que tange ao *Game-Based Learning* (GBL), à Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky, e às contribuições de autores como Prensky, Gee, e estudos sobre avaliação por dados.

6.1 Engajamento e Dinâmica da Aplicação

A aplicação do jogo demonstrou um alto nível de engajamento por parte dos alunos, superando as expectativas em relação a atividades pedagógicas tradicionais. O relato do professor-pesquisador destaca ter observado que seus alunos que normalmente não prestam atenção em 20 minutos de aula se mantiveram fixos em zerar o jogo por 30-40 minutos. Esse achado corrobora a literatura sobre *Game-Based Learning*, que aponta o potencial dos jogos digitais para capturar e sustentar a atenção dos estudantes, transformando a experiência de aprendizagem em algo mais dinâmico e motivador (**Prensky2001**). Prensky (2001) já afirmava que os jogos digitais, com sua natureza interativa, “reprogramam” o cérebro dos jovens para uma maior velocidade de processamento e multitarefa, tornando as abordagens tradicionais “entediantes” para essa geração.

A competição saudável entre os grupos para “ver quem acabaria o jogo primeiro” e o compartilhamento entre os grupos em situações de “eu descobri como passa dessa parte” são indicativos claros de um ambiente de aprendizagem ativo e colaborativo, caracterís-

ticas desejáveis em abordagens pedagógicas contemporâneas. O ambiente lúdico proporcionado pelo jogo parece ter reduzido as barreiras iniciais que a matemática abstrata frequentemente impõe. A imersão no desafio do jogo, onde a compreensão dos conjuntos numéricos é intrínseca à progressão, facilita a construção de significado para o conteúdo.

A ausência de um tutorial explícito no jogo, que inicialmente levou os alunos à “tentativa e erro” para entender a dinâmica, pode ser interpretada sob a ótica da aprendizagem exploratória, onde o erro é visto como parte do processo de descoberta e não como falha. A rápida compreensão da lógica de “maior”, “menor” ou “igual” a após uma única “morte” demonstra a eficácia do *feedback* imediato e contextualizado do jogo, um elemento chave para a aprendizagem em ambientes digitais. Isso vai ao encontro das características de “bons ambientes de aprendizagem” propostas por Gee (2003, 2007), que incluem a possibilidade de falhar sem punição severa e o ajuste de estratégias.

É fundamental ressaltar que, no contexto de uma escola pública, onde a escassez de recursos e a predominância de aulas tradicionais ainda persistem, quase todas as atividades que fogem da rotina de quadro, caderno e apostila tendem a ser positivamente recebidas pelos alunos. Esse fator, por si só, introduz um viés na observação do engajamento. Adicionalmente, o próprio entusiasmo e o esforço despendido pelo autor no desenvolvimento e aplicação do jogo podem ter contribuído para um viés de confirmação. Assim, embora a experiência de aplicação tenha sido genuinamente positiva e os relatos verdadeiros estejam incluídos neste trabalho, é possível que a percepção da real eficácia do jogo em larga escala esteja, de certa forma, superestimada.

É crucial reconhecer que, por mais que o jogo se configure como uma ferramenta interessante, ele não é capaz de abordar o conteúdo de forma autônoma, sem a devida mediação pedagógica. Essa ressalva é vital para garantir uma análise mais crítica, prevenindo que outros professores que desejem aplicar a atividade esperem resultados idênticos sem considerar o papel da mediação. Outros fatores, como a proximidade e o bom relacionamento do autor com os alunos, inclusive no que tange ao compartilhamento e à competição em jogos online fora do ambiente acadêmico, também podem ter influenciado positivamente o interesse, a competição e os resultados observados durante a aplicação. Parte desses alunos pedem semanalmente pela continuação do jogo, muitos seguiram jogando para tentar fazer tempos melhores, compartilhando os resultados na escola.

6.2 Inclusão e Diversidade de Aprendizagem

Um ponto de destaque na aplicação foi a participação, interesse e bom desempenho dos alunos com autismo níveis 1 e 2 de suporte, DI e TDAH. Este resultado sugere que o formato interativo e visual do jogo pode ser particularmente benéfico para estudantes com necessidades educacionais específicas, oferecendo um caminho alternativo para o acesso ao conhecimento matemático. A natureza não linear e o feedback contínuo dos jogos podem se alinhar melhor com diferentes estilos de aprendizagem, promovendo a inclusão e o desenvolvimento de competências em um ritmo individualizado. Budiarto, Gunarhadi e Rahman (2024) reforçam que o aprendizado móvel, ao ser prático e flexível, é benéfico para o aprendizado individual ou em grupo, e influencia o desejo e a motivação dos alunos. Dois alunos em particular, diagnosticados com autismo, que costumam ser bem focados em determinadas tarefas obtiveram os melhores resultados de sua turma.

A observação de que “alunos que gostam de games tiveram um desenvolvimento mais rápido na solução dos problemas” reforça a ideia de que a familiaridade com a linguagem dos jogos pode ser um facilitador da aprendizagem, enquanto outros alunos menos interessados em jogos ficavam presos tentando repetir ações que não geravam resultados, indicando a necessidade de estratégias de mediação para esses perfis. Essa diferenciação de desempenho ressaltou a importância de o professor atuar como mediador para atender a todas as necessidades.

6.3 Análise dos Dados de Jogo e Implicações Avaliativas

Os dados coletados pelo jogo, embora não estatisticamente significativos devido ao tamanho da amostra, oferecem *insights* valiosos sobre o comportamento dos jogadores e seu processo de aprendizagem. Variáveis como “Mortes por monstros parados”, “Mortes por monstros que perseguem”, “Quantas vezes reiniciou” e “Minutos jogados” permitem inferências sobre a compreensão da mecânica do jogo e, por extensão, dos conceitos matemáticos subjacentes. Por exemplo, um baixo número de “Mortes por monstros parados” (como observado nos Jogadores 1 e 2 na Tabela 1 do Capítulo 4.6) pode indicar uma rápida compreensão da relação entre o poder do personagem e a numeração dos monstros,

ou seja, a aplicação do conceito de comparação de números naturais. Por outro lado, um alto número de reinícios (como no Jogador 6, com 57 reinícios) pode sugerir persistência diante de desafios de “puzzle”, mesmo que o jogador tenha encontrado dificuldades.

Essa coleta de dados se alinha à proposta de avaliação por dados digitais, que busca ir além das avaliações tradicionais de produto (respostas certas/erradas) para analisar o processo de aprendizagem. Conforme apontado no problema de pesquisa, a utilização desses dados como “instrumento de avaliação complementar” permite ao professor “observar estratégias, dificuldades e comportamentos de aprendizagem” em tempo real. Flach e Ferreira (2020) destacam a escassez de estudos que avaliam a eficácia de jogos na educação de forma rigorosa, e a maioria utiliza questionários de autorrelato, que podem não refletir a aprendizagem real do aluno. Contudo, a coleta de dados de log, como a realizada neste estudo, oferece uma medida mais objetiva. A capacidade de identificar, por exemplo, que muitos nem tentaram, perto do final do nível, atacar os monstros com números negativos com o discurso de “eu não quero perder meu poder” revela uma formulação de hipóteses por parte dos alunos, mesmo que baseada em uma compreensão intuitiva ou incompleta dos números inteiros. Isso abre espaço para intervenções pedagógicas mais direcionadas, focando nas concepções prévias dos alunos. Mousavi Baigi *et al.* (2022) ressaltam a importância de ferramentas de avaliação de jogos educacionais serem validadas cientificamente e contemplarem aspectos pedagógicos e cognitivos de forma integrada, o que reforça a necessidade de aprofundar a análise desses logs para fins avaliativos.

A coleta de dados em jogos digitais, por sua natureza inerente, pode ser expandida para além de métricas básicas, abrangendo informações detalhadas como padrões de movimentação, registros de cliques na tela e o tempo de inatividade do personagem. Embora, isoladamente, esses dados possam não apresentar um significado imediato, a análise de um volume significativo deles pode revelar correlações valiosas e passíveis de investigação aprofundada. Questionamentos como “jogadores com determinado perfil de desempenho no jogo demonstram maior dificuldade ou facilidade em relação ao aprendizado de certos conceitos ou disciplinas?” abrem um caminho promissor para que as ferramentas digitais transcendam a mera replicação de atividades físicas. Ao invés disso, elas podem alavancar o poder computacional e as capacidades de Inteligência Artificial para gerar análises e conclusões mais precisas e abrangentes do que as que poderiam ser obtidas por um observador humano. Esse potencial sugere um avanço significativo na avaliação da

aprendizagem, permitindo diagnósticos mais refinados e intervenções pedagógicas mais direcionadas.

6.4 Desafios e Potencialidades do Design do Jogo

A aplicação também trouxe à tona desafios no design do jogo que impactaram a experiência dos alunos. A percepção de que um dos desafios estava muito difícil para o início do jogo e a sugestão de fragmentar o jogo em níveis menores foram críticas construtivas que ressoam com os princípios de progressão e feedback em GBL. Um design de jogo que equilibra desafio e sucesso é crucial para manter a motivação intrínseca. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky (1978) é particularmente relevante aqui: o jogo deve apresentar desafios que estejam ligeiramente acima do nível de desenvolvimento atual do aluno, mas que possam ser superados com o apoio do ambiente (o próprio jogo, colegas ou professor). Um desafio excessivamente difícil pode levar à frustração e desengajamento, enquanto um muito fácil não promove o aprendizado.

As discussões pós-jogo, impulsionadas pelo fato de o jogo estar incompleto em relação aos conjuntos racionais e irracionais, foram extremamente produtivas. A pergunta “o que aconteceria quando atacássemos um inimigo racional não inteiro ou um irracional” estimulou os alunos a pensar e formular ideias, revelando que muitos não dominavam os elementos desses conjuntos. Isso demonstra o potencial do jogo não apenas como ferramenta de ensino direto, mas também como um catalisador para a discussão e a identificação de lacunas de conhecimento, permitindo ao professor planejar futuras intervenções. Essa abordagem se alinha com a ideia de que o jogo pode ser um ponto de partida para a exploração de conceitos, e não apenas um meio para a memorização. A familiaridade dos alunos com jogos digitais também é um fator importante, como apontado por Theobald (2024), que discute a preferência por jogos digitais e o papel da tecnologia na simplificação de conceitos abstratos.

6.5 Conexões com o Referencial Teórico

A experiência da aplicação reforça a importância do GBL como uma metodologia eficaz para o ensino de matemática. O engajamento e a motivação observados estão em consonância com as premissas de Prensky (2001) sobre a aprendizagem baseada em jogos.

A capacidade do jogo de gerar dados de interação, por sua vez, abre caminhos para a avaliação na aprendizagem digital: logs e desempenho, conforme abordado no referencial teórico. A análise desses logs, mesmo que exploratória, permite uma compreensão mais granular do processo de aprendizagem do aluno, indo além da simples verificação de acertos e erros.

Adicionalmente, a dinâmica de grupo e o compartilhamento de estratégias observados durante a aplicação do jogo podem ser interpretados à luz da teoria sociocultural de Vygotsky. A interação entre os alunos, onde uns ajudam os outros a superar desafios, cria um ambiente propício para a construção coletiva do conhecimento dentro da ZDP. O professor, ao invés de ser o único detentor do saber, assume o papel de mediador, facilitando as interações e direcionando as discussões. A observação de que os alunos com maior familiaridade com jogos digitais tiveram um desenvolvimento mais rápido na solução dos problemas também pode ser relacionada à ideia de que o conhecimento prévio e as experiências culturais (neste caso, a cultura digital) influenciam a forma como os indivíduos interagem com novas informações e desafios.

Em suma, os resultados da aplicação, embora preliminares, indicam que o jogo digital possui um potencial significativo para promover o engajamento, facilitar a compreensão de conceitos matemáticos e oferecer novas perspectivas para a avaliação da aprendizagem, especialmente quando integrado a uma abordagem pedagógica que valorize a exploração, a colaboração e o feedback contínuo. As dificuldades e potencialidades identificadas no design do jogo servirão como base para futuras iterações e aprimoramentos, visando maximizar seu impacto educacional. A discussão sobre o uso de tecnologias móveis na educação, como a feita por Budiarto, Gunarhadi e Rahman (2024) , também é relevante, mostrando que o aprendizado via smartphone pode aumentar a motivação e o desempenho acadêmico dos alunos.

Capítulo 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo principal desenvolver e analisar um jogo digital como recurso didático para o ensino de conjuntos numéricos, avaliando seu potencial para promover engajamento, aprendizagem e novas formas de avaliação no ensino da matemática. Ao longo do trabalho, buscou-se investigar como o uso de um jogo digital pode favorecer a aprendizagem de matemática e de que forma os dados gerados durante o uso do jogo podem auxiliar em processos avaliativos. Os objetivos específicos incluíram investigar o potencial pedagógico de jogos digitais no ensino de matemática, avaliar o engajamento dos alunos e as percepções docentes, coletar e analisar dados gerados durante a interação dos estudantes, refletir sobre formas alternativas de avaliação da aprendizagem com base em dados digitais e comportamentais, e discutir a aplicabilidade do jogo desenvolvido em diferentes segmentos da Educação Básica, com base em critérios de usabilidade e aderência curricular.

7.1 Contribuições do Jogo e da Pesquisa

Os resultados da aplicação do jogo, mesmo que em caráter exploratório e com uma amostra limitada, demonstram o significativo potencial dos jogos digitais como ferramenta pedagógica no ensino de matemática. A principal contribuição do jogo desenvolvido reside em sua capacidade de transformar um conteúdo tradicionalmente abstrato, como os conjuntos numéricos, em uma experiência interativa e engajadora. O alto nível de engajamento e a persistência dos alunos em superar os desafios do jogo, conforme observado nos relatos da aplicação, evidenciam que a ludicidade e a interatividade podem

ser poderosos catalisadores para a aprendizagem, especialmente para a geração de nativos digitais. A competição saudável e o compartilhamento de estratégias entre os grupos também ressaltam o potencial do jogo para promover a colaboração e a construção coletiva do conhecimento.

Além do engajamento, a pesquisa aponta para a eficácia do jogo em facilitar a compreensão de conceitos matemáticos. A dinâmica de tentativa e erro, aliada ao feedback imediato do jogo, permitiu que os alunos internalizassem a lógica de comparação de números naturais de forma intuitiva e contextualizada. A capacidade do jogo de gerar dados de interação representa uma contribuição inovadora para a avaliação da aprendizagem. Embora a análise desses dados tenha sido exploratória, ela demonstrou o potencial de se obter informações detalhadas sobre o processo de aprendizagem dos alunos, suas estratégias, dificuldades e comportamentos, indo além da mera verificação de resultados. Essa abordagem avaliativa, baseada em dados digitais, oferece aos professores uma ferramenta complementar para uma avaliação mais formativa e individualizada.

Outra contribuição relevante foi a observação da inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais. O bom desempenho e o interesse demonstrados por esses alunos sugerem que o jogo pode ser um recurso valioso para promover a acessibilidade e a diversidade na sala de aula, adaptando-se a diferentes estilos e ritmos de aprendizagem. A pesquisa também evidenciou o potencial do jogo como um ponto de partida para discussões pedagógicas mais amplas, como a que ocorreu sobre os conjuntos racionais e irracionais, revelando lacunas de conhecimento e direcionando futuras intervenções docentes.

7.2 Limitações da Pesquisa

Apesar das contribuições, esta pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A principal delas reside no caráter exploratório da aplicação e no tamanho reduzido da amostra de alunos, o que impede a generalização dos resultados e a realização de análises estatísticas robustas. Os dados coletados, embora ricos em informações qualitativas, não possuem significância estatística para conclusões definitivas sobre a correlação entre o desempenho no jogo e a aprendizagem matemática formal.

Outra limitação importante está relacionada ao estágio de desenvolvimento do jogo. A aplicação se concentrou apenas na “primeira fase”, que aborda os números naturais

e a introdução dos inteiros. A ausência dos níveis dedicados aos conjuntos racionais e irracionais limitou a abrangência da investigação sobre a eficácia do jogo no ensino desses conceitos. Além disso, alguns desafios de design do jogo, como a dificuldade de um nível específico e a estrutura de um único nível longo, foram identificados e precisam ser aprimorados para otimizar a experiência do usuário e a progressão da aprendizagem.

A dependência de dispositivos móveis pessoais dos alunos e as dificuldades técnicas decorrentes (como a incompatibilidade com iPhones e o travamento em modelos mais antigos) também representaram uma limitação prática na aplicação, que pode ter impactado a experiência de alguns participantes. A devolutiva dos alunos, focada em aspectos técnicos, embora útil para o desenvolvimento do jogo, não forneceu dados aprofundados sobre a percepção da aprendizagem matemática em si.

7.3 Sugestões para Estudos Futuros

Com base nas contribuições e limitações desta pesquisa, diversos caminhos para estudos futuros podem ser exploradas:

- **Expansão e Aprimoramento do Jogo:** Concluir o desenvolvimento do jogo, incluindo os níveis para conjuntos racionais e irracionais, e implementar as melhorias de design sugeridas (quebrar em níveis menores, introduzir indicadores de progresso, ajustar a dificuldade dos desafios). Isso permitiria uma aplicação mais abrangente e uma análise mais completa do potencial do jogo.
- **Estudos com Amostras Maiores e Controle:** Realizar estudos com um número maior de participantes e, se possível, com grupos de controle, para permitir análises estatísticas mais robustas e a generalização dos resultados. Isso possibilitaria, por exemplo, investigar a correlação entre as variáveis de dados do jogo (mortes, reinícios, tempo de jogo) e o desempenho dos alunos em avaliações formais de matemática.
- **Análise Aprofundada dos Dados:** Desenvolver metodologias mais sofisticadas para a análise dos logs de interação, utilizando técnicas de mineração de dados educacionais (*Educational Data Mining* - EDM) para identificar padrões de aprendizagem, prever dificuldades e personalizar o feedback para os alunos e professores.

- **Percepção dos Professores:** Investigar mais a fundo a percepção dos professores sobre o uso do jogo, sua integração no currículo e o potencial dos dados para auxiliar em suas práticas avaliativas e pedagógicas. Isso poderia envolver a criação de *dashboards* ou relatórios automatizados para facilitar a interpretação dos dados do jogo.
- **Estudos Comparativos:** Comparar a eficácia do jogo digital com outras metodologias de ensino de conjuntos numéricos, a fim de identificar as vantagens e desvantagens de cada abordagem.
- **Impacto a Longo Prazo:** Realizar estudos longitudinais para avaliar o impacto do uso do jogo na retenção do conhecimento e no desenvolvimento de habilidades matemáticas a longo prazo.

Em síntese, esta dissertação reforça o papel promissor dos jogos digitais como ferramenta de apoio ao ensino de matemática e à avaliação da aprendizagem. As lacunas identificadas servem como um roteiro para futuras investigações, visando maximizar o potencial educacional dessa abordagem e contribuir para uma educação matemática mais engajadora, inclusiva e eficaz.

REFERÊNCIAS

GOMES, M. S.; SILVA, M. J. F. da. (2018). Gamificação: uma estratégia didática fundamentada pela perspectiva da Teoria das Situações Didáticas. *HORIZONTES - REVISTA DE EDUCAÇÃO*. 6. 18-30. 10.30612/hre.v6i11.8398.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acesso em: 03 maio 2025.

THEOBALD, K, “Game-Based Learning in Mathematics Education” (2024). *Education Masters*. Paper 369.

BUDIARTO, Mochamad Kamil; GUNARHADI, Gunarhadi; RAHMAN, Abdul. Technology in education through mobile learning application (MLA) and its impact on learning outcomes: Literature review. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, Surakarta, v. 18, n. 2, p. 413–420, maio 2024. DOI: <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i2.20976>. Disponível em: <http://edulearn.intelektual.org>. Acesso em: 22 novembro 2024.

FLACH, Guilherme Ismael; FERREIRA, Vinicius Hartmann. Uma revisão sistemática da literatura sobre a avaliação do uso de jogos na educação. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL (SBGAMES)*, 19., 2020, Recife.

FRANÇA, R.; PONTUAL, T.; PERES, F.; MORAIS, D. Uma análise da emergência de pensamento computacional em práticas de desenvolvimento de jogos digitais na Educação do Campo. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO*, 2021, [Jataí]. **Anais...** [s.l.]: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 1982. Disponível em: <<https://doi.org/10.5753/cbie.sbie>>. Acesso em: 03 maio 2025.

FULLARD, J. Using games to improve students’ engagement and understanding of statistics in higher education. *Journal for Economic Educators*, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 44–58, 2024.

GEE, J. P. **Good video games and good learning**: Collected essays on video games, learning, and literacy. New York: Peter Lang Publishing, 2007.

GEE, J. P. **What video games have to teach us about learning and literacy**. New York: Palgrave Macmillan, 2003.

HMELO-SILVER, C. E.; DUNCAN, R. G.; CHINN, C. A. Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, [s.l.], v. 42, n. 2, p. 99–107, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Resultados do SAEB 2019**. Brasília: INEP, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/saeb/saeb-2019-confirma-estagnacao-da-aprendizagem-em-portugues-e-matematica>>. Acesso em: 03 maio 2025.

KAPP, K. M. **The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education**. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

KEBRITCHI, M.; HIRUMI, A.; BAI, H. The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. **Computers Education**, [s.l.], v. 55, n. 2, p. 427–443, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.007>.

MOUSAVI BAIGI, S. F. *et al.* Evaluation tools for digital educational games: A systematic review. **Acta Medica Iranica**, [s.l.], v. 60, n. 8, p. 511–521, 2022. Disponível em: <<https://acta.tums.ac.ir/index.php/acta/article/view/9020>>. Acesso em: 03 maio 2025.

MOZER, M.; NANTES, E. A. S. Gamificação no ensino de matemática: das Diretrizes Curriculares do Paraná à sala de aula via plano de trabalho docente. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 8, n. 7, p. e149932584, 2019.

PIAGET, J. **To understand is to invent: The future of education**. New York: Grossman Publishers, 1974.

PRENSKY, M. **Digital game-based learning**. New York: McGraw-Hill, 2001.

SIEGLER, R. S.; RAMANI, G. B. Playing linear number board games—but not circular ones—improves low-income preschoolers’ numerical understanding. **Journal of Educational Psychology**, [s.l.], v. 101, n. 3, p. 545–560, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0014239>.

SMITH, N. **Integrating Gamification into Mathematics Instruction: A Qualitative Exploratory Case Study on the Perceptions of Teachers at the Fourth and Fifth Grade Level**. 2018. Tese (Doutorado) – William Howard Taft University, [s.l.], 2018.

TOKAC, U.; NOVAK, E.; THOMPSON, C. G. Effects of game-based learning on students’ mathematics achievement: A meta-analysis. **Journal of Computer Assisted Learning**, [s.l.], v. 35, n. 3, p. 407–420, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12347>.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in society: The development of higher psychological processes**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

APÊNDICES

Apêndice A - Questionário aplicado aos alunos (pós-jogo)

Instrumento utilizado para coleta das percepções dos estudantes após a interação com o jogo.

Instruções ao aluno:

Este questionário é anônimo e tem como objetivo ajudar a melhorar o jogo. Responda com sinceridade sobre a sua experiência. Não existem respostas certas ou erradas.

• Parte 1 - Identificação geral (não obrigatória)

6º ano 7º ano 8º ano 9º ano Ensino Médio

• Parte 2 - Usabilidade do jogo

1. O jogo foi fácil de entender?

- Muito fácil
- Razoavelmente fácil
- Difícil em alguns momentos
- Muito difícil

2. As instruções sobre como jogar estavam claras?

- Sim
- Parcialmente
- Não

3. Você teve dificuldades com os controles do jogo?

- Não
- Um pouco

Sim, várias vezes

4. Você conseguiu identificar o número do seu personagem e dos inimigos com facilidade?

Sim

Às vezes

Não

• **Parte 3 - Motivação e experiência**

1. O jogo te deixou mais interessado na aula de matemática?

Muito interessado

Um pouco interessado

Não mudou

Fiquei desmotivado

2. Você gostaria de usar jogos como esse em outras aulas?

Sim

Talvez

Não

3. Durante o jogo, você sentiu que precisava pensar para vencer os desafios?

Sim, muitas vezes

Às vezes

Raramente

Não

• **Parte 4 - Percepção de aprendizagem**

1. Você acha que aprendeu ou revisou algum conteúdo de matemática jogando?

Sim, com certeza

Acho que sim

Não sei

Acho que não

2. O jogo te ajudou a entender melhor os números naturais e inteiros?

Sim

Mais ou menos

()Não

• **Parte 5 - Espaço aberto**

1. O que você mais gostou no jogo?
2. O que você mudaria ou melhoraria?
3. Algum conteúdo do jogo ficou confuso para você? Qual?

Apêndice B - Roteiro de observação do professor-pesquisador

Modelo utilizado para registrar observações em campo durante a aplicação:

– **Informações iniciais**

- * Data:
- * Escola:
- * Turma/Série:
- * Número de alunos presentes:

– **1. Comportamento geral da turma**

- * Os alunos compreenderam rapidamente a proposta?
- * Mostraram-se interessados desde o início?
- * Demonstraram agitação, distração ou foco?
- * Anotações:

– **2. Dificuldades técnicas observadas**

- * Houve problemas com equipamentos (computadores, internet, controles)?
- * Algum aluno teve dificuldade em manusear o jogo ou interpretar os comandos?
- * Anotações:

– **3. Reações ao enredo e aos personagens**

- * Os alunos demonstraram envolvimento com a história do jogo?
- * Fizeram comentários sobre os inimigos, armas ou narrativa?
- * Anotações:

– **4. Estratégias e interações no jogo**

- * Os alunos tentaram superar os desafios por tentativa e erro?
- * Conversaram entre si sobre como vencer os inimigos ou como pontuar mais?
- * Algum aluno teve desempenho muito acima ou abaixo da média?
- * Anotações:

– **5. Reações ao encontrar números negativos**

- * Como os alunos reagiram ao descobrir que não poderiam derrotar certos inimigos?
- * Compreenderam o conceito de perda de pontos?
- * Mudaram de estratégia?
- * Anotações:

– **6. Comentários espontâneos**

- * Anotar falas relevantes dos alunos durante ou após o jogo (positivas, críticas ou dúvidas):

Este roteiro pode ser replicado em cada sessão de aplicação e adaptado conforme o perfil da turma e as necessidades da pesquisa.

ANEXOS

Anexo A - Trechos da BNCC relacionados a conjuntos numéricos

Cópia das seções da BNCC (Ensino Fundamental e Médio) que tratam dos conjuntos numéricos. Este anexo apresenta os trechos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que fundamentam a escolha dos conjuntos numéricos como conteúdo central do jogo digital desenvolvido nesta pesquisa. A seguir, são destacados os trechos mais diretamente relacionados ao conteúdo trabalhado.

– Ensino Fundamental - Anos Finais (6º ao 9º ano)

* Área: Matemática | Unidade Temática: Números

· 6º ano

- (EF06MA01) Reconhecer os números naturais como pertencentes ao sistema de numeração decimal e utilizá-los em situações do cotidiano.
- (EF06MA03) Resolver e elaborar problemas que envolvam as operações com números naturais, utilizando estratégias diversas.

· 7º ano

- (EF07MA03) Compreender e utilizar a ideia de número inteiro em contextos que envolvam variações, perdas e ganhos.
- (EF07MA04) Resolver e elaborar problemas que envolvam operações com números inteiros, considerando as regras de sinais.

· 8º ano

- (EF08MA03) Reconhecer OS números racionais, em suas diferentes

representações, como extensão dos números inteiros e usá-los na resolução de problemas.

· **9º ano**

- (EF09MA03) Compreender os números reais como ampliação dos números racionais e utilizar a reta numérica como forma de representação.

– **Ensino Médio - Matemática e suas Tecnologias**

- * (EM13MAT101) Utilizar os diferentes conjuntos numéricos, suas representações e operações, para interpretar e resolver problemas em contextos diversos.
- * (EM13MAT102) Compreender a estrutura dos sistemas numéricos (naturais, inteiros, racionais, irracionais e reais), reconhecendo suas propriedades e relações.
- * (EM13MAT105) Utilizar representações numéricas, gráficas e algébricas para interpretar e resolver problemas envolvendo grandezas e relações matemáticas.

Anexo B - Código-fonte compactado do jogo (versão .c3p)

Este anexo contém o arquivo-fonte do jogo digital desenvolvido como parte integrante da dissertação. O jogo foi criado na plataforma Construct 3, utilizando linguagem de eventos visuais e elementos gráficos autorais ou de domínio público, com foco no ensino de conjuntos numéricos.

O arquivo contém:

- A narrativa completa implementada até a fase dos números inteiros;
- Os objetos, fases e eventos relacionados aos números naturais e negativos;
- Os *scripts* de coleta de dados (logs) embutidos;
- A estrutura modular preparada para futura expansão dos conjuntos numéricos.

Arquivo

Os arquivos compartilhados no formato .APK para celular android e uma pasta zipada para windows são os necessários para abrir o jogo. Para modificar ou analisar o jogo em si é necessário utilizar, no construct 3, o arquivo .cp3. Os arquivos referentes as artes utilizadas no jogo estão em constante atualização do seu criador e seu link consta no repositório, o arquivo que está lá não contem todas as alterações feitas, essas só podem ser obtidas fazendo o download de todas as artes pelo arquivo .cp3

- windowsoheroidosnulos12052025.zip, arquivo para abrir o jogo no windows;
- Tiny Swords (Update 010).zip, base principal de artes utilizadas;
- oheroidosnulos12052025.apk, aplicativo para celular android;
- oheroidosnulos.c3p, arquivo para abrir o projeto no construct 3;
- Instruções.txt, passo a passo de como abrir o jogo;

- artes pixelfrog.txt, lind para a página do artista digital.

Disponibilização

- **Opção 1: Link de acesso direto google drive**

[https://drive.google.com/drive/folders/](https://drive.google.com/drive/folders/1RGRGL8GqRosOCNQiSnKGGTLQjvXAJzKT?usp=sharing)

[1RGRGL8GqRosOCNQiSnKGGTLQjvXAJzKT?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1RGRGL8GqRosOCNQiSnKGGTLQjvXAJzKT?usp=sharing)

- **Opção 2: Envio como anexo digital** Em caso de dificuldade de acesso ou download, solicite os arquivos através do email guilherme.rodrigues.silveira@gmail.com.

Observação O arquivo está sob licença de uso não comercial e pode ser adaptado ou ampliado para fins educacionais, desde que mantida a referência à autoria original do projeto. Recomenda-se o uso do Construct 3 (versão gratuita ou licenciada) para edição, visualização e exportação do jogo.