

# Jornada da Matemática: jogo ciberfísico com material dourado para a aprendizagem de Matemática

Elison Maiko Oliveira de Souza  
elison.maiko@gmail.com  
Universidade Federal de Santa  
Catarina - UFSC  
Joinville, Santa Catarina, Brasil

Gustavo Moro  
gustavomorogu@gmail.com  
Universidade Federal de Santa  
Catarina - UFSC  
Joinville, Santa Catarina, Brasil

Leonardo Sartori de Oliveira  
leonardosartorideoliveira@gmail.com  
Universidade Federal de Santa  
Catarina - UFSC  
Joinville, Santa Catarina, Brasil

Lucas Gabriel Bernardino  
lucasgber@gmail.com  
Universidade Federal de Santa  
Catarina - UFSC  
Joinville, Santa Catarina, Brasil

Pedro Augusto Dantas Vargas  
dantas.pedroaugusto@gmail.com  
Universidade Federal de Santa  
Catarina - UFSC  
Joinville, Santa Catarina, Brasil

Anelize Zomkowski Salvi  
anelize.salvi@ufsc.br  
Universidade Federal de Santa  
Catarina - UFSC  
Joinville, Santa Catarina, Brasil

Benjamin Grando Moreira  
benjamin.grando@ufsc.br  
Universidade Federal de Santa  
Catarina - UFSC  
Joinville, Santa Catarina, Brasil

## ABSTRACT

*Jornada da Matemática* is a cyber-physical educational game designed to support arithmetic learning among children aged 6 to 10 through the integration of tangible and digital components. The system employs 3D-printed Base Ten Blocks connected to a digital application developed in Flutter. A weighing module composed of a load cell, HX711 amplifier, and Arduino Uno microcontroller detects the blocks placed by the player and estimates the represented numerical value. The software compares this value with the expected result and provides immediate feedback. Initial evaluations confirmed hardware accuracy and system reliability, indicating potential to enhance engagement and conceptual understanding.

## KEYWORDS

Jogos educacionais, interface física, material dourado, ensino de matemática

## 1 INTRODUÇÃO

Jogos educacionais são reconhecidos por aumentar o engajamento dos estudantes e apoiar a aprendizagem, pois introduzem desafios estruturados, *feedback* imediato e interação ativa — elementos que estimulam participação e raciocínio. Essa abordagem contrasta com métodos expositivos tradicionais, ao colocar o estudante em um papel mais exploratório e centrado na ação. Ao se envolverem com o jogo, os estudantes precisam entender suas regras e como jogá-lo, o que os motiva a estudar o conteúdo de forma ativa. De acordo com [1], um jogo bem estruturado e baseado em um conteúdo específico leva o aluno a assimilar esse conteúdo para participar de maneira efetiva da atividade.

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um jogo ciberfísico voltado ao ensino de operações aritméticas, integrando um jogo digital a uma interface física baseada no Material Dourado. Também conhecido como blocos base-10, ele é uma ferramenta didática

composta por peças que representam diferentes ordens de grandeza, desde unidades até milhares.

O Material Dourado foi concebido por Maria Montessori no contexto de sua proposta pedagógica voltada à aprendizagem por meio da manipulação concreta de objetos. Desenvolvido para apoiar o ensino de aritmética, o material permite a representação concreta do valor posicional no sistema decimal. O conjunto é formado por peças que simbolizam unidades, dezenas, centenas e milhares, possibilitando visualizar a composição e a decomposição de números de maneira estruturada. Essa abordagem prática e visual estimula a interação direta com os conceitos numéricos, tornando o aprendizado mais dinâmico e eficaz [2].

Além de oferecer uma representação concreta do sistema decimal, o Material Dourado apresenta ainda outra vantagem para este trabalho: sua ampla utilização como recurso didático na educação básica, o que reforça sua escolha como interface física do jogo. Um exemplo concreto é o material didático utilizado pela Secretaria de Educação do município de Londrina, no estado do Paraná [3], sendo que ele é amplamente utilizado em jogos e atividades práticas para ensinar valor posicional, adição e subtração em turmas do ensino fundamental, com resultados positivos no entendimento conceitual dos alunos [4].

O Material Dourado favorece a compreensão do sistema de numeração decimal e do valor posicional, tornando conceitos abstratos mais claros e visualmente estruturados. Estudos mostram que crianças do 1º e 2º ano que utilizaram o material demonstraram compreensão significativa de adição, subtração e valor posicional [5, 6]. Além disso, alunos que conseguem relacionar os blocos com os números escritos apresentam melhor desempenho em testes de transferência e retenção de conhecimento [6, 7].

O jogo proposto neste trabalho utiliza o Material Dourado como interface física de um jogo digital. Jogos digitais têm sido amplamente estudados e demonstram benefícios em motivação, engajamento e desempenho matemático [8, 9].

A literatura apresenta jogos digitais que utilizam o Material Dourado [10–12], e há registros de sistemas que integram o material a interfaces tangíveis por meio de visão computacional [13]. Também há sistemas com blocos físicos dotados de tecnologia embarcada que fornecem feedback em tempo real, como os Smart Blocks, voltados ao estudo de volume e área de sólidos [14]. Contudo, nas fontes consultadas não foram identificados trabalhos que integrem o Material Dourado físico a um sistema ciberfísico com leitura por hardware dedicado — no caso deste projeto, uma balança baseada em célula de carga, módulo HX711 e microcontrolador — para o ensino de operações aritméticas.

## 2 SOBRE O JOGO

O jogo foi desenvolvido como uma ferramenta didática que alia a interatividade do Material Dourado às possibilidades tecnológicas de uma plataforma integrada. Seu objetivo é proporcionar uma experiência lúdica e educativa, promovendo o aprendizado de operações matemáticas de maneira concreta e visual, voltado para crianças de 6 a 10 anos. O funcionamento do jogo combina a interação do jogador com peças físicas, que representam unidades e dezenas, e a visualização das operações matemáticas no jogo digital executado em um computador.

Ao iniciar o jogo, o usuário pode escolher entre visualizar o tutorial ou avançar diretamente para a primeira atividade. Ao clicar no botão de jogar, o usuário pode escolher a operação que deseja praticar (adição, subtração, divisão e multiplicação) e o nível de dificuldade (fácil ou difícil), que define o tamanho das respostas esperadas.

A lógica do jogo digital é direta: uma operação aritmética é exibida na tela; o jogador interage com as peças físicas do Material Dourado, que representam unidades e dezenas; e posiciona essas peças na balança, de maneira a representar o valor da resposta apresentada.

Após posicionar as peças corretamente sobre a plataforma, o jogador confirma sua escolha, e o sistema utiliza uma célula de carga para detectar a variação de carga aplicada pelas peças. O sinal amplificado pelo módulo HX711 permite ao software estimar a quantidade de unidades posicionadas, considerando as massas aproximadas das peças impressas. Esse valor estimado é então comparado com a resposta da operação matemática apresentada pelo jogo.

O software, então, fornece *feedback* imediato ao jogador. Caso a resposta esteja correta, o jogador é informado do acerto, e o sistema pode destacar as peças que foram corretamente utilizadas para formar o número final. Caso contrário, o software indica o erro e apresenta as peças correspondentes ao valor correto, permitindo que o jogador compreenda onde ocorreu o equívoco e possa aprender com ele. Esse ciclo de interação, *feedback* e correção visa criar um ambiente de aprendizado dinâmico e motivador, incentivando a prática contínua e o aprimoramento das habilidades matemáticas.

A Figura 1 exibe uma tela do jogo, onde é exibida a operação  $6 \times 9$ . Na ilustração, o jogador forneceu uma resposta incorreta com

o Material Dourado, sendo então apresentada a resposta correta em valores numéricos e uma representação correspondente em Material Dourado (barras e quadrados marrons).



Figura 1: Tela do jogo com a indicação de erro de uma operação solicitada, bem como indicação de solução com o Material Dourado

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O jogo desenvolvido neste projeto é um jogo ciberfísico composto de um jogo digital executado em um computador convencional e um “controle” físico do jogo, sendo esse um dispositivo de hardware criado para o jogo.

O hardware projetado desempenha um papel central na experiência interativa proposta pelo jogo, conectando os elementos físicos do Material Dourado ao software responsável pela lógica e apresentação. Seu desenvolvimento foi orientado para garantir uma estrutura funcional e precisa de medição, com a finalidade de tornar a prática educativa uma experiência positiva.

O sistema de hardware possui os seguintes componentes principais: célula de carga, módulo HX711, microcontrolador Arduino Uno, Material Dourado e outros componentes feitos por impressão 3D. A célula de carga é responsável por detectar variações de peso, permitindo que o sistema registre corretamente a quantidade de peças colocadas pelo jogador. Inicialmente, foi selecionada uma célula com capacidade para 50 kgf<sup>1</sup>, mas, devido à imprecisão nas leituras e à necessidade de medir apenas pequenos pesos, a célula foi substituída por uma de 5 kgf<sup>2</sup>, mais adequada ao peso das peças, garantindo leituras mais consistentes e precisas, essenciais para o bom funcionamento do jogo. Esse sistema é mostrado na Figura 2.

O módulo HX711 converte o sinal da célula de carga para leitura digital pelo Arduino, permitindo medir o peso das peças. O Arduino Uno foi escolhido pela facilidade de integração e pela ampla disponibilidade de bibliotecas. O esquemático do sistema eletrônico é mostrado na Figura 3.

Para ilustrar o sistema completo, a Figura 4 apresenta o controlador físico integrado ao computador responsável pela execução do jogo, bem como as peças do jogo. O Material Dourado foi impresso em 3D, com massas aproximadas (3 g por unidade e 30 g por dezena), e o software foi projetado para tolerar essas variações.

<sup>1</sup>Transdutor de força de 50 kgf (capacidade máxima), do tipo extensômetro.

<sup>2</sup>Transdutor de força resistivo com capacidade nominal de 5 kgf e precisão de 0, 02%.

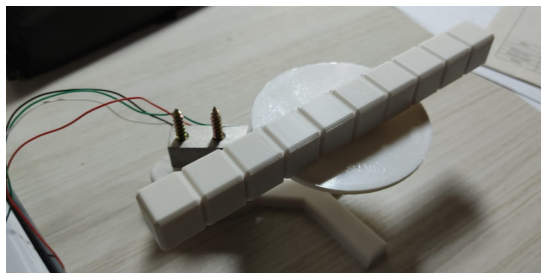


Figura 2: Controlador físico (balança) com um bloco de 10 unidades do Material Dourado

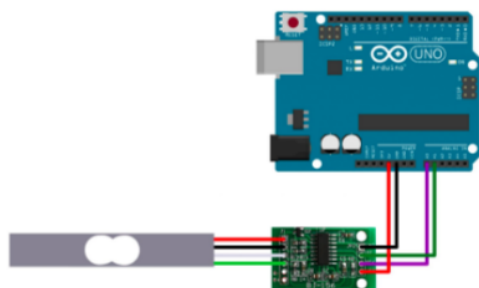


Figura 3: Esquemático do sistema eletrônico



Figura 4: Controlador físico conectado ao computador que executa o jogo

O jogo foi desenvolvido utilizando a linguagem Dart, com o framework Flutter. A comunicação entre o microcontrolador e o computador se deu por meio da biblioteca `flutter_libserialport`, que oferece suporte para comunicação Serial. Basicamente, ao iniciar o jogo, é iniciada uma comunicação com a porta COM, conectada ao Arduino. A biblioteca disponibiliza funções para converter a variável responsável por ler a porta Serial em uma *stream*, na qual é feita a escuta dos dados enviados ao computador. Como cada unidade impressa possui um peso de aproximadamente 3 gramas e o valor emitido pelo Arduino é o próprio peso detectado na balança, realiza-se a divisão do peso por 3 para identificar quantas unidades foram colocadas na balança e compará-lo com o valor esperado.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema ciberfísico que integra o Material Dourado físico a um jogo digital, utilizando uma balança baseada em célula de carga e módulo HX711 para identificar as peças manipuladas pelos usuários. Os testes iniciais evidenciaram que o protótipo é funcional, detecta corretamente combinações de unidades e dezenas e fornece *feedback* imediato, favorecendo uma aprendizagem mais ativa e concreta de operações aritméticas. Apesar dos resultados positivos, limitações foram observadas, como o número reduzido de peças, pequenas variações de massa decorrentes da impressão 3D e a ausência de calibração automática. Como aprimoramentos futuros, propõe-se aperfeiçoar o hardware, ampliar o conjunto de peças, refinar a interface digital e realizar avaliações com turmas da educação básica, de modo a investigar o impacto pedagógico da solução em cenário real.

## REFERÊNCIAS

- [1] Dieime Machado Alves, Raylson dos Santos Carneiro, and Rogerio dos Santos Carneiro. Gamificação no ensino de matemática: Uma proposta para o uso de jogos digitais nas aulas como motivadores da aprendizagem. *Revista Docência e Ciberultura*, 6(3):146–164, ago. 2022. doi: 10.12957/redoc.2022.65527. URL <https://www.e-publicacoes.uerj.br/re-doc/article/view/65527>.
- [2] Maria Montessori. *The absorbent mind*. Lulu. com, 2011.
- [3] Regina Aparecida de Oliveira. Caderno de atividades e jogos: material dourado e outros recursos. 2012.
- [4] James Russo, Penelope Kalogeropoulos, Leicha A. Bragg, and Marion Heyeres. Non-digital games that promote mathematical learning in primary years students: A systematic review. *Education Sciences*, 2024. doi: 10.3390/educsci14020200.
- [5] K. Fuson and Diane J. Briars. Using a base-ten blocks learning/ teaching approach for first- and second-grade place-value and multidigit addition and subtraction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21:180–206, 1990. doi: 10.2307/749373.
- [6] A. Donovan and Emily R. Fyfe. Connecting concrete objects and abstract symbols promotes children’s place value knowledge. *Educational Psychology*, 42:1008 – 1026, 2022. doi: 10.1080/01443410.2022.2077915.
- [7] A. Donovan and Emily R. Fyfe. Connecting concrete objects and abstract symbols promotes children’s mathematics learning. 2019. doi: 10.31234/osf.io/ye2j6.
- [8] Mahmood H. Hussein, S. H. Ow, Monther M. Elaiash, and E. Jensen. Digital game-based learning in k-12 mathematics education: a systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 27:2859 – 2891, 2021. doi: 10.1007/s10639-021-10721-x.
- [9] Daniela Fadda, Marta Pellegrini, G. Vivianet, and Claudio Zandonella Callegher. Effects of digital games on student motivation in mathematics: A meta-analysis in k-12. *J. Comput. Assist. Learn.*, 38:304–325, 2021. doi: 10.1111/jcal.12618.
- [10] Marcelo Siedler, Rafael Cardoso, Stefany Souza, Michele Schmidt, Tatiana Tavares, and Tiago Primo. Aventuras digitais com material dourado: Jogo digital voltado ao aprendizado de matemática. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1453–1464, Porto Alegre, RS, Brasil, 2024. SBC. doi: 10.5753/sbgames.2024.240811. URL <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames/article/view/32412>.
- [11] Rafaella Trindade Cunha Prates. Magmática: Jogo digital educacional para o ensino do sistema de numeração decimal a alunos com deficiência intelectual (di). Dissertação (mestrado em ensino de ciência e tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil, 2021. URL <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26964/1/magmaticaensinodeficienciaintelectual.pdf>.
- [12] Kristy Litster, Maria Gonzalez, and Nicole Capoverdi. Base-10 blocks: A study of ipad virtual manipulative affordances across primary-grade levels. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 19(3):380–401, 2019. URL <https://www.learnlib.org/p/208876/>.
- [13] Everton da Silva, Tainá de Oliveira, Gabriela Nunes, and Diego Ribeiro. Interface tangível com material dourado em jogo digital de aprendizagem de matemática. In *Anais do VI Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+T 2020)*, pages 112–121, Porto Alegre, RS, Brasil, 2020. SBC. doi: 10.5753/ctrlt.2020.xxxxx.
- [14] Tara Martin, Manolis Savva, Maneesh Agrawala, and Björn Hartmann. Smart blocks: A tangible mathematical manipulative. In *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children (IDC '10)*, pages 194–197, New York, NY, USA, 2010. ACM. ISBN 978-1-60558-995-0. doi: 10.1145/1810543.1810576.