

Jogos educacionais para o Ensino de Teoria dos Grafos

Um Mapeamento Sistemático da Literatura e Estudo de Caso

Yasmin Lopes, Airton Filho, LÍlian Santana, Beatriz Jacaúna,
Marcus Oliveira, Ana Araújo, Fabíola Nakamura, José Netto

¹ Instituto de Computação (IComp) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Av. Gen. Rodrigo Octávio 6200, Coroado I, Manaus – AM, 69080-900

{yasmin.cunha, airton.filho, lilian.santana, beatriz.martins}
{ana.fernandes, marcus.oliveira, fabiola, jnetto} @icompu.ufam.edu.br

Abstract. *This study presents a Systematic Mapping Study (SMS) aimed at characterizing the landscape of educational games for teaching Graph Theory. Based on the literature, two artifacts were selected for a pilot case study with Computer Science students, using knowledge tests and perception questionnaires to identify potentialities and barriers to use. The SMS results consolidate trends in the field, while the case study reveals that limitations in design, usability, and clarity in content presentation reduces the pedagogical potential of the games.*

Resumo. *Este estudo apresenta um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) visando caracterizar o cenário de jogos educacionais para o ensino de Teoria dos Grafos. A partir da literatura, dois artefatos foram selecionados para um estudo de caso piloto com estudantes de Ciência da Computação, utilizando testes de conhecimento e questionários de percepção para identificar potencialidades e barreiras de uso. Os resultados do MSL consolidam as tendências da área, enquanto o estudo de caso revela que limitações de design, usabilidade e clareza na exposição dos conteúdos reduzem o potencial pedagógico dos jogos.*

1. Introdução

Os avanços tecnológicos têm proporcionado transformações em diversos contextos do cotidiano. Apesar da disponibilidade de ferramentas tecnológicas de ensino-aprendizagem, observa-se uma subutilização desses recursos. Tal cenário, conforme preconizado por [Pozo and Ángel Gómez Crespo 2009], evidencia uma dissonância entre as práticas docentes vigentes e as transformações no perfil sociocognitivo dos discentes.

Nesse contexto, a adoção de metodologias ativas, com destaque para os Serious Games, consolidou-se como uma tendência para a simulação de conceitos abstratos. Conforme definido por [Palha et al. 2022], esses jogos foram projetados para cumprir objetivos educacionais específicos. Entretanto, um dos grandes desafios na criação desses artefatos, reside na capacidade de equilibrar os aspectos lúdicos com o conteúdo pedagógico, evitando que a interface se torne uma barreira ao aprendizado.

Na Ciência da Computação, essa abordagem é particularmente relevante, uma vez que disciplinas de lógica e programação exigem raciocínio algorítmico complexo. Entre esses conteúdos, destaca-se a Teoria dos Grafos, um ramo da Computação que

estuda propriedades de estruturas formadas por um conjunto de objetos (vértices) e a relação entre eles (arestas) [Szwarcfiter 2018]. Como reforça [Costa 2011], os grafos constituem uma ferramenta matemática versátil e intuitiva para lidar com problemas de conectividade. Apesar disso, muitos de seus conceitos demandam elevada capacidade de abstração, o que torna seu aprendizado desafiador para estudantes.

Nesse cenário, jogos digitais emergem como ferramentas adequadas para favorecer a visualização dinâmica e interatividade com esses conceitos. Embora existam iniciativas que abordam aspectos complexos da computação por meio de jogos, os estudos sobre essas ferramentas encontram-se dispersos na literatura. Este trabalho propõe uma sistematização rigorosa por meio de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), visando catalogar as soluções existentes, identificar tendências de abordagens pedagógicas e apontar lacunas de pesquisa ainda não exploradas na área.

O objetivo deste artigo é realizar um MSL para investigar o cenário de jogos educacionais no aprendizado de Grafos, sintetizando a qualidade das evidências e os resultados reportados. Adicionalmente, os artefatos identificados são submetidos a um estudo de caso com alunos de graduação para verificar a recepção dos recursos e identificar possíveis limitações que influenciam a experiência de aprendizado. O restante do trabalho descreve a estrutura da pesquisa, o protocolo do MSL e a síntese das evidências.

2. Trabalhos Relacionados

O uso de Jogos Educacionais (JEDs) como ferramentas de aprendizado surgiram como uma forma efetiva de complementar métodos tradicionais no desenvolvimento do pensamento computacional [Kovtaniuk et al. 2025]. Este método de ensino-aprendizado tem sido foco de estudos recentes, que buscam categorizar as ferramentas disponíveis.

No panorama geral da área, [Genesio et al. 2024] realizou um amplo MSL que abrange os últimos 30 anos de publicações (1994-2024). Os autores identificaram que, dos 194 estudos selecionados, houve uma maioria significativa de JEDs relacionados à Engenharia de Software e Lógica de Programação. No entanto, no que se refere a Teoria dos Grafos, apenas 7 iniciativas foram identificadas. Embora esse estudo registre a existência desses jogos, ele não aprofunda a análise sobre quais algoritmos de grafos são cobertos, quais as mecânicas de jogo predominantes ou quais as evidências de aprendizado específicas dessa disciplina, evidenciando que as especificidades de jogos para grafos acabam pouco diluídas ou exploradas.

Há uma tendência recente na literatura na condução de mapeamentos focados em disciplinas específicas do currículo de computação. Em especial, [de Carmargo et al. 2024] conduziram um MSL voltado especificamente para jogos no ensino de Sistemas Operacionais. Os autores identificaram 16 estudos primários, e constataram que a maioria foca em conceitos de gerenciamento de processos, escalonamento e concorrência, mapeando a eficácia de abordagens lúdicas para temas abstratos de infraestrutura. Os autores também destacaram a importância de preencher a lacuna para conceitos menos explorados por esses jogos.

Da mesma maneira, [Dôndici et al. 2025] mapearam jogos para o ensino de Circuitos Lógicos. O trabalho analisou 25 estudos primários, destacando a concentração de tópicos introdutórios de Circuitos Lógicos, gêneros e elementos gamificados presentes

JEDs e apontou a carência de abordagens voltadas à inclusão e acessibilidade como uma lacuna crítica nos estudos analisados.

A evidência na literatura constata que as revisões generalistas confirmam a existência de jogos para o Ensino de Teoria dos Grafos, mas não analisam em profundidade as especificidades da disciplina. Os trabalhos até então realizados na área mostram a relevância científica de realizar mapeamentos das disciplinas específicas de computação. Até o momento, não foi identificado um MSL dedicado especificamente à caracterização de jogos no ensino de Teoria dos Grafos. Este trabalho visa preencher essa lacuna.

3. Metodologia

A pesquisa seguiu as diretrizes de [Petersen et al. 2008] para a condução de Mapeamentos Sistemáticos da Literatura (MSL). A metodologia foi estruturada para definir as questões de pesquisa (Seção 3.1), critérios de inclusão e exclusão (Seção 3.2), bem como os procedimentos de extração dos dados (Seção 3.3).

3.1. Questões de pesquisa

Com o objetivo de caracterizar o cenário de jogos para o ensino de grafos, definiram-se as seguintes questões de pesquisa (QPs):

QP1: Qual a eficácia dos jogos no aprendizado de Teoria dos Grafos?

QP2: Quais são os tópicos de Teoria dos Grafos abordados pelos jogos?

QP3: Qual o público-alvo dos jogos?

QP4: Quais gêneros são abordados pelos jogos?

QP5: Quais os elementos de gamificação utilizados pelos jogos?

3.2. Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) foram definidos para selecionar estudos primários relevantes, conforme listado a seguir:

CI1: O estudo apresenta um jogo educacional (digital ou analógico) para o ensino-aprendizado de Teoria dos Grafos.

CI2: O estudo compreende o recorte temporal dos últimos 15 anos (2010 a 2025).

CI3: O texto completo está redigido em inglês, português ou espanhol.

CE1: O estudo não apresenta descrição clara do protocolo de avaliação, método de coleta de dados ou procedimentos metodológicos.

CE2: O texto completo não está disponível para acesso.

CE3: O estudo reporta uma amostra de participantes insuficiente para validação estatística ou qualitativa dos resultados ($N < 5$).

CE4: O estudo não apresenta resultados de avaliação, testes ou estudos de caso que abordem o impacto do jogo no processo de ensino-aprendizagem.

A elaboração da *string* de busca deste MSL partiu da premissa de que a terminologia na área de grafos é diversa. Trabalhos relacionados aplicam conceitos específicos sem necessariamente citar “*Teoria dos Grafos*” nos metadados. Para mitigar o risco de não recuperar estudos pertinentes, foi realizado um mapeamento de termos correlatos, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Mapeamento de Termos Correlatos para a String de Busca

Categoria	Termos Mapeados (Inglês)
Conceitos Gerais	Graph Theory, Graphs, Trees (Data Structure)
Busca e Travessia	Breadth-First Search (BFS), Depth-First Search (DFS)
Caminho Mínimo	Dijkstra's Algorithm, A* Algorithm (A-Star), Shortest Path
Árvore Geradora Mínima (AGM)	Prim's Algorithm, Kruskal's Algorithm, Minimum Spanning Tree (MST)
Problemas Clássicos	Traveling Salesperson Problem (TSP), Graph Coloring, Topological Sort

A *string* de busca definida foi:

(“*gamification*” OR “*game-based learning*” OR “*educational games*” OR “*digital games*” OR “*digital educational games*”) AND (“*Graph Theory*” OR “*Graphs*” OR “*Trees*” OR “*Dijkstra*” OR “*Breadth-First Search*” OR “*BFS*” OR “*Depth-First Search*” OR “*DFS*” OR “*Shortest Path*” OR “*A* Algorithm*” OR “*A-Star*” OR “*Prim's Algorithm*” OR “*Kruskal's Algorithm*” OR “*Minimum Spanning Tree*” OR “*MST*” OR “*Traveling Salesperson Problem*” OR “*TSP*” OR “*Graph Coloring*” OR “*Topological Sort*”)

As buscas foram realizadas nas bases SBC OpenLib (SOL), Scopus e IEEE Xplore devido a ampla abrangência de literatura científica de referência. O Google Scholar foi consultado como fonte secundária para mitigar lacunas de indexação e ampliar a cobertura de literatura cinzenta. Devido às particularidades sintáticas e limitações de operadores de cada motor de busca, foram realizadas adaptações específicas na *string* original. As variações sintáticas aplicadas em cada base estão documentadas no repositório público do projeto ¹.

3.3. Procedimentos de busca

O processo de busca foi realizado em 3 etapas, conforme ilustra a Figura 1. Na primeira etapa foram realizadas as buscas nas bases escolhidas, resultando em 55 estudos potencialmente relevantes. A segunda etapa consistiu no *screening* por títulos, palavras-chave e resumos, resultando em 16 artigos. Na terceira etapa, os artigos remanescentes foram lidos integralmente, aplicando-se os critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE), resultando em 9 estudos primários relevantes, categorizados conforme apresentado na Tabela 2 e 3.

4. Estudo de Caso

A partir dos estudos primários resultantes do MSL, conduziu-se um estudo de caso piloto de natureza exploratória com abordagem quantitativa. O estudo adotou um delineamento pré-experimental de grupo único com pré-teste, pós-teste e questionário de percepção disponíveis no repositório público do projeto ¹, visando mensurar o impacto da intervenção lúdica no aprendizado dos alunos.

¹ [Link do Repositório Público do Projeto](#)

4.1. Caracterização da Amostra e Artefatos Selecionados

A amostra foi constituída por 10 estudantes ($N = 10$) de graduação do Curso de Ciência da Computação. Deste total, 6 participantes declararam já ter tido contato prévio formal com a disciplina de Teoria dos Grafos. A definição deste perfil visou avaliar a eficácia dos jogos em reforçar conceitos fundamentais de Teoria dos Grafos.

Em conformidade com as diretrizes éticas para pesquisa com seres humanos, todos os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foi garantido o anonimato dos participantes e a confidencialidade dos dados coletados.

A seleção dos artefatos para este estudo priorizou softwares de disponibilidade aberta, resultando em dois jogos digitais com abordagens distintas para o ensino de grafos. O primeiro artefato [Martins 2023], aborda o processo de coloração de grafos, enquanto o segundo artefato [Alencar et al. 2020], aborda o conceito de caminhos eulerianos.

4.2. Protocolo Experimental

A sessão experimental teve duração total estimada de 90 minutos e foi executada seguindo um protocolo estruturado em cinco etapas sequenciais:

1. **Pré-teste:** aplicação de um questionário padronizado composto por 5 questões de complexidade fácil/média. O objetivo foi estabelecer uma linha de base (*baseline*), verificando o conhecimento prévio e a familiaridade dos participantes com os conceitos basilares de Teoria dos Grafos antes da intervenção.
2. **Revisão Teórica:** condução de uma aula expositiva dialogada para todos os participantes. Esta revisão abordou conceitos estruturais (vértices, arestas, graus) e aprofundou-se nas regras específicas de Coloração e nas condições de existência de Caminhos Eulerianos (paridade dos graus dos vértices).
3. **Intervenção Prática:** interação direta dos participantes com os objetos de aprendizagem selecionados (*Mestre dos Grafos* e *O Sequestro de Magrafo*).
4. **Pós-teste:** aplicação de um questionário final contendo 5 questões de complexidade média/avançada. A escolha por um nível de exigência superior visou avaliar a capacidade de transferência dos conceitos para problemas complexos, mitigando efeitos de memorização e servindo como base para a análise do ganho normalizado.
5. **Questionário de Percepção:** aplicação de um questionário qualitativo utilizando a *Escala de Likert* [Aguiar et al. 2011] para coleta dados sobre a experiência do usuário, focando no nível de engajamento, usabilidade da interface e percepção subjetiva de aprendizado.

5. Resultados e discussões

5.1. Visão Geral dos Artefatos Encontrados

Com as etapas do MSL bem definidas, a busca foi realizada durante os meses de setembro a outubro de 2025, e seus resultados podem ser visualizados na Figura 1.

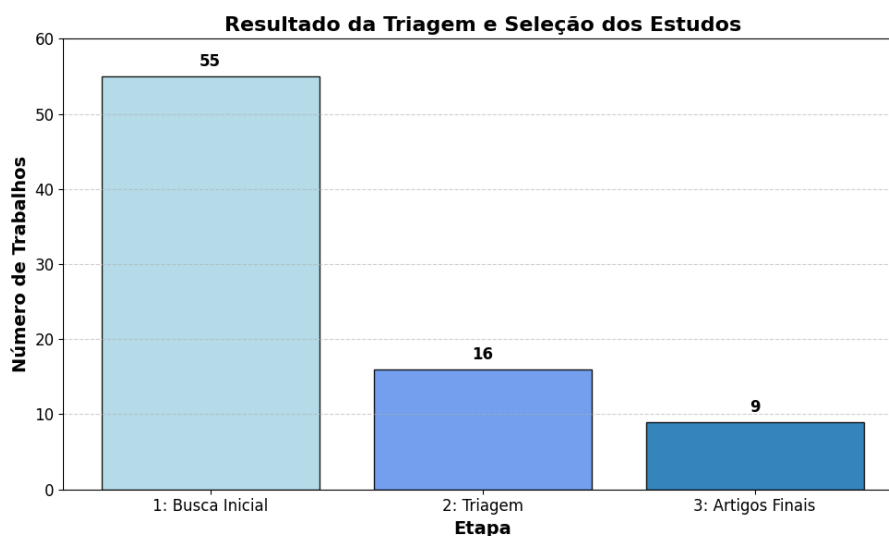


Figura 1. Resultados das etapas de busca e filtragem (etapas 1, 2 e 3)

Tabela 2. Caracterização pedagógica dos estudos selecionados

Referência	Nome do Jogo	Contexto Educacional	Tópicos Abordados	Metodologia de Validação
[Santos et al. 2025]	Missão Aspirapó	Ensino Superior, Ensino Médio	Ciclo Hamiltoniano, Grafos Planares	PAJDE
[Santos and Ferreira 2025]	Formigas em Grafo	Ensino Superior	Busca em Largura (BFS), Busca em Profundidade (DFS)	PAJED
[Pavani et al. 2023]	Graph Defender	Ensino Superior	Busca em Largura (BFS), Busca em Profundidade (DFS)	IAQJED
[Sena et al. 2020]	CaMínimo do Açaí	Ensino Médio	Caminho Mínimo, Algoritmo de Dijkstra	Pré-Teste, Pós-teste
[Martins 2023]	Mestre dos Grafos	Ensino Técnico	Coloração	Pré-teste, Pós-teste, Questionário de Percepção
[Braz Junior et al. 2019]	A Última Árvore	Ensino Fundamental, Ensino Médio	Gramáticas de Grafos	MEEGA+
[Alencar et al. 2020]	O Sequestro de Magrafo	Ensino Fundamental	Caminhos Eulerianos	MEEGA+KIDS
[Cordero et al. 2022]	Legends of Al-Bufera	Ensino Superior	Caminho Mínimo	Questionário de Percepção
[Silva et al. 2025]	Graph Game	Ensino Fundamental, Ensino Médio	Caminhos Eulerianos, Ciclo Hamiltoniano, Caminho Mínimo	Design Participativo, Questionário de Percepção

Os estudos selecionados estão representados nas tabelas 2 e 3, com os elementos pedagógicos extraídos dos estudos e a sumarização dos elementos técnicos dos jogos, respectivamente.

Tabela 3. Caracterização técnica dos estudos selecionados

Referência	Nome do Jogo	Gênero	Elementos Gamificados	Disponibilidade
[Santos et al. 2025]	Missão Aspirapó	Mobile Puzzle, Serious Game	Narrativa, Tempo (Pressão), Níveis	Google Play
[Santos and Ferreira 2025]	Formigas em Grafo	Puzzle, Arcade	Narrativa, Obstáculos, Inimigos, Tempo (Pressão), Níveis, Progressão	Github
[Pavani et al. 2023]	Graph Defender	Tower Defense, Estratégia	Níveis, Inimigos, Mecânica de Construção	Mega.nz
[Sena et al. 2020]	CaMinimo do Açaí	Serious Game, Aventura 2D	Narrativa, Níveis, Avatar	Google Drive
[Martins 2023]	Mestre dos Grafos	Serious Game, Puzzle Web	Narrativa, Badges, Níveis, Progresso	Disponível na Web
[Braz Junior et al. 2019]	A Última Árvore	Serious Game, Estratégia	Objetivos Secretos, Turnos, Tempo (Pressão), Penalidades	Site do Projeto
[Alencar et al. 2020]	O Sequestro de Magrafo	Puzzle, Serious Game	Narrativa, Níveis, Desafio	Github
[Cordero et al. 2022]	Legends of Al-Bufera	Serious Game, RPG	Narrativa, Avatar, Pontuação, Recursos, Restrições, Desafios	Cenário em Papel, Software SWGraphs (<i>Open Access</i>)
[Silva et al. 2025]	Graph Game	Tabuleiro	Desafios, Missões, Narrativa	N/D, Jogo Físico

5.2. Evidências da Sessão Experimental

Com a realização da sessão experimental e a aplicação dos formulários de teste aos participantes, foi possível obter dados relevantes de desempenho com base no processo metodológico de intervenção representados no gráfico da Figura 2 e, a partir dele, realizar análises sobre a compreensão do conteúdo utilizando essas ferramentas educacionais. As notas do pré-teste indicaram que os participantes apresentavam níveis de conhecimento semelhantes em relação ao conteúdo de Teoria dos Grafos, sendo que a menor quantidade de acertos observada foi de três em um total de cinco pontos, o que evidencia uma boa base conceitual prévia.

Os resultados do pós-teste, por sua vez, mostram uma redução na quantidade de notas maiores ou iguais a quatro, acompanhada de um aumento no número de notas iguais

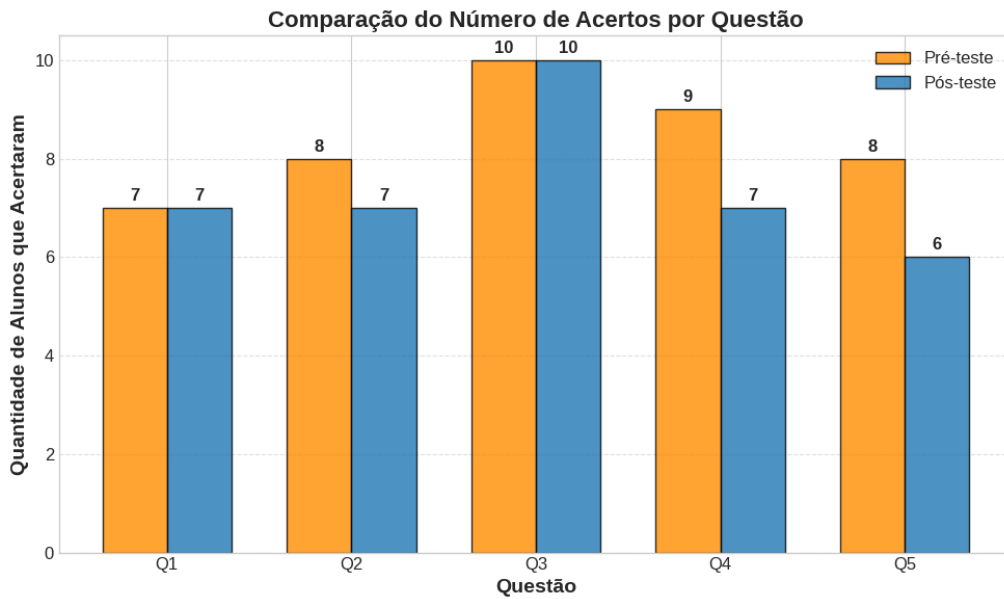


Figura 2. Comparação do número de acertos por questão em cada teste da Sessão Experimental

a três. Ainda assim, não foram observadas reduções mais acentuadas no desempenho, uma vez que a menor nota registrada permaneceu igual a três. Para mitigar possíveis vieses decorrentes da aplicação de pré/pós-testes com diferentes níveis de dificuldade e para mensurar o ganho conceitual dos estudantes, optou-se pela utilização do Ganho Normalizado proposto por [Hake 1998]. Essa métrica avalia o quanto o estudante se aproximou do ganho máximo possível, considerando seu conhecimento prévio.

$$g = \frac{\langle S_{\text{pós}} \rangle - \langle S_{\text{pré}} \rangle}{S_{\text{máx}} - \langle S_{\text{pré}} \rangle} \quad (1)$$

Onde:

- $\langle S_{\text{pós}} \rangle$: média de acertos do grupo no pós-teste;
- $\langle S_{\text{pré}} \rangle$: média de acertos do grupo no pré-teste;
- $S_{\text{máx}}$: pontuação máxima possível no teste (número total de questões).

Para o estudo de caso com 10 participantes e $S_{\text{máx}} = 5$ questões, as médias de acertos foram $\langle S_{\text{pré}} \rangle = 4,2$ e $\langle S_{\text{pós}} \rangle = 3,7$. Assim, o cálculo do Ganho Normalizado é dado por:

$$g = \frac{3,7 - 4,2}{5 - 4,2} = \frac{-0,5}{0,8} = -0,625$$

O Ganho Normalizado de $-0,625$ caracteriza um ganho baixo no experimento. No entanto, é importante interpretar esse resultado com cautela: não houve uma perda expressiva de desempenho, uma vez que as médias de acertos passaram de 4,2 para 3,7, considerando o aumento na complexidade dos testes e o fato de que a menor nota obtida se manteve inalterada em ambas as aplicações.

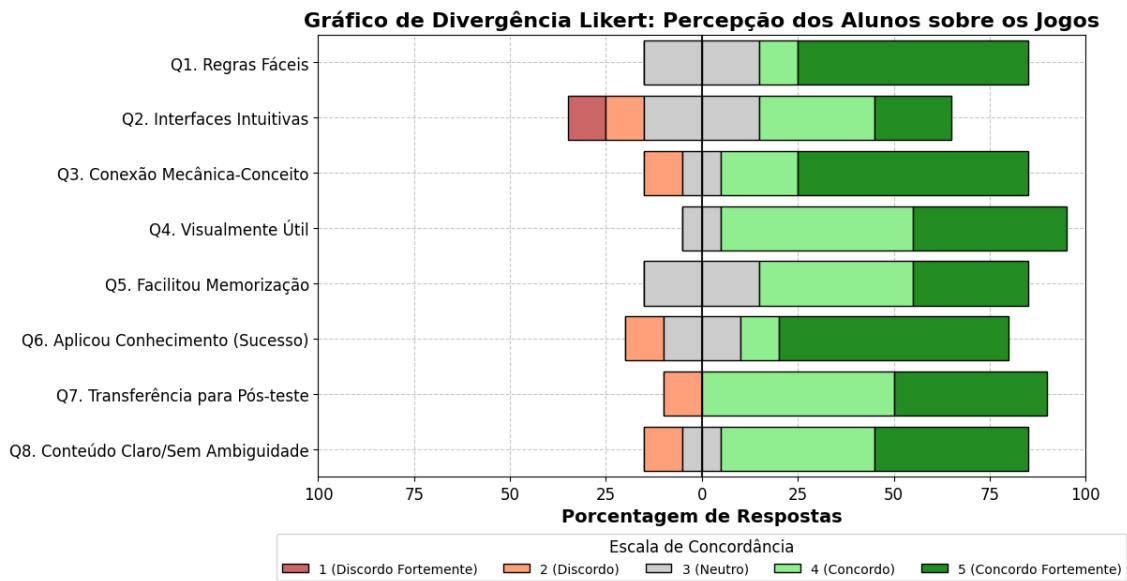


Figura 3. Gráfico da Escala *Likert* utilizada no formulário de percepção

Outro ponto relevante a ser destacado é que o valor negativo do ganho normalizado não deve ser interpretado como uma desvantagem da metodologia ativa e lúdica adotada. Esse resultado está mais associado às dificuldades de experiência dos usuários com os artefatos específicos avaliados durante a sessão experimental, as quais foram identificadas a partir das análises do formulário de percepção aplicado aos participantes sobre os dois jogos utilizados.

A experiência dos alunos, registrada por meio do formulário de percepção, trouxe dados relevantes para o presente estudo, especialmente quando analisada em conjunto com os resultados obtidos nos testes de aprendizagem e desempenho aplicados durante a sessão experimental. A partir das perguntas objetivas gerais sobre os dois jogos, estruturadas com base na escala *Likert*, foi possível construir o gráfico apresentado na Figura 3.

A análise desse gráfico evidencia que a principal dificuldade relatada pelos participantes esteve relacionada à interação com as interfaces, frequentemente consideradas pouco intuitivas. Também foram observados níveis de discordância quanto à conexão entre as mecânicas dos jogos e os conceitos de Teoria dos Grafos, bem como na aplicação do conhecimento, na transferência do que foi vivenciado durante o jogo para o pós-teste e na clareza geral do conteúdo apresentado.

Em contrapartida, as perguntas dissertativas forneceram informações mais detalhadas e específicas sobre a experiência dos participantes com cada um dos jogos. A percepção dos alunos destacou o jogo *Mestre dos Grafos* como mais eficaz para o aprendizado, especialmente por apresentar os conceitos de coloração de grafos de forma mais consistente. No entanto, foram apontadas dificuldades relacionadas à interface e à estética do projeto, considerada pouco cativante pelos participantes. Além disso, o acesso complexo ao jogo foi mencionado como um fator que impactou negativamente a experiência dos usuários, reduzindo seu potencial pedagógico.

No caso do jogo *Sequestro de Magrafo*, as métricas associadas à confiança dos

participantes apresentaram avaliações positivas. Ainda assim, a estética foi considerada insatisfatória, com relatos recorrentes de navegação confusa e de elementos visuais pouco intuitivos e inclusivos. Esses aspectos podem ter impactado negativamente a aprendizagem inicial, uma vez que, apesar de o projeto apresentar mecânicas e interfaces consideradas mais cativantes para o público, os participantes relataram dificuldades na compreensão do conteúdo-alvo, especificamente os conceitos de caminhos eulerianos. Houve, ainda, registros de confusão em relação ao objetivo central do jogo e à forma como o conteúdo conceitual foi percebido como distante do contexto da experiência lúdica.

5.3. QP1: Qual a eficácia dos jogos no aprendizado de Teoria dos Grafos?

Com base nos dados apresentados, o potencial dos jogos no aprendizado de Teoria dos Grafos pode ser considerado positivo no que tange ao engajamento, mas com limitações práticas que impedem uma conclusão categórica sobre o seu impacto imediato no desempenho acadêmico. O Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) indica que os jogos são ferramentas valiosas para criar um contexto lúdico que facilita a aproximação com conceitos abstratos, como coloração e caminhos eulerianos. Essa abordagem interativa é consistentemente relatada nos estudos mapeados como motivadora e capaz de proporcionar uma compreensão intuitiva inicial.

Contudo, a eficácia mensurável em termos de ganho de conhecimento específico apresenta ressalvas importantes. O estudo de caso conduzido relevou um ganho normalizado baixo, calculado em $-0,625$, indicando que a melhoria no desempenho em testes objetivos após a intervenção foi modesta. Este resultado está intimamente associado a desafios práticos encontrados na própria implementação dos jogos, e não necessariamente a uma ineficácia inerente da metodologia. As principais barreiras identificadas foram problemas de usabilidade e design, com interfaces muitas vezes consideradas pouco intuitivas e esteticamente pouco cativantes, o que pode gerar frustração e desviar o foco da aprendizagem. Além disso, em alguns casos, a conexão entre as mecânicas do jogo e os conceitos teóricos que se pretendia ensinar não foi suficientemente clara para os alunos, dificultando a transferência e aplicação do conhecimento em contextos formais e avaliação.

Portanto, conclui-se que a eficácia pedagógica dos jogos é condicionada à qualidade de seu design instrucional e técnico. Quando bem elaborados, com uma integração clara entre jogabilidade e conteúdo, e com uma interface acessível, eles se mostram excelentes recursos complementares para motivar e ilustrar conceitos complexos.

5.4. QP2: Quais são os tópicos de Teoria dos Grafos abordados pelos jogos?

Entre os nove jogos identificados e analisados neste estudo, foram abordados nove conceitos distintos relacionados à Teoria dos Grafos, conforme apresentado na Tabela 2. É importante destacar que, embora o número de conceitos identificados seja igual ao número de jogos analisados, um mesmo jogo pode contemplar mais de um conceito, enquanto outros tópicos aparecem de forma recorrente em diferentes estudos.

Os tópicos mais frequentes identificados correspondem aos algoritmos de busca em grafos, como Busca em Largura (BFS) e Busca em Profundidade (DFS), além de problemas relacionados a caminhos mínimos. A elevada frequência desses conteúdos reflete a maior aderência desses conceitos às mecânicas de jogos, uma vez que desafios envolvendo trajetos, exploração e tomada de decisão apresentam maior facilidade de adaptação

a ambientes lúdicos. Dessa forma, observa-se que a seleção dos conceitos de Teoria dos Grafos nos jogos educacionais está fortemente relacionada à facilidade de visualização, à integração com mecânicas de jogo e à adequação ao público-alvo.

5.5. QP3: Qual o público alvo dos jogos?

De modo geral, o público alvo mais recorrente nos jogos identificados foi composto por estudantes de graduação em Ciência da Computação ou áreas afins, já que a maioria dos artefatos foi desenvolvida e avaliada em disciplinas universitárias, utilizando métodos como pré/pós-testes e questionários de percepção para validar os resultados, como em *Formigas em Grafo* e *Graph Defender*, [Santos and Ferreira 2025] [Pavani et al. 2023]. Ainda assim, o mapeamento revela variações: alguns jogos foram direcionados ao ensino técnico, básico e médio, como *Mestre dos Grafos* (ensino técnico) [Martins 2023], *CaMínimo do Açaí* (ensino médio) [Sena et al. 2020], *O Sequestro de Magrafo* e *A Última Árvore* (ensino fundamental/médio) [Alencar et al. 2020] [Junior et al. 2017], além de *Missão Aspirapó*, voltado ao ensino médio e superior [Santos et al. 2025]. Em suma, embora o perfil predominante seja universitário, os estudos revelam uma diversidade de públicos, do ensino fundamental ao técnico e superior, conforme os objetivos pedagógicos e o nível de abstração exigido pelo conteúdo.

5.6. QP4: Quais gêneros são abordados pelos jogos?

A análise técnica dos estudos selecionados, sumarizada na Tabela 3, demonstra uma variedade de gêneros utilizados para o ensino de Teoria dos Grafos. Os gêneros utilizados incluem Puzzle, Tower Defense, Estratégia, Aventura, RPG, Arcade e Jogo de Tabuleiro. É notório que a classificação Serious Game aparece explicitamente em seis dos nove trabalhos listados, indicando que o design desses artefatos foi concebido priorizando o objetivo pedagógico sobre o entretenimento.

Observa-se uma predominância do gênero Puzzle, que aparece isolado ou combinado com outros gênero, como Missão Aspirapó, Formigas em Grafo, Mestre dos Grafos e O Sequestro de Magrafo. Outros genêros aparecem de forma mais distribuída, como Estratégia, utilizada em Graph Defender e A Última Árvore, e o RPG, presente em Legends of AI-Bufera.

A prevalência do gênero Puzzle no contexto do ensino de Grafos pode ser justificada pela natureza intrínseca do conteúdo matemático abordado. Conceitos fundamentais da disciplina, como coloração de vértices, busca de caminhos mínimos e identificação de ciclos eulerianos, operam sob regras lógicas estritas e objetivos de otimização que se traduzem naturalmente em mecânicas de quebra-cabeça. Diferente de gêneros que dependem de reflexos rápidos ou narrativas complexas, o formato Puzzle favorece o raciocínio analítico e a resolução de problemas passo a passo, alinhando-se diretamente às competências cognitivas exigidas para a compreensão dos algoritmos de grafos, O que facilita sua escolha para o desenvolvimento desses jogos, pois permite a aplicação direta das regras lógicas da teoria.

5.7. QP5: Quais os elementos de gamificação utilizados pelos jogos?

A Tabela 3 mostra os elementos gamificados utilizados pelos jogos. O mapeamento revelou uma diversidade de elementos gamificados relacionados a forma como os elementos

são utilizados para o engajamento e interação dos jogadores. Há uma predominância de elementos ligados à imersão e estrutura de progressão. O elemento mais frequente foi a Narrativa, presente em 7 dos 9 estudos analisados, sugerindo que os autores dos estudos analisados consideram o *storytelling* uma estratégia central para a gamificação dos conceitos de Teoria dos Grafos. Em seguida, o uso de Níveis foi identificado em 6 estudos, indicando que segmentar o aprendizado em etapas de dificuldade crescente também é importante para o engajamento e progressão de aprendizado de conceitos mais difíceis. Outros elementos menos recorrentes como Tempo e Desafios aparecem em 3 jogos. Curiosamente, elementos clássicos como Bagdes e Pontos apareceram de forma menos expressiva no corpo de estudo, com [Cordero et al. 2022] e [Martins 2023] sendo os únicos estudos que citaram esses elementos.

6. Conclusão

Este estudo realizou um mapeamento sistemático de jogos educacionais voltados ao ensino-aprendizado de Teoria dos Grafos. Os resultados apontam que Teoria dos Grafos ainda é uma área subexplorada no desenvolvimento de jogos educacionais quando comparada a outros tópicos de computação. Embora os artefatos encontrados e a análise dos testes evidenciem que os jogos educacionais contribuem significativamente para o engajamento dos estudantes atuando como facilitadores lúdicos para abstração do conhecimento, a escassez quantitativa também reflete a maturidade das ferramentas existentes: certas obscuridades conceituais, a falta de refinamento na estética e usabilidade indicam que o potencial pedagógico dessas ferramentas não está plenamente realizado.

As evidências da sessão experimental, reunidas na Seção 5.2 constataam essa afirmação. A análise qualitativa observada na Escala de Likert, aplicada como etapa final do protocolo experimental para avaliar a experiência do usuário, mostrou que as dificuldades concentraram-se principalmente por barreiras de usabilidade e design de interface. Os resultados sugerem que melhorias na usabilidade e na explicitação dos conteúdos podem potencializar o impacto pedagógico dessas ferramentas. Recomenda-se que o uso desses jogos seja acompanhado por mediação docente, orientando a transição entre a experiência prática no jogo e a formalização teórica. Assim, futuras versões e novos artefatos desenvolvidos em colaboração entre educadores e designers instrucionais poderão oferecer uma ponte ainda mais eficaz entre o lúdico e o aprendizado conceitual em Ciência da Computação e Matemática.

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Instituto de Computação (IComp) pelo apoio institucional. Agradecem também aos colegas do Projeto Octante pelas contribuições e discussões que enriqueceram este trabalho.

Uso de Inteligência Artificial

No presente estudo, foram utilizadas tecnologias de Inteligência Artificial como ferramentas de apoio à revisão da escrita do texto original dos autores, com o objetivo de corrigir erros pontuais e aprimorar a padronização textual. Além disso, essas tecnologias também foram empregadas na criação de recursos complementares, como gráficos e tabelas.

Referências

- [Aguiar et al. 2011] Aguiar, B., Correia, W., and Campos, F. (2011). Uso da escala likert na análise de jogos. *Salvador: SBC-Proceedings of SBGames Anais*, 7(2):2.
- [Alencar et al. 2020] Alencar, L., Pires, F., and Pessoa, M. (2020). Criação de um jogo para desenvolver o pensamento computacional percorrendo caminhos eulerianos. *Anais do XXVIII Workshop sobre Educação em Computação*.
- [Braz Junior et al. 2019] Braz Junior, G., Cavalheiro, S., and Foss, L. (2019). Revisitando um jogo educacional para desenvolver o pensamento computacional com gramática de grafos. In *Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019)*, pages 863–872, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Cordero et al. 2022] Cordero, A., Jordan, C., Murillo-Arcila, M., and Sanabria-Codesal, E. (2022). A game for learning how to model in graph theory. *Mathematics*, 10(12).
- [Costa 2011] Costa, P. P. d. (2011). Teoria dos grafos e suas aplicações.
- [de Carmargo et al. 2024] de Carmargo, V., Junior, M. C., da Silva, F., and Aylon, L. (2024). Mapeamento sistemático de jogos educativos voltados para o ensino de sistemas operacionais. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1200–1211, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Dôndici et al. 2025] Dôndici, F., Ramos, J., Crawford, P., Valle, P., Oliveira, A., and Chaves, L. (2025). Um mapeamento sistemático da literatura sobre jogos educacionais digitais para o ensino de circuitos lógicos. In *Anais do V Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 240–254, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Genesio et al. 2024] Genesio, N., Oliveira, A., Oliveira, E., and Valle, P. (2024). Panorama de estudos sobre jogos educacionais digitais em educação em computação. In *Anais do XXXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 737–749, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Hake 1998] Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1):64–74.
- [Junior et al. 2017] Junior, B., Cavalheiro, S., and Foss, L. (2017). A Última Árvore: exercitando o pensamento computacional por meio de um jogo educacional baseado em gramática de grafos. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 28(1):735.
- [Kovtaniuk et al. 2025] Kovtaniuk, M., Shokaliuk, S., and Stepanyuk, A. (2025). Game simulators as educational tools for developing algorithmic thinking skills in computer science education. *CTE Workshop Proceedings*, 12.
- [Martins 2023] Martins, F. S. (2023). Mestre dos grafos: uma possibilidade educacional baseada no conceito de gamificação para auxílio à aprendizagem da teoria dos grafos. *Repositório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFES)*.
- [Palha et al. 2022] Palha, G. d. S. et al. (2022). Serious games: uma abordagem conceitual da aprendizagem baseada em jogos no ensino de ciências. Master’s thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

- [Pavani et al. 2023] Pavani, R., Junior, M. C., and Aylon, L. (2023). Busca em largura e profundidade aplicado a jogos educativos: estudo de caso no projeto do jogo graph defender. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 536–547, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Petersen et al. 2008] Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., and Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. In *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE'08*, page 68–77, Swindon, GBR. BCS Learning & Development Ltd.
- [Pozo and Ángel Gómez Crespo 2009] Pozo, J. I. and Ángel Gómez Crespo, M. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. Artmed, Porto Alegre, 5 edition.
- [Santos and Ferreira 2025] Santos, A. V. and Ferreira, A. B. (2025). Formigas em grafo: Um jogo educacional para apoio ao ensino e aprendizagem dos algoritmos de busca em largura e busca em profundidade. *XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2025)*.
- [Santos et al. 2025] Santos, M. V., de A. S. Braga, A., Grandó, F., and Pegoraro, R. A. (2025). Missão aspirapó: A digital game for teaching and learning graphs. *XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2025)*.
- [Sena et al. 2020] Sena, E., Duarte, M. J., and Araújo, F. (2020). Camínimo do açáí: Um jogo para auxiliar no ensino do caminho mínimo em grafos não direcionados. In *Anais do XXVI Workshop de Informática na Escola*, pages 131–140, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- [Silva et al. 2025] Silva, A., Haendchen Filho, A., Ferneda, E., Prado, H., and Raabe, A. (2025). Applying participatory design for developing an unplugged game to learning graph theory. *Educational technology research and development*, 73.
- [Szwarcfiter 2018] Szwarcfiter, J. (2018). *Teoria computacional de grafos: Os Algoritmos*. ELSEVIER.