

Elaboração e Avaliação de uma Intervenção Didática na Disciplina Introdução à Computação Utilizando o Jogo Operação Overclock

Design and Evaluation of a Didactic Intervention in an Introduction to Computing Course Using the Game Operation Overclock

**Alexandre Lopes de Sousa¹, Celson Pantoja Lima¹,
João Paulo Nascimento da Costa¹, Octacílio C. de Almeida¹**

¹ Instituto de Engenharia e Geociências – Programa de Computação
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) Santarém – PA – Brasil
alexandreلسousa@outlook.com

Abstract. Introduction: *Introductory computing education often faces challenges related to abstraction and student engagement, demanding more interactive and contextualized pedagogical approaches. Objective:* *This work presents and evaluates a didactic intervention combining investigative narrative, problem-posing* **Methodology** *and the educational game Operation Overclock to support introductory computer organization teaching. Methodology:* *The intervention used the historical evolution of computing and an ENIAC-inspired game prototype as mediating elements for learning and was applied to 74 technical high school students, being evaluated through pre- and post-tests combined with teacher observation. Results:* *Results suggest evidence of learning gains, increased student performance and positive evidence of engagement. Findings suggest that integrating digital games, active methodologies and narrative can support introductory computing education and highlight the potential of games as mediating learning artifacts.* **Keywords** *Game-Based Learning; Computer Science Education; Educational Games; Active Learning; Problem-Posing Methodology.*

Resumo. Introdução: *O ensino introdutório de computação frequentemente apresenta desafios relacionados à abstração dos conteúdos e ao engajamento dos estudantes, demandando abordagens pedagógicas mais interativas e contextualizadas. Objetivo:* *Este trabalho apresenta e avalia uma intervenção didática baseada na articulação entre narrativa investigativa, Metodologia da Problematização e o jogo educacional Operação Overclock para apoiar o ensino de conceitos introdutórios de organização de computadores. Metodologia:* *A proposta utilizou a evolução histórica da computação e um protótipo de jogo inspirado no ENIAC como elementos mediadores para a aprendizagem. A intervenção foi aplicada com 74 estudantes do ensino médio técnico e avaliada por meio de questionários pré e pós-teste, combinados com observação de um professor acompanhante. Resultados:* *Os resultados indicaram evidências de ganhos de aprendizagem, com aumento na taxa média de acertos dos estudantes, além de evidências positivas de engajamento e participação durante as atividades. Os achados sugerem que a integração entre jogos digitais, metodologias ativas e narrativa apresenta potencial para*

favorecer o ensino introdutório de computação e reforçam o papel dos jogos como artefatos mediadores da aprendizagem.

Palavras-Chave *Aprendizagem Baseada em Jogos; Educação em Computação; Jogos Educacionais; Metodologias Ativas; Metodologia da Problemática.*

1. Introdução

A disciplina de Introdução à Computação apresenta aos estudantes os conceitos fundamentais relacionados ao funcionamento dos computadores, abrangendo desde noções de hardware e software até aspectos introdutórios de lógica e história da computação. Por se tratar de uma disciplina base, ela desempenha um papel central na formação inicial de alunos da área.

No entanto, muitos dos conceitos abordados, como entrada e saída de dados, memória e processamento, são pouco presentes no cotidiano dos estudantes e possuem um caráter abstrato, o que pode dificultar sua compreensão. Nesse contexto, torna-se relevante a adoção de abordagens didáticas que favoreçam a construção desses conceitos de forma mais concreta e significativa.

Diante disso, este trabalho apresenta e avalia uma intervenção didática baseada em elementos de metodologias ativas e no uso de jogos digitais como ferramenta complementar no processo de ensino.

2. Fundamentação teórica

A interface entre hardware e software é considerada por [Patterson e Hennessy 2014] como uma das abstrações mais importantes da computação. Essa interface é composta por diferentes camadas que permitem, por um lado, proteger o hardware contra usos indevidos e, por outro, fornecer ao software mecanismos padronizados para manipular dispositivos frequentemente complexos [Bryant e O'Hallaron 2011]. Nesse contexto, a forma como esses conceitos são apresentados influencia diretamente a construção do conhecimento pelos estudantes, exigindo do docente uma organização adequada dos conteúdos, de modo a evitar sobrecarga cognitiva e possíveis confusões.

O primeiro contato dos estudantes com esses conceitos ocorre, em geral, na disciplina de Introdução à Computação, momento em que são apresentados à distinção entre hardware e software, bem como aos fundamentos da arquitetura de computadores. Uma base sólida nesse estágio inicial é fundamental para o aprofundamento posterior dos conhecimentos. No entanto, o ensino de arquitetura de computadores apresenta desafios significativos, sobretudo devido ao caráter abstrato dos conteúdos e à necessidade de articulação entre teoria e prática. Tais dificuldades evidenciam a necessidade de adoção de abordagens didáticas alternativas, uma vez que métodos tradicionais nem sempre são suficientes para promover a compreensão efetiva desses conceitos.

Diante dessas limitações, torna-se relevante investigar abordagens que promovam maior engajamento e facilitem a compreensão dos conteúdos. Para a elaboração da aula utilizada neste trabalho, foi adotada a metodologia da problematização, inserida no contexto das metodologias ativas. Segundo [Moran e Bacich 2018], metodologias ativas consistem em estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do conhecimento, promovendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

Nesse sentido, o uso de jogos digitais pode atuar como elemento facilitador no processo de ensino-aprendizagem, especialmente por favorecer engajamento, experimentação e participação ativa dos estudantes. Além de seu potencial pedagógico, estudos como o de [Shah et al. 2023] indicam que a interação com jogos está associada ao desenvolvimento do interesse e da identidade dos estudantes com a área de computação, sugerindo que essa mídia pode atuar também como um ponto de aproximação inicial entre o aluno e os conteúdos da área. Sob essa perspectiva, a integração entre jogos e metodologias ativas apresenta potencial para favorecer não apenas o engajamento, mas também a construção significativa da aprendizagem em cursos de computação.

A Metodologia da Problematização tem como uma de suas principais referências o Método do Arco, proposto por [Bordenave e Pereira 1982]. Esse método é estruturado em cinco etapas: observação da realidade, identificação dos pontos-chave, teorização, elaboração de hipóteses de solução e aplicação à realidade. Na aula desenvolvida, esse processo foi iniciado a partir da proposição de um problema norteador — “Como elaborar um jogo que ensine sobre a arquitetura do computador?” — a partir do qual os estudantes foram conduzidos a uma investigação sobre a história da computação e as diferentes arquiteturas existentes.

A organização dos conteúdos por meio dessa abordagem favorece a construção de uma narrativa investigativa, na qual o conhecimento é desenvolvido de forma progressiva e contextualizada. Diferentemente da abordagem tradicional criticada por Paulo Freire [Freire 1987], baseada na transmissão passiva de conteúdos, a proposta adotada neste trabalho busca promover a participação ativa dos estudantes, estimulando a reflexão e a construção do conhecimento a partir de situações significativas.

A avaliação proposta neste trabalho fundamenta-se na abordagem de métodos mistos, que, segundo [Creswell 2014], consiste na integração de dados quantitativos e qualitativos, possibilitando uma compreensão mais ampla e aprofundada do fenômeno estudado. Nesse sentido, a combinação entre questionários aplicados antes e após a intervenção e a análise qualitativa baseada na observação do professor permite não apenas identificar evidências de aprendizagem, mas também compreender o processo pelo qual ela ocorre.

3. Desenvolvimento: Aspectos do Jogo Operação Overclock

Operação Overclock é um jogo de simulação e gerenciamento com arte 3D em estilo low poly e perspectiva top-down. O game foi desenvolvido na plataforma Unity, com artes produzidas nos softwares gratuitos Krita, Inkscape e Blender.

O jogo se passa dentro de um computador, onde o protagonista — o Processador — precisa interagir com os demais componentes da máquina para garantir o funcionamento adequado do sistema. O jogador deve cumprir tarefas, gerenciar recursos, otimizar o desempenho e resolver problemas, enquanto enfrenta desafios que simulam dinâmicas reais de um computador.

Cada componente foi antropomorfizado, isto é, recebeu características humanas, como personalidade, intenções e comportamentos, mesmo sendo originalmente entidades não humanas. Segundo [Epley et al. 2007], a antropomorfização consiste na atribuição de características humanas a objetos, animais ou sistemas, sendo um processo cognitivo

que facilita a compreensão e a interação com elementos não humanos. Nesse sentido, cada componente recebeu personalidade, aparência e comportamentos próprios, o que contribui para a imersão e para a criação de empatia, enriquecendo a experiência do jogador. À medida que avança, o jogador desbloqueia novos upgrades e minigames, além de monitorar indicadores como capacidade dos componentes, temperatura interna e nível de paciência do usuário — especialmente em situações de sobrecarga do sistema.

No momento da aplicação em sala de aula, o jogo digital encontrava-se com apenas a sua fase zero desenvolvida. Nessa fase, estavam presentes os primeiros componentes que compunham os computadores eletrônicos digitais iniciais, sendo eles: input (representado no jogo por uma esteira de cartões perfurados), output (representado por uma impressora), processamento (representado pela mesa central e pelo personagem principal), constantes e funções (representadas pela sala de cálculo, onde se encontra a personagem Calculadora) e memória (representada pelos acumuladores). Através desses componentes, o jogador deveria executar tarefas simples demandadas pelo usuário da máquina, que nesta primeira fase é representado por um cientista.

Para que as tarefas sejam executadas, o jogador deve configurar os componentes da máquina, organizando o sistema de modo que, ao acionar o botão da mesa central, a operação seja realizada e o resultado obtido. Para isso, o jogador deve coletar a tarefa demandada na esteira de cartões perfurados, analisar as constantes e funções necessárias para sua execução, dirigir-se à sala de cálculo, selecionar os elementos necessários, levá-los até a memória, organizá-los no espaço disponível, executar a operação, obter o resultado e, por fim, retorná-lo ao usuário por meio da impressora. A Figura 1 apresenta exemplos dessas etapas na interface do jogo, evidenciando o percurso realizado pelo jogador desde o recebimento da tarefa até a entrega do resultado. Essa representação busca explicitar como os elementos inspirados no ENIAC foram convertidos em ações jogáveis na fase zero.

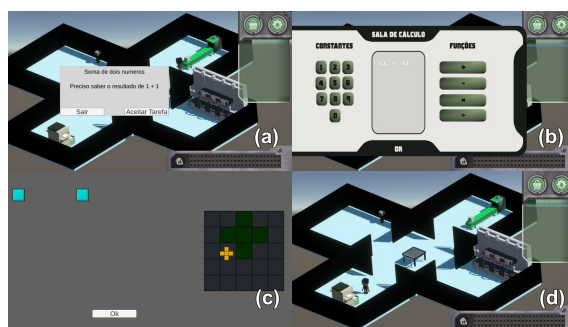


Figura 1. Etapas de execução de uma tarefa na fase 0 do jogo Operação Overclock: (a) recebimento da tarefa por meio da esteira de cartões perfurados; (b) seleção de constantes e funções na sala de cálculo; (c) organização dos elementos na memória para execução da operação; e (d) entrega do resultado na impressora.

Esta forma de executar as operações simula o funcionamento real do ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), visto que, para executar uma operação, era necessário modificar toda a disposição e configuração dos componentes da máquina, reorganizando cabos, conexões e unidades funcionais de acordo com o tipo de cálculo a ser realizado. Dessa forma, cada novo problema exigia uma reconfiguração física

do sistema, o que tornava o processo altamente manual e dependente de intervenção humana constante, evidenciando a complexidade e a rigidez dos primeiros computadores eletrônicos [Shustek 2006].

4. Desenvolvimento: Elaboração e aplicação da aula

A aula foi elaborada para estudantes do 1º ano do ensino médio, na disciplina de Introdução à Computação, com o objetivo de conceituar o que são computadores, introduzir os marcos históricos da evolução da computação, a evolução histórica da arquitetura dos computadores e as funções e características dos componentes do computador. Para isso, adotou-se como referência o capítulo 1.2 do livro Organização de Computadores, de [Tanenbaum 2013], articulando os conteúdos teóricos com uma proposta prática baseada no jogo digital Operação Overclock. A escolha dessa abordagem partiu da necessidade de tornar mais concretos conceitos que, por sua natureza histórica e técnica, podem se apresentar de forma abstrata para os alunos.

A aula parte da problematização de uma situação real, de modo que os conteúdos trabalhados se organizam em torno da busca por sua resolução. O problema central proposto é: como poderia ser criado um jogo sobre a arquitetura dos computadores?

A investigação iniciou-se pela origem histórica do conceito de computador, relacionando-o à ideia de cálculo e aos primeiros instrumentos utilizados para apoiar operações matemáticas. A partir disso, foram apresentados, de forma sintética, marcos como o ábaco, as calculadoras mecânicas, a Máquina Analítica de Babbage, a Máquina Universal de Turing e o ENIAC. Esse percurso teve como objetivo mostrar aos estudantes que a arquitetura dos computadores modernos resulta de uma construção histórica progressiva, permitindo compreender por que o ENIAC foi adotado como referência conceitual para a fase zero do jogo Operação Overclock.

Neste ponto, os alunos compreendem que concluíram uma primeira etapa rumo ao objetivo estabelecido no início da aula — definir por onde começar. No entanto, torna-se necessário avançar para a etapa prática da proposta. Surge, então, a seguinte questão: como traduzir o funcionamento do ENIAC em mecânicas de jogo?

Para responder a essa questão, os estudantes são convidados a investigar com maior profundidade o funcionamento do primeiro computador digital eletrônico de propósito geral. Nesse momento, são apresentadas as principais partes que compõem o computador, bem como suas respectivas funções. Em seguida, demonstra-se como esses elementos foram transpostos para mecânicas no jogo Operação Overclock, estabelecendo uma relação direta entre os conceitos teóricos e sua aplicação no contexto lúdico.

Para que possam compreender, na prática, os resultados da investigação realizada, os alunos são convidados a experimentar a fase zero do jogo Operação Overclock. Nessa etapa, devem operar a máquina a fim de executar cinco tarefas, recebidas por meio da esteira de cartões perfurados. A Figura 2 apresenta um registro de uma das turmas durante a atividade, na qual os estudantes estão organizados em grupos enquanto testam o jogo.

Neste ponto, os alunos já são capazes de responder à questão proposta no início da aula e compreendem uma possível forma de estruturar uma fase de um jogo voltado à arquitetura de computadores. No entanto, a fase construída ainda não contempla todos os componentes presentes nos computadores modernos. A partir disso, estabelece-se um



Figura 2. Alunos testando o jogo Operação Overclock

paralelo entre as gerações dos computadores e as fases do jogo: a fase testada corresponde apenas à primeira geração. Nesse momento, são apresentadas as gerações subsequentes, destacando-se as características que as definem, bem como os novos componentes que foram sendo incorporados à máquina ao longo de sua evolução.

O conteúdo da aula se encerra na quarta geração de computadores. Como atividade de fechamento, propõe-se que os alunos se organizem em grupos de até cinco integrantes. Cada grupo recebe um componente que ainda não foi incorporado ao jogo Operação Overclock e é desafiado a responder à seguinte questão: se esse componente fosse um personagem de um jogo, como ele seria?

Para isso, os estudantes são orientados a pesquisar as características do componente eletrônico recebido, adaptando-as para atributos humanos, como personalidade, aparência e comportamento. Ao final da atividade, cada grupo apresenta aos demais colegas o resultado de sua proposta, explicando as relações estabelecidas entre o funcionamento do componente e sua representação como personagem, promovendo, assim, a consolidação dos conceitos trabalhados de forma criativa e colaborativa.

Os efeitos da intervenção descrita foram analisados por meio de instrumentos quantitativos e qualitativos, cujos procedimentos e resultados são apresentados na seção seguinte.

5. Avaliação

A intervenção didática foi aplicada em duas turmas do primeiro ano do ensino médio integrado da Escola de Educação Tecnológica do Estado do Pará, totalizando 74 estudantes. Participaram da atividade alunos dos cursos técnicos em Informática e em Redes de Computadores, públicos diretamente relacionados ao domínio temático abordado pela proposta.

A intervenção teve duração de 1 hora e 30 minutos e foi estruturada em três momentos: exposição dialogada e narrativa investigativa sobre a história da computação, utilização do jogo Operação Overclock como recurso complementar à abordagem dos conteúdos e, por fim, uma atividade colaborativa em equipes envolvendo a criação de personagens inspirados em componentes computacionais.

A escolha de turmas ingressantes justifica-se pelo fato de a disciplina Introdução à Computação representar um dos primeiros contatos dos estudantes com conceitos relacionados à arquitetura e ao funcionamento dos computadores, tornando esse contexto

particularmente relevante para avaliar o potencial pedagógico da intervenção.

Para avaliar a eficácia da intervenção, adotou-se uma abordagem mista, combinando procedimentos quantitativos e qualitativos. A avaliação quantitativa foi realizada por meio de dois questionários aplicados aos estudantes, um prévio à intervenção e outro após sua realização, com o objetivo de analisar possíveis ganhos de aprendizagem. Complementarmente, a avaliação qualitativa foi conduzida por meio de um questionário respondido por um professor observador, que acompanhou toda a aplicação da intervenção, observando tanto o engajamento da turma quanto à condução das atividades propostas.

As questões foram organizadas de acordo com os objetivos de aprendizagem da aula, contemplando conteúdos relacionados à história da computação, fundamentos de arquitetura, funcionamento do ENIAC, gerações de computadores, componentes de hardware e relação entre as mecânicas do jogo e os conceitos apresentados. A equivalência entre pré e pós-teste foi definida pela manutenção dos mesmos conceitos avaliados, com variações na redação dos enunciados e alternativas, buscando reduzir o efeito de memorização decorrente da repetição literal das perguntas. A Tabela 1 apresenta a distribuição das questões por categoria, evidenciando a relação entre os itens do instrumento e os conteúdos trabalhados na intervenção, incluindo história da computação, ENIAC, arquitetura de computadores, componentes de hardware e relação entre o jogo e os conceitos abordados.

Tabela 1. Distribuição das questões do pré e pós-teste por categoria avaliada

Categoria avaliada	Questões	Conteúdos avaliados
História da computação	Q2, Q4, Q5	Sistema binário, tear de Jacquard e Máquina Universal de Turing.
ENIAC e primeiras arquiteturas	Q1, Q3, Q7, Q10	Tecnologia do ENIAC, acumuladores, limitação de programação e relação entre a fase 0 do jogo e o ENIAC.
Arquitetura e componentes	Q8, Q9	Armazenamento persistente e arquitetura de von Neumann.
Evolução tecnológica	Q6	Substituição das válvulas por transistores na segunda geração.

Como resultado, observou-se uma taxa média de acertos de 55,81% no questionário pré-intervenção e 78,06% no pós-intervenção, indicando um aumento de 22,25 pontos percentuais no desempenho dos estudantes após a aula. Esse resultado sugere um ganho de aprendizagem associado à intervenção proposta, evidenciando melhora na compreensão dos conceitos abordados, especialmente aqueles relacionados à história da computação e aos fundamentos introdutórios de arquitetura.

A análise por questão, apresentada na Figura 3, reforça esse resultado ao mostrar aumento na taxa de acertos em todas as dez questões aplicadas. Observa-se que os maiores ganhos ocorreram em questões relacionadas a marcos históricos da computação e às limitações arquiteturais do ENIAC, enquanto questões com desempenho inicial mais elevado apresentaram variações menores, sugerindo possível efeito teto. Em conjunto, os resultados indicam que a intervenção produziu não apenas ganho médio global, mas

também impacto distribuído entre diferentes dimensões dos conteúdos trabalhados.

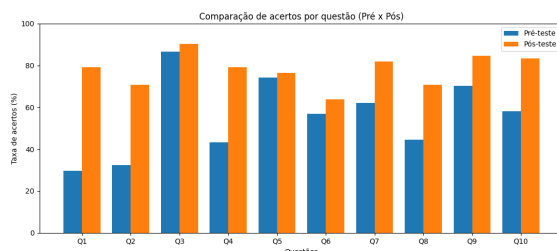


Figura 3. Comparação das porcentagens de acertos por questão nos questionários pré e pós-intervenção.

O questionário do professor observador foi composto por itens em escala Likert, checklist observacional e perguntas abertas. Os itens avaliaram aspectos como clareza dos objetivos, adequação do conteúdo ao nível da turma, relação entre jogo e teoria, participação dos estudantes, infraestrutura, sinais de aprendizagem e possibilidade de reaplicação da atividade. As perguntas abertas buscaram registrar pontos positivos, dificuldades observadas, evidências de engajamento e sugestões de aprimoramento.

Destaca-se que o professor indicou “concordo totalmente” para participação ativa dos estudantes e para recomendação de replicação da atividade em outras turmas, sugerindo percepção favorável quanto ao engajamento promovido pela proposta.

No checklist observacional, foram registrados indícios de envolvimento dos estudantes com a atividade, como discussões sobre conteúdo técnico entre os grupos, solicitações de esclarecimento ao mediador e conclusão da atividade de criação de personagens dentro do tempo previsto.

Nas questões abertas, o professor apontou como aspectos mais positivos a apresentação didática e histórica do surgimento da computação, bem como a integração do jogo à aula, reforçando a relevância da abordagem narrativa e lúdica proposta. Como principal dificuldade observada, mencionou baixa interação de alguns poucos alunos, indicando uma limitação pontual de engajamento.

Entre as sugestões de aprimoramento, o professor recomendou maior tempo para utilização do jogo, desenvolvimento de fases posteriores e uma versão para computador, observações que também reforçam o potencial de expansão da proposta. Quando questionado sobre a adoção da abordagem em sua própria disciplina, respondeu positivamente, destacando que a atividade estimula a criatividade dos estudantes.

A combinação entre pré e pós-teste e a observação docente buscou triangular evidências de aprendizagem, articulando medidas de desempenho e percepções qualitativas sobre engajamento e adequação pedagógica. Em conjunto, os resultados obtidos por esses diferentes instrumentos corroboram o potencial pedagógico da intervenção, tanto em termos de aprendizagem quanto de engajamento.

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações devem ser consideradas. A intervenção foi aplicada em apenas duas turmas de uma mesma instituição, em um único encontro de 1 hora e 30 minutos, sem a utilização de grupo controle. Dessa forma, os resultados não permitem estabelecer uma relação causal definitiva entre a intervenção e os

ganhos observados. Além disso, não foi realizada avaliação de retenção da aprendizagem em médio ou longo prazo, e a análise dos dados concentrou-se em procedimentos descritivos. Assim, os resultados devem ser compreendidos como evidências iniciais do potencial pedagógico da proposta, a serem aprofundadas em estudos futuros com desenho metodológico mais robusto.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou e avaliou uma intervenção didática para o ensino de Introdução à Computação baseada na articulação entre narrativa investigativa, Metodologia da Problemática e o jogo digital Operação Overclock. A proposta partiu do desafio de tornar mais acessíveis conceitos históricos e estruturais da computação tradicionalmente abordados de forma abstrata, utilizando o processo de concepção do jogo como elemento mediador para a construção do conhecimento.

Os resultados obtidos sugerem indícios positivos de contribuição da abordagem para a aprendizagem e o engajamento dos estudantes, evidenciado tanto pelo aumento da taxa de acertos nos questionários pré e pós-intervenção quanto pela convergência das observações realizadas pelo professor acompanhante. Além dos ganhos conceituais observados, a proposta apresentou indícios de potencial para estimular participação ativa, criatividade e maior aproximação dos estudantes com os conteúdos abordados.

Como contribuição para a área, o trabalho sugere que jogos digitais educacionais podem atuar não apenas como recursos de apoio à aprendizagem, mas também como estruturas narrativas e conceituais para organizar experiências didáticas. Nesse sentido, Operação Overclock foi explorado não somente como produto, mas como artefato mediador para investigação, simulação e representação de sistemas computacionais em sala de aula.

No contexto de jogos e educação, os resultados apontam ainda para o potencial de abordagens que combinam game-based learning e problematização na mediação de conteúdos introdutórios de computação, especialmente em cenários em que abstração e desengajamento representam desafios pedagógicos recorrentes.

Como trabalhos futuros, pretende-se expandir o desenvolvimento do jogo para contemplar novas fases associadas às gerações subsequentes dos computadores, incorporar novos componentes e mecânicas ao sistema proposto e realizar novas aplicações da intervenção em diferentes contextos educacionais. Também se pretende conduzir estudos com grupo controle, análise estatística inferencial e avaliação de retenção da aprendizagem em médio prazo, permitindo investigar de forma mais robusta a efetividade da proposta.

Assim, os resultados sugerem que a integração entre história da computação, metodologias ativas e design de jogos pode constituir um caminho promissor tanto para o ensino de computação quanto para o desenvolvimento de experiências educacionais baseadas em jogos.

Referências

Bordenave, J. D. e Pereira, A. M. (1982). *Estratégias de ensino-aprendizagem*. Vozes.

- Bryant, R. E. e O'Hallaron, D. R. (2011). *Computer Systems: A Programmer's Perspective*. Addison-Wesley, 2 edition.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, 4 edition.
- Epley, N., Waytz, A., e Cacioppo, J. T. (2007). On seeing human: A three-factor theory of anthropomorphism. *Psychological Review*, 114(4):864–886.
- Freire, P. (1987). *Pedagogia do oprimido*. Paz e Terra.
- Moran, J. e Bacich, L. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora*. Penso.
- Patterson, D. A. e Hennessy, J. L. (2014). *Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface*. Morgan Kaufmann, 5 edition.
- Shah, Z., Chen, C., Sonnert, G., e Sadler, P. M. (2023). The influences of computer gameplay and social media use on computer science identity and computer science career interests. *Telematics and Informatics Reports*, 8:100020.
- Shustek, L. J. (2006). The story of the eniac. *Communications of the ACM*, 49(4):26–33.
- Tanenbaum, A. S. (2013). *Structured Computer Organization*. Pearson, 6 edition.