

# Instructions for Authors of SBC Conferences

## Papers and Abstracts

Lara L. C. França<sup>1</sup>, César H. R. Soares<sup>2</sup>, André da Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Computação (DECOM) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)  
Belo Horizonte – MG – Brazil

<sup>2</sup>Departamento de Computação (DECOM-DV) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) Divinópolis – MG – Brazil.

**Abstract.** This paper presents the development and evaluation of an educational game designed to support basic mathematics teaching. Developed in C++ using the OpenGL API, the software features a modular architecture with seven phases that progress from 2D arithmetic challenges to 3D spatial geometry and algebraic functions. The pedagogical proposal incorporates gamification elements to increase student engagement and reduce cognitive load. An empirical evaluation was conducted through remote playtesting with a group of users, utilizing the Likert scale to assess usability and learning perception. Results indicate high usability ( $M=4.75$ ) and pedagogical effectiveness ( $M=4.87$ ), showing that the game is a viable tool for digital mathematics education, despite technical limitations regarding audio portability on Windows platforms.

**Resumo.** Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação de um jogo educativo voltado ao apoio do ensino de matemática básica. Desenvolvido em C++ com a API OpenGL, o software possui arquitetura modular com sete fases que progridem de desafios aritméticos em 2D para geometria espacial e funções algébricas em 3D. A proposta pedagógica incorpora elementos de gamificação para elevar o engajamento discente e reduzir a carga cognitiva. Foi realizada uma avaliação empírica por meio de playtesting remoto com um grupo de usuários, utilizando a escala Likert para mensurar a usabilidade e a percepção de aprendizado. Os resultados indicam alta usabilidade ( $M=4,75$ ) e eficácia pedagógica ( $M=4,87$ ), demonstrando que o jogo é uma ferramenta viável para a educação matemática digital, apesar de limitações técnicas de portabilidade de áudio em plataformas Windows.

### 1. Introdução

A educação matemática contemporânea enfrenta obstáculos na manutenção do engajamento de estudantes diante de conteúdos abstratos e, frequentemente, pouco atrativos. Neste contexto, o uso de tecnologia como ferramenta pedagógica surge como uma alternativa para potencializar o aprendizado e elevar a motivação discente. Entretanto, a eficácia educacional depende de como a tecnologia intermedeia o conhecimento, e não apenas de sua presença em sala de aula, uma vez que a simples inserção de recursos digitais não assegura a redução do fracasso escolar [Leitão et al. 2024].

O desenvolvimento de ferramentas educacionais exige a compreensão das realidades escolares e das limitações de infraestrutura presentes em diferentes contextos. A

utilização de soluções de baixo custo e plataformas que integrem manipulativos tangíveis demonstra-se eficaz para a compreensão de conceitos complexos, permitindo que os estudantes explorem o conteúdo de forma progressiva [Leitão et al. 2024]. Esta perspectiva demanda escolhas arquiteturais que busquem a portabilidade e a democratização do acesso, fatores fundamentais para reduzir as barreiras técnicas associadas ao uso de dispositivos de alto desempenho [Avellar et al. 2025].

Adicionalmente, a comunicação visual adequada é um elemento essencial para orientar o usuário e transmitir informações de maneira clara. Para que um jogo educativo seja funcional, a interface deve equilibrar estética e usabilidade, o que evita frustrações e favorece a experiência imersiva do jogador [de Castro Rodrigues Abrantes et al. 2025]. O emprego de storytelling e narrativas interativas confere significado às ações realizadas, o que potencializa a imersão e permite a abordagem de temas complexos de forma lúdica [da Silva et al. 2025].

A concepção deste projeto fundamenta-se na herança dos jogos de entretenimento educativo, buscando inspiração em títulos clássicos que consolidaram o gênero. Notavelmente, a estrutura de desafios e a temática espacial do software desenvolvido remontam a obras como *Math Blaster Episode I: In Search of Spot*, lançado originalmente em 1993 pela Davidson & Associates. O referido título demonstrou a eficácia da gamificação ao transpor operações aritméticas para um contexto de combate galático e exploração, servindo como paradigma para o equilíbrio entre o rigor matemático e o engajamento lúdico [Davidson & Associates 1993].

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo educativo bi e tridimensional construído com o objetivo de ensinar matemática básica a um público jovem. O projeto incorpora elementos gráficos tridimensionais, sistemas de áudio e mecânicas de gameplay através de uma arquitetura modular. A validação da efetividade educacional deste produto ocorreu por meio de uma avaliação empírica junto a trinta respondentes. Os dados resultantes foram submetidos a análises estatísticas, incluindo o cálculo de alfa de Cronbach para verificação de consistência interna e a computação de estatísticas descritivas fundamentais [Leitão et al. 2024]. Tais resultados permitem avaliar a qualidade da solução e fundamentar discussões sobre a efetividade do produto como ferramenta pedagógica.

O texto organiza-se da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico; a Seção 3 detalha a metodologia de desenvolvimento técnico e a avaliação com usuários; a Seção 4 expõe os resultados obtidos e, por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões e as implicações deste trabalho para a educação matemática digital.

## 2. Referencial Teórico

A educação matemática contemporânea enfrenta obstáculos na manutenção do engajamento de estudantes diante de conteúdos abstratos. A integração de tecnologia como ferramenta pedagógica é uma via para a elevação do interesse e do aprendizado. O processo educativo deve acompanhar a evolução da Indústria 4.0, que introduz Inteligência Artificial e sistemas ciber-físicos no cotidiano. Entretanto, a presença de recursos tecnológicos não assegura a redução do fracasso escolar; é necessária a atualização de práticas pedagógicas que considerem os conhecimentos prévios dos alunos [Leitão et al. 2024]. Esta perspectiva exige a compreensão das limitações de infraestrutura e das variações de con-

texto em diferentes ambientes escolares [Avellar et al. 2025].

Jogos digitais educativos utilizam interatividade e sistemas de recompensa para a assimilação de conceitos matemáticos. A comunicação visual nesses sistemas permite que usuários executem tarefas em ambientes coletivos e controlados. A usabilidade, integrada à estética e às mecânicas, evita a frustração do jogador, de modo que designs adequados transmitem informações de forma eficaz através de elementos visuais simples e feedbacks apropriados [de Castro Rodrigues Abrantes et al. 2025].

A interface, quando alinhada ao conteúdo pedagógico, beneficia a experiência de uso. A clareza visual e a hierarquia de informações garantem que a tecnologia funcione como facilitadora do processo. Plataformas que utilizam manipulativos tangíveis e métricas de aprendizagem apresentam aceitação superior a 90

Narrativas interativas conferem significado às ações do jogador e aumentam a imersão [Avellar et al. 2025]. Experiências baseadas em storytelling demonstram capacidade para abordar temas complexos e competências pessoais de forma lúdica [da Silva et al. 2025]. O jogo desenvolvido utiliza uma estrutura narrativa simplificada, na qual a progressão ocorre por meio de texto, podendo ser auxiliada por modelos de linguagem para a geração de elementos estruturados de design [Sarinho 2025].

A validação da eficácia educacional é parte integrante do desenvolvimento. Avaliações com usuários permitem a coleta de dados sobre satisfação e impacto pedagógico. Os dados resultantes demandam análise estatística, com o cálculo de medidas de consistência interna e estatísticas descritivas [Leitão et al. 2024]. Essas análises fundamentam discussões sobre a efetividade do software e apontam melhorias necessárias para o ciclo de desenvolvimento.

### **3. Metodologia**

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo educativo implementado em C++11, escolhido por ser a linguagem proposta pelo professor em sala da aula. O projeto foi estruturado para funcionar em ambientes Linux, com compilação gerenciada através de Makefiles que automatizam o processo de build em distribuições baseadas em Debian, Arch Linux e Windows, de forma incompleta. Ressalta-se que este software foi desenvolvido com assistência de inteligência artificial na elaboração do código-fonte, arquitetura de sistemas e integração de bibliotecas, mas, que todo o código gerado, foi revisado pelos autores.

Para a renderização gráfica, o projeto utiliza a tríade consolidada de bibliotecas OpenGL, GLUT e GLU. O OpenGL (Open Graphics Library) fornece a API gráfica principal, enquanto GLUT (OpenGL Utility Toolkit) gerencia janelas e eventos de entrada, e GLU (OpenGL Utility Library) oferece funções utilitárias para transformações geométricas. Esta combinação comumente adotada em contextos educacionais de computação gráfica. A estrutura tridimensional do jogo é renderizada através de primitivas geométricas do OpenGL, e fazendo transformações geométricas (rotação, translação e escala), projeção ortográfica e perspectiva, iluminação e sombreamento básicos, além da renderização de objetos tridimensionais.

Quanto ao sistema de áudio, optou-se pela biblioteca SDL2\_mixer, que funciona como uma camada de abstração para síntese e reprodução de áudio construída sobre a

Simple DirectMedia Layer (SDL2). O SDL2\_mixer oferece uma interface unificada para carregamento e reprodução de múltiplos formatos de áudio, incluindo MP3 e WAV, simplificando significativamente a integração de funcionalidades sonoras. A implementação do módulo de áudio foi concebida com padrões de abstração que permitem o funcionamento do jogo em diferentes plataformas, mesmo que, com falhas. Em ambiente Linux, todas as funcionalidades de áudio funcionam corretamente, incluindo efeitos sonoros contextuais e músicas de fundo. Em contrapartida, embora o jogo compile e execute em Windows, o subsistema de áudio não reproduz sons devido a falta de compatibilidade.

Esta limitação em Windows decorre de fatores técnicos multifatoriais. Primeiramente, o projeto foi desenvolvido em ambiente Linux utilizando pkg-config para integração automática de flags de compilação do SDL2, enquanto a compilação em Windows requer configuração manual adicional de include paths e bibliotecas linkadas, frequentemente gerando conflitos de versão e dependências não resolvidas. Adicionalmente, a biblioteca SDL2\_mixer em Windows requer codecs específicos compilados e linkados dinamicamente, como libmpg123 para decodificação de MP3, que nem sempre estão disponíveis ou corretamente configurados no ambiente de build Windows, resultando em falhas silenciosas na inicialização do subsistema de áudio. Para garantir compatibilidade sem comprometer a compilação, o código-fonte foi estruturado com compilação condicional através da diretiva AUDIO\_HAVE SDL, que detecta a disponibilidade das headers do SDL2 em tempo de compilação. Quando o SDL2\_mixer não está disponível, o sistema de áudio opera em modo stub (simulado), registrando as requisições de reprodução de som sem efetivamente sintetizar áudio. Essa abordagem pragmática assegura que o executável seja gerado com sucesso em ambas as plataformas, mantendo a funcionalidade completa de áudio em Linux, onde a maioria dos testes e validações foi realizada, enquanto reconhece as limitações técnicas de integração multiplataforma em Windows.

A arquitetura do projeto segue princípios de modularidade em C++, com separação clara entre responsabilidades. O módulo de áudio (audio.h/audio.cpp) gerencia toda a reprodução sonora e integração com SDL2\_mixer. O módulo de menu (menu.h/menu.cpp) implementa a interface de seleção de fases educativas. O módulo principal de jogo (game.h/game.cpp) encapsula a lógica core do gameplay e mecânicas pedagógicas. Os módulos de fases (phase2.h/phase2.cpp até phase7.h/phase7.cpp) implementam de forma independente os diferentes níveis educativos, permitindo progressão estruturada do conteúdo. Por fim, o módulo de game over (gameover.h/gameover.cpp) gerencia telas finais e retorno ao menu. Esta arquitetura modular facilita significativamente manutenção, testes unitários e extensão de funcionalidades educacionais futuras, seguindo boas práticas de engenharia de software.

### 3.1. Detalhamento das Fases e Dinâmicas de Jogo

O jogo desenvolvido é composto por sete fases que integram progressão pedagógica e mecânicas de entretenimento, transitando de projeções bidimensionais para ambientes tridimensionais. A Tabela 1 resume a estrutura lógica do jogo.

A **Fase 1** introduz o jogador à aritmética básica, onde asteroïdes devem ser destruídos através da inserção da resposta correta para as equações exibidas. Na **Fase 2**, a complexidade aumenta ao exigir que o usuário identifique o asteroide que contém a resposta correta, com uma restrição de cinco disparos e cronômetro de 20 segundos. A **Fase**

**Tabela 1. Descrição das fases, objetivos pedagógicos e mecânicas.**

Fase	Dimensão	Conteúdo Matemático	Mecânica de Gameplay
1	2D	Soma e Subtração	Entrada de dados via teclado.
2	2D	Soma e Subtração	Seleção de alvo com limite de tempo/tiros.
3	2D	Álgebra (Valor de $x$ )	Resolução de funções sob pressão (bomba).
4	2D	Entretenimento	Combate espacial.
5	3D	Geometria Espacial	Busca e classificação de sólidos geométricos.
6	3D	Cálculo de área ( $A = \pi \cdot r^2$ ).	
7	3D	Entretenimento	Enfrentamento de <i>Boss</i> (Monstro).

**3** aborda funções algébricas simples, utilizando o elemento visual de uma bomba para impor um limite temporal à resolução do valor de  $x$ .

A **Fase 4** é um estágio puramente lúdico de combate entre naves, projetado para reduzir o estresse cognitivo antes da transição tecnológica. A partir da **Fase 5**, o jogo assume uma perspectiva tridimensional, onde o jogador deve localizar oito sólidos geométricos (cubos, cilindros, esferas e pirâmides) e transportá-los às plataformas correspondentes em até 30 segundos por objeto.

Na **Fase 6**, o desafio consiste em calcular a área de um círculo a partir de um raio fornecido, navegando a nave em direção à esfera que apresenta a solução correta. O ciclo de jogo encerra-se com a **Fase 7**, uma batalha final no interior da nave que exige reflexos rápidos para desviar de projéteis e atingir o inimigo, consolidando o uso de transformações geométricas e iluminação em tempo real providos pela API OpenGL.

## 4. Resultados e Discussões

A avaliação do jogo foi realizada por meio de uma etapa de *playtesting* remoto. O jogo foi distribuído digitalmente aos participantes, que realizaram as sessões de forma autônoma. Após a interação, os usuários responderam a um formulário *online* estruturado com base na escala Likert de 5 pontos e questões abertas caso quisessem se aprofundar na nota. A amostra foi composta por 8 participantes de nível superior, com uma média de idade de 27 anos.

### 4.1. Análise Quantitativa: Usabilidade e UX

A tabela 2 apresenta os indicadores de usabilidade. Como foi usado a metodologia de teste a distância, queríamos validar na avaliação do jogo, que ele conseguia ser autoexplicativo ou possuísse todas as informações relevantes para seu uso, o que foi validado pelos resultados.

Se observarmos a **Facilidade de Navegação** ( $M=4,75$ ) e a **Clareza da Interface** ( $M=4,62$ ) indicam que o *design* de interface foi eficiente em guiar o usuário sem o auxílio de um terceiro presente. Sobre a **Autonomia**, 100% dos participantes demonstraram plena capacidade em progredir sem uma ajuda externa. Nota-se na tabela no entanto, que houve uma divergência pontual no indicador de **Compreensão das Regas** e indicador **Feedback Visual/Sonoro** que pode ser justificada por um *bug* relatado na sessão da justificativa da nota.

**Tabela 2. Avaliação de Usabilidade e Interface (Escala Likert 1-5)**

Indicador	Média (M)	Desvio Padrão (DP)	% Concordância (C)
Facilidade de Navegação	4,75	0,46	100%
Clareza Visual/Interface	4,62	0,51	100%
Compreensão de Regras	4,75	0,70	87,5%
Feedback Visual/Sonoro	4,12	1,12	75,0%

## 4.2. Eficácia Pedagógica e Engajamento

A percepção de aprendizado foi o ponto de maior destaque na avaliação quantitativa:

- **Reforço do Conteúdo:** Obteve a maior média do estudo (4,87/5,0), evidenciando que os usuários perceberam o valor educativo das mecânicas.
- **Motivação e Retenção:** 100% dos participantes relataram motivação para aprofundar o estudo do tema e manifestaram desejo de jogar novamente o título.
- **Metodologia Ativa:** A comparação com o modelo tradicional de ensino resultou em uma média de 4,5, reforçando a aceitação do jogo como recurso didático complementar.

## 4.3. Discussão Qualitativa

A análise das respostas abertas revelou que o nível de desafio foi um fator crítico para o engajamento. Um dos participantes comparou a curva de dificuldade à "*Dark Souls Experience*", indicando que o jogo desafia o usuário sem desmotiva-lo. Outro ponto relevante foi a pressão temporal nas operações matemáticas, descritas como um "*desespero positivo*" que estimula o raciocínio rápido.

A estratégia de gamificação foi classificada como "*genial*" para o incentivo aos estudos, validando a integração entre mecânica e pedagogia. Como oportunidades de melhorias para versões futuras, os usuários apontam uma necessidade de melhorias no som e o refinamento de bugs pontuais, conforme já dito anteriormente. Outro ponto relevante seria levar o jogo para dentro de uma sala de aula de alunos do ensino fundamental ou ensino médio e coletar os *feedbacks*, já que para esse momento não foi possível realizar tal experimento e validar de outras formas o trabalho feito. Em suma, os resultados confirmam que o jogo é uma ferramenta de aprendizagem eficaz, recomendada por 100% dos usuários avaliados.

## 5. Conclusões

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a avaliação de um jogo educativo bi e tridimensional voltado ao ensino de matemática básica. A arquitetura modular implementada em C++ e OpenGL permitiu a integração de mecânicas de *gameplay* com conteúdos pedagógicos, embora a portabilidade para o sistema Windows tenha apresentado limitações no subsistema de áudio devido a dependências de *codecs* e ferramentas de compilação.

A avaliação empírica demonstrou que a solução é eficaz como ferramenta de apoio didático. Os indicadores de usabilidade, com médias superiores a 4,6 em facilidade de navegação e clareza de interface, validam a autonomia do usuário durante a interação. A percepção de aprendizado obteve a maior pontuação do estudo ( $M=4,87$ ), o que indica

que as mecânicas de jogo reforçam o conteúdo matemático de forma satisfatória para o público-alvo.

A análise qualitativa indicou que o equilíbrio entre o desafio e a pressão temporal estimula o raciocínio rápido e mantém o engajamento. A estratégia de gamificação adotada foi aceita por todos os participantes como um recurso didático complementar superior ao modelo tradicional de ensino.

Como trabalhos futuros, aponta-se a necessidade de solucionar as inconsistências de áudio em ambiente Windows para assegurar a paridade de funcionalidades entre plataformas. Sugere-se também a condução de testes de campo em ambientes escolares do ensino fundamental e médio para coletar dados de desempenho acadêmico em larga escala e validar a eficácia pedagógica em contextos de uso real. Em suma, o produto desenvolvido cumpre os requisitos de usabilidade e engajamento necessários para uma ferramenta de aprendizagem digital.

## Referências

- Avellar, G. M. N., Aragão, P. A. P., Generich, F. H. P., Villela, P. L., Castro, L. O., and Barbosa, E. F. (2025). Designing immersive learning experiences: A postmortem analysis of a vr game for teaching programming. In *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2025)*. SBC.
- da Silva, B. A. C., Castro, K., Bahia, G., Parreira, M., Silva, M., and Xexéo, G. (2025). Jogo da vida universitária digital: Um jogo educativo para ensinar gestão de tempo na vida universitária. In *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2025)*. SBC.
- Davidson & Associates (1993). *Math Blaster Episode I: In Search of Spot*. Davidson & Associates, Inc. Computer Game.
- de Castro Rodrigues Abrantes, D., de Souza Galdino Acioly, A., Costa, D. L., and da Mota Silveira, N. B. (2025). A imagem e o jogo no design: uma análise da comunicação visual e usabilidade do jogo boolean game. In *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2025)*. SBC.
- Leitão, G., Monteiro, E., and Barreto, R. (2024). Objeto tangível para estudo de trigonometria do triângulo retângulo. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2024)*, pages 2423–2434. SBC.
- Sarinho, V. T. (2025). Explorando a aplicação de modelos de linguagem de grande escala (llms) para o design de game stories. In *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2025)*. SBC.