

Flip n' Flop: um jogo de plataformas para a prática de diagramas de tempo de flip-flops

Flip n' Flop: A Platform Game for Practicing Flip-Flop Timing Diagrams

**Frederico Dôndici¹, João Vitor Fernandes Ribeiro Carneiro Ramos¹,
Pedro Matos Crawford¹, Luciano Jerez Chaves¹**

¹Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG – Brasil

{frederico.dondici, joaovitor.fernandes}@estudante.ufjf.br,
pedro.crawford@estudante.ufjf.br, luciano.chaves@ufjf.br

Abstract. Introduction: Educational games have been used to support learning across various areas of Computer Science, but remain underexplored in the teaching of Logic Circuits. **Objective:** This paper presents the design, prototype, and preliminary evaluation of the game Flip n' Flop, aimed at practicing the construction of flip-flop timing diagrams. **Methodology:** Based on a prior systematic mapping of the literature, a 2D platform game was proposed with an intrinsic integration between pedagogical objectives and game mechanics. A prototype was developed and preliminarily evaluated with the target audience using the MEEGA+ model. **Results:** Students reported positive perceptions regarding pedagogical relevance, usability, enjoyment, and perceived learning, although limitations in customization and accessibility were identified. **Conclusion:** Flip n' Flop shows potential as a tool to support the teaching of Logic Circuits. Future work includes further development of the prototype and more comprehensive evaluations.

Keywords Digital educational games, game-based learning; logic circuits, timing diagrams, flip-flops.

Resumo. Introdução: Jogos educacionais têm sido utilizados para apoiar a aprendizagem em diversos conteúdos da Computação, mas ainda são pouco explorados no ensino de Circuitos Lógicos. **Objetivos:** Este trabalho apresenta a proposta, o protótipo e a avaliação preliminar do jogo Flip n' Flop, voltado para a prática da construção de diagramas de tempo de flip-flops. **Métodos:** A partir de um mapeamento sistemático prévio da literatura, foi proposto um jogo de plataformas 2D com integração intrínseca entre objetivos pedagógicos e mecânicas de jogo. Um protótipo foi desenvolvido e avaliado preliminarmente com o público-alvo por meio do modelo MEEGA+. **Resultados:** Os estudantes indicaram percepções positivas quanto à relevância pedagógica, usabilidade, diversão e aprendizagem percebida, embora limitações em personalização e acessibilidade tenham sido apontadas. **Conclusão:** O Flip n' Flop mostra potencial como ferramenta de apoio ao ensino de Circuitos Lógicos. Trabalhos futuros incluem a evolução do protótipo e avaliações mais abrangentes.

Palavras-Chave Jogos educacionais digitais, aprendizagem baseada em jogos, circuitos lógicos, diagramas de tempo, flip-flops.

1. Introdução

Os Circuitos Lógicos são o alicerce dos sistemas eletrônicos digitais modernos, presentes em dispositivos que realizam processamento lógico baseado nas operações booleanas NOT, AND e OR. A combinação de portas lógicas — circuitos responsáveis por essas operações — viabiliza a construção de funções lógicas fundamentais, sendo o ensino destes conteúdos essenciais em cursos de Computação e áreas afins, pois oferecem os fundamentos teóricos para a compreensão da Organização e Arquitetura de Computadores [Zorzo et al. 2017, Tocci et al. 2018]. No entanto, a compreensão de funções lógicas mais complexas e a aplicação prática dos conceitos teóricos ainda representam desafios no ensino de Circuitos Lógicos, podendo levar à desmotivação dos estudantes. Esse cenário evidencia a necessidade de estratégias pedagógicas mais acessíveis e engajadoras, como metodologias ativas e ferramentas interativas [Troyer et al. 2019].

Os Jogos Educacionais Digitais (JEDs) são frequentemente apontados como uma alternativa promissora para aumentar o engajamento e apoiar o processo de ensino-aprendizagem [Battistella e von Wangenheim 2016]. Os JEDs configuram-se como uma metodologia ativa de aprendizagem, na qual o estudante deixa de ser um agente passivo e assume papel protagonista, tomando decisões, enfrentando desafios e aprendendo a partir das consequências de suas ações [Diesel et al. 2017, Da Silva e de Assis Pires 2020]. Evidências na literatura indicam que esses jogos tendem a apresentar melhores resultados na aquisição e retenção de conhecimento em comparação a métodos instrucionais tradicionais [Wouters et al. 2013, Connolly et al. 2012], o que se reflete no crescente interesse da comunidade acadêmica em investigar sua efetividade.

No contexto de JEDs voltados ao ensino de Circuitos Lógicos, os autores deste trabalho conduziram previamente um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) [Dôndici et al. 2025] para compreender o estado da arte e identificar oportunidades de pesquisa. No MSL foram selecionados 25 estudos primários, incluindo publicações do SBGames como [Andrade e Sarinho 2023] e [Lima et al. 2023]. A partir destes estudos foram respondidas questões de pesquisa abordando aspectos técnicos, como o gênero, os elementos de jogo e as tecnologias de desenvolvimento; além de aspectos pedagógicos, como os conteúdos abordados, o perfil do público-alvo, as metodologias de avaliação e os impactos alcançados. Dentre os principais resultados, destaca-se o potencial dos JEDs para facilitar a aprendizagem. Entretanto, o MSL evidenciou lacunas relevantes, como a concentração dos jogos em conteúdos introdutórios, a indisponibilidade pública da maioria deles e a ausência de padronização metodológica nas avaliações realizadas. Os resultados do MSL forneceram subsídios e orientaram o desenvolvimento deste trabalho.

Este trabalho apresenta o projeto, o protótipo e a avaliação preliminar do JED *Flip n' Flop*. O objetivo pedagógico deste jogo é proporcionar ao jogador a prática da construção de diagramas de tempo dos circuitos lógicos denominados *flip-flops*. O JED é concebido como um jogo de plataformas 2D, no qual a movimentação da personagem corresponde diretamente ao traçado dos sinais digitais no diagrama de tempo, reforçando a integração intrínseca entre o objetivo pedagógico e a mecânica do jogo [Habgood 2007]. Um protótipo funcional foi implementado e está disponível na Web¹. A implementação segue uma abordagem orientada a dados, na qual as fases do jogo são definidas em

¹O protótipo do *Flip n' Flop* utilizado neste trabalho está disponível em <https://play.unity.com/en/games/ea66f98b-8988-4dc8-82f8-335b8011666f/flip-n-flop-043>.

arquivos de configuração externos, permitindo que usuários possam criar ou modificar fases com facilidade, sem a necessidade de alterar o código-fonte. A avaliação preliminar, conduzida com o público-alvo de estudantes de graduação em Computação, indicou boa aceitação do jogo, com destaque para a sua relevância pedagógica, diversão e aprendizagem percebida; muito embora limitações de personalização e acessibilidade tenham sido identificadas como direções para trabalhos futuros.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 revisa a fundamentação teórica sobre *flip-flops* e diagramas de tempo; a Seção 3 apresenta a proposta e o protótipo do jogo *Flip n' Flop*; a Seção 4 descreve a avaliação preliminar e discute seus resultados; e a Seção 5 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

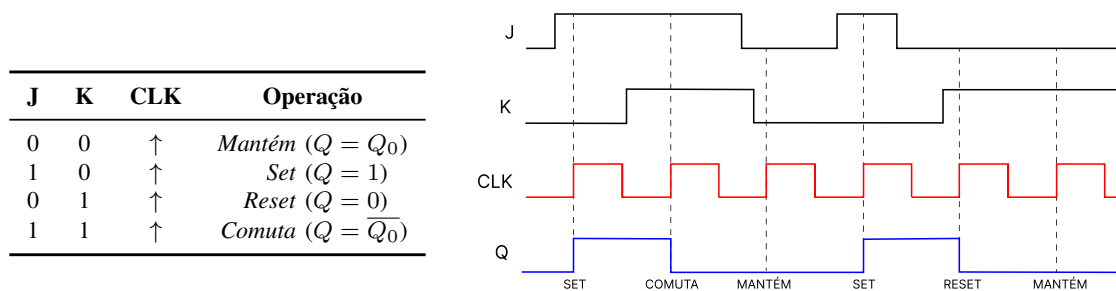
2. *Flip-flops* e diagramas de tempo

Os circuitos lógicos podem ser classificados em combinacionais ou sequenciais. Nos circuitos combinacionais, a saída depende exclusivamente dos valores atuais das entradas. Já os circuitos sequenciais incorporam elementos de memória, fazendo com que suas saídas dependam das entradas atuais e também do estado previamente armazenado.

Os *flip-flops* são os principais elementos de memória dos circuitos sequenciais, capazes de armazenar um único *bit*. Esses dispositivos operam tipicamente de forma síncrona, ou seja, a atualização do valor armazenado ocorre apenas em instantes específicos definidos por um sinal de referência temporal denominado *clock*. Embora existam diferentes tipos de *flip-flops*, alguns dos quais também incorporam funcionalidades assíncronas, neste trabalho nos ateremos ao *flip-flop J-K* síncrono por contemplar o maior conjunto de operações lógicas, sendo o mais rico pedagogicamente [Tocci et al. 2018].

A Figura 1(a) apresenta as quatro operações do *flip-flop J-K* síncrono ativo na transição positiva do *clock*. Sempre que o sinal de *clock* (CLK) transiciona de 0 para 1 (indicado por $\uparrow$), as entradas J e K são avaliadas e determinam a operação executada, que pode ou não alterar o valor armazenado que se reflete na saída Q. As operações possíveis são: *mantém*, que preserva o valor armazenado; *set*, que define a saída como 1; *reset*, que define a saída como 0; e *comuta*, que inverte o valor armazenado.

A análise do comportamento de *flip-flops* é usualmente realizada por meio de diagramas de tempo, que representam graficamente a evolução dos sinais de entrada, do *clock* e da saída ao longo do tempo. Nessa representação, cada sinal é descrito por uma forma de onda que alterna entre os níveis lógicos 0 e 1 ao longo do eixo horizontal.



(a) Operações suportadas.

(b) Diagrama de tempo.

Figura 1. *Flip-flop J-K* síncrono ativo na transição positiva do *clock*.

A Figura 1(b) retrata um exemplo de diagrama de tempo para o *flip-flop J-K* descrito anteriormente. As linhas verticais pontilhadas indicam os instantes de transição ativa do *clock*, nos quais o dispositivo avalia os valores das entradas *J* e *K* e determina a operação a ser executada. A partir dessas avaliações sucessivas, constrói-se a forma de onda da saída *Q*, evidenciando o comportamento temporal do circuito.

A correta interpretação dos diagramas de tempo exige a compreensão simultânea das operações suportadas pelo *flip-flop*, da avaliação dos valores das entradas e do sincronismo entre os sinais. Trata-se, portanto, de uma habilidade complexa porém relevante no estudo de circuitos sequenciais.

3. O jogo *Flip n' Flop*

A escassez de jogos para lógica sequencial evidenciada no mapeamento da literatura motivou a criação do jogo *Flip n' Flop*. A concepção de um JED começa com a definição do público-alvo e dos objetivos pedagógicos, seguida pela escolha do gênero e das mecânicas do jogo. Em conjunto, essas escolhas moldam a experiência do jogador e influenciam as interações e as demandas cognitivas necessárias ao alcance dos objetivos instrucionais propostos [Moreno-Ger et al. 2008, Santos et al. 2018, Murti et al. 2019].

O **público-alvo** do jogo *Flip n' Flop* são estudantes de graduação em Computação e áreas afins, cursando Circuitos Lógicos e que já foram introduzidos aos conceitos de circuitos sequenciais, *flip-flops* e diagramas de tempo. Com relação aos **objetivos pedagógicos**, este JED visa proporcionar ao jogador a prática da construção de diagramas de tempo de diferentes tipos de *flip-flops*, servindo como uma ferramenta de apoio na consolidação desses conceitos. O jogo deve favorecer a compreensão da representação temporal no diagrama, a identificação dos sinais de entrada e de seus efeitos sobre a saída dos *flip-flops*, considerando tanto operações síncronas quanto assíncronas.

O *Flip n' Flop* é concebido como um jogo de plataformas 2D, que é classificado como uma subcategoria do **gênero** ação [Wikipedia Contributors 2025, Heintz 2016]. Jogos de plataforma têm como objetivo principal mover a personagem ao longo do cenário, pulando entre plataformas, desviando de obstáculos e enfrentando inimigos, o que exige reações rápidas dos jogadores, característica comum em jogos de ação.

O jogo é estruturado em fases, sendo que o cenário de cada fase representa um diagrama de tempo distinto. A Figura 2 apresenta imagens da primeira fase implementada no protótipo do jogo *Flip n' Flop*. A Figura 2(a) ilustra o estado inicial da fase, com as linhas dos sinais de entrada *J*, *K* e *CLK* já desenhadas. A **mecânica** central consiste em movimentar a personagem entre duas plataformas horizontais para desenhar a linha de saída *Q* ao longo de toda a extensão do diagrama. As plataformas representam o teto e o piso do cenário, estando associadas ao valor da saída *Q* nos níveis lógicos 1 e 0, respectivamente. A personagem pode caminhar tanto sobre o piso quanto sob o teto, alternando entre eles a qualquer momento. A Figura 2(b) ilustra o estado intermediário da fase, no qual é possível ver a personagem caminhando sob o teto, enquanto a linha de saída desenhada entre as plataformas indica o caminho percorrido até o ponto atual. Ao chegar ao final da fase, como ilustrado na Figura 2(c), o jogador recebe um *feedback* visual de sua resposta: a linha traçada é colorida em verde nos trechos corretos e em vermelho naqueles em que há erros. Nesse momento, o jogador pode navegar livremente com a câmera pelo cenário, visualizando toda a extensão do diagrama.

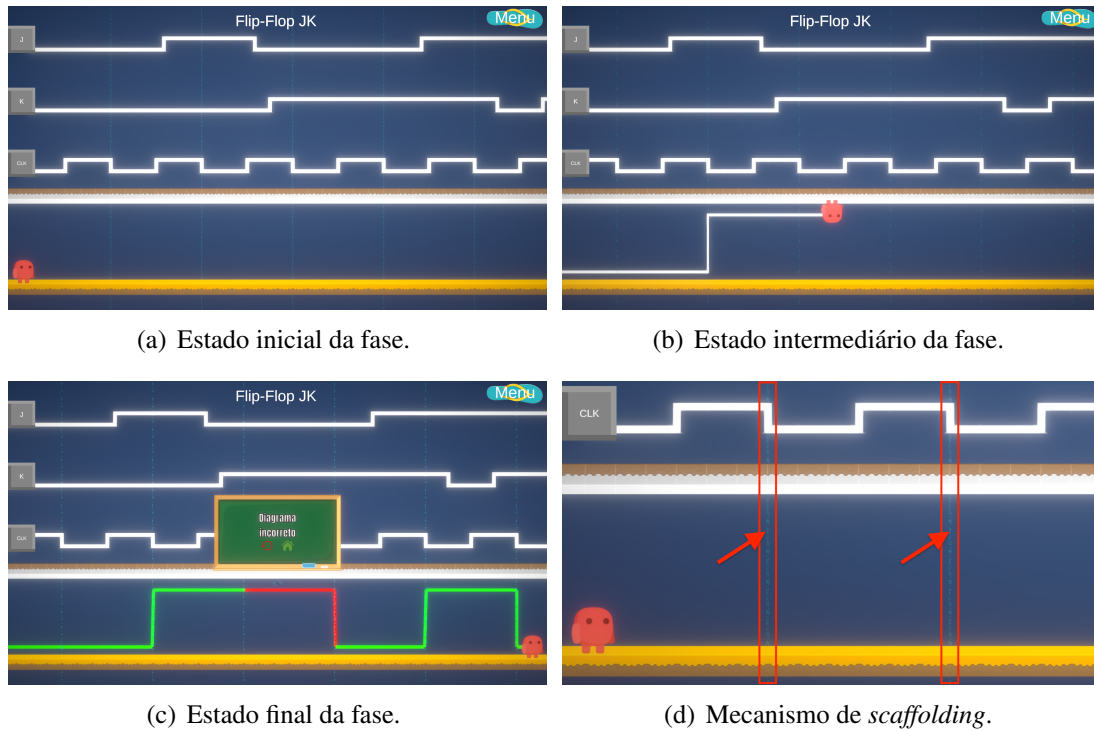


Figura 2. Imagens da primeira fase no protótipo do jogo *Flip n' Flop*.

No *Flip n' Flop*, o deslocamento horizontal da personagem representa o avanço ou retrocesso temporal no diagrama, enquanto a alternância entre as plataformas do piso e do teto representa a inversão do valor armazenado no *flip-flop*, que deve ocorrer nos instantes adequados, de acordo com os sinais de entrada. A Figura 2(d) destaca linhas verticais pontilhadas no cenário, sincronizadas com a transição ativa do *clock*. Essas linhas funcionam como um mecanismo de *scaffolding*², auxiliando o estudante a identificar os instantes de tempo em que os sinais de entrada devem ser analisados, de modo a decidir sobre a eventual mudança do sinal de saída (trocar de plataforma).

A jogabilidade do *Flip n' Flop* incorpora o conteúdo pedagógico de forma intrínseca em suas mecânicas [Habgood 2007], visto que a movimentação da personagem corresponde diretamente à construção da linha de saída do diagrama de tempo. Além disso, o jogo permite a correção da linha durante a execução, possibilitando ao jogador revisar suas decisões antes da validação final. A Tabela 1 relaciona as mecânicas básicas de movimentação da personagem com os objetivos pedagógicos do jogo.

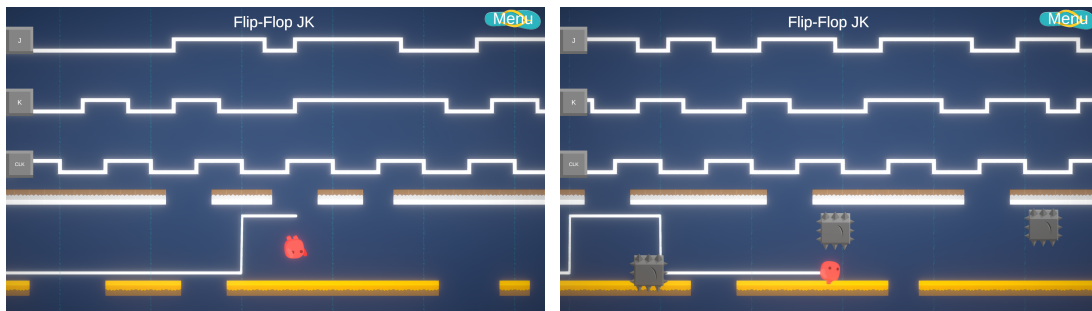
Visando promover diversão e engajamento, os cenários podem incluir obstáculos que impõem desafios lúdicos ao jogador. No protótipo implementado, os obstáculos atualmente disponíveis são buracos nas plataformas e pedras estáticas ou móveis. Para superá-los, o jogador pode utilizar movimentos de pulo (*espaço*) e arrancada/*dash* (*shift*): a Figura 3(a) mostra a personagem saltando sobre um buraco no teto, enquanto a Figura 3(b) ilustra o uso da arrancada para desviar rapidamente de uma pedra se movendo na direção

²Em jogos educacionais, *scaffolding* refere-se ao conjunto de apoios pedagógicos oferecidos ao jogador para facilitar a aprendizagem e a progressão no jogo, sendo gradualmente retirado à medida que o jogador demonstra maior domínio dos conceitos ou habilidades [Cezar et al. 2006, Oren et al. 2021].

Tabela 1. Mecânicas básicas e objetivos pedagógicos envolvidos.

Movimento	Teclas	Comportamento no jogo	Objetivo pedagógico
Andar para a direita	<i>D</i> ou →	A personagem caminha horizontalmente para a direita, desenhando gradualmente a linha da saída do diagrama.	O desenho da linha em uma das plataformas representa o valor lógico da saída do <i>flip-flop</i> à medida que o tempo avança.
Trocar de plataforma	<i>W</i> ou ↑ <i>S</i> ou ↓	A personagem alterna verticalmente entre as plataformas, permitindo caminhar sobre o piso ou sob o teto.	Representa a inversão do valor lógico da saída do <i>flip-flop</i> , que deve acontecer nos momentos adequados, de acordo com os sinais de entrada.
Andar para a esquerda	<i>A</i> ou ←	A personagem caminha horizontalmente para a esquerda, apagando gradualmente a linha desenhada na saída do diagrama.	Permite que o jogador corrija eventuais erros no diagrama antes da validação de sua resposta na conclusão da fase.

da personagem. O pulo e a arrancada não estão listadas na Tabela 1 por serem mecânicas com finalidade lúdica, não pedagógica. Para além do aspecto lúdico, o posicionamento adequado desses obstáculos pode funcionar como mecanismo de *scaffolding*, bloqueando rotas incorretas para guiar o aprendizado em situações específicas.



(a) Personagem pulando um buraco.

(b) Personagem desviando de uma pedra.

Figura 3. Obstáculos no protótipo do jogo *Flip n' Flop*.

O protótipo funcional do jogo foi implementado utilizando a ferramenta *Unity*, com foco na compilação para a Web e distribuição por meio do serviço *Unity Play*. Essa abordagem permite a execução direta do jogo em navegadores, sem necessidade de instalação de software adicional, o que facilita o acesso pelos estudantes e sua utilização em diferentes ambientes educacionais. O protótipo apresenta cenários de composição visual simplificada e faz uso de recursos gráficos gratuitos, sem a inclusão de efeitos sonoros, embora conte com trilha musical autoral. O código-fonte do projeto encontra-se disponível em um repositório no GitHub³, sob licença de software livre.

A implementação deste protótipo adota uma configuração de fases orientada a dados, definindo cada cenário em um arquivo *JavaScript Object Notation* (JSON). Em tempo de execução, o sistema interpreta esses arquivos, constrói o diagrama de tempo

³O código-fonte do jogo está disponível em <https://github.com/flip-n-flop/game>.

correspondente e avalia a resposta do jogador. Essa estratégia permite criar fases sem alterar o código-fonte, facilitando a definição de cenários pedagógicos pelos educadores.

O protótipo disponibiliza um conjunto de seis fases baseadas no *flip-flop J-K* síncrono, organizadas segundo uma progressão gradual de dificuldade. A fase 1 é voltada à familiarização com as mecânicas básicas de movimentação e suas relações com o funcionamento do *flip-flop J-K*. As fases 2 e 3 introduzem os obstáculos, com o objetivo de aumentar o engajamento do jogador. As demais fases combinam variações dos obstáculos e das operações dos *flip-flop* em cenários progressivamente mais longos e desafiadores.

4. Avaliação preliminar

4.1. Metodologia

Para a avaliação do protótipo do *Flip n' Flop*, adotou-se o modelo *MEEGA+* [Petri et al. 2019], já consolidado na literatura de Educação em Computação como um método sistemático e confiável [Wangenheim et al. 2025]. O *MEEGA+* avalia a qualidade de jogos educacionais com base em dois fatores: usabilidade e experiência do jogador. O questionário inicia-se com perguntas demográficas, seguidas por 35 itens pré-definidos e dois itens relacionados à aprendizagem percebida com o *Flip n' Flop*. As respostas são registradas em escala *Likert* de cinco pontos, entre “discordo fortemente” e “concordo fortemente”. Por fim, o instrumento apresenta três questões abertas, nas quais os participantes indicam aspectos positivos, sugestões de melhoria e comentários adicionais.

A avaliação foi conduzida com o público-alvo de estudantes de graduação matriculados na disciplina de Circuitos Lógicos, planejada para acontecer após as aulas que abordam diagramas de tempo de *flip-flops*, ainda antes da realização da avaliação correspondente. Essa decisão está alinhada com os objetivos do jogo, de servir como ferramenta de apoio à prática da construção de diagramas de tempo para quem já tem conhecimento prévio sobre o assunto. Durante a aula em que ocorreu a avaliação, os estudantes foram brevemente apresentados ao jogo e puderam jogar livremente por cerca de 30 minutos. Ao final, todos foram convidados a responder ao questionário *MEEGA+*. Dos 23 estudantes presentes, 19 responderam ao formulário. Em relação ao perfil dos respondentes, 63% se identificaram como do gênero masculino e 26% como do feminino. Aproximadamente 74% deles têm entre 18 e 20 anos de idade, e 68% indicaram jogar jogos digitais diariamente ou semanalmente.

4.2. Resultados

A Figura 4 apresenta a distribuição das respostas em escala *Likert* para os itens do questionário *MEEGA+*, com base nos dados coletados dos participantes. Os resultados são analisados sob os fatores de qualidade usabilidade e experiência do jogador, seguidos de um resumo das questões abertas.

O primeiro fator de qualidade analisado é a **usabilidade**, organizada nas seguintes dimensões: estética (itens 1 e 2), aprendibilidade (itens 3 a 5), operabilidade (itens 6 e 7), acessibilidade (itens 8 a 10) e proteção contra erros do usuário (itens 11 e 12). O jogo obteve avaliações positivas nas dimensões de *estética*, *aprendibilidade* e *operabilidade*, com $\approx 79\%$ ou mais das respostas indicando concordância em algum nível para todos os itens dessas dimensões. Na dimensão de *acessibilidade*, $\approx 89\%$ ou mais concordaram em algum nível que o tamanho e estilo das fontes são de fácil leitura e que as cores utilizadas

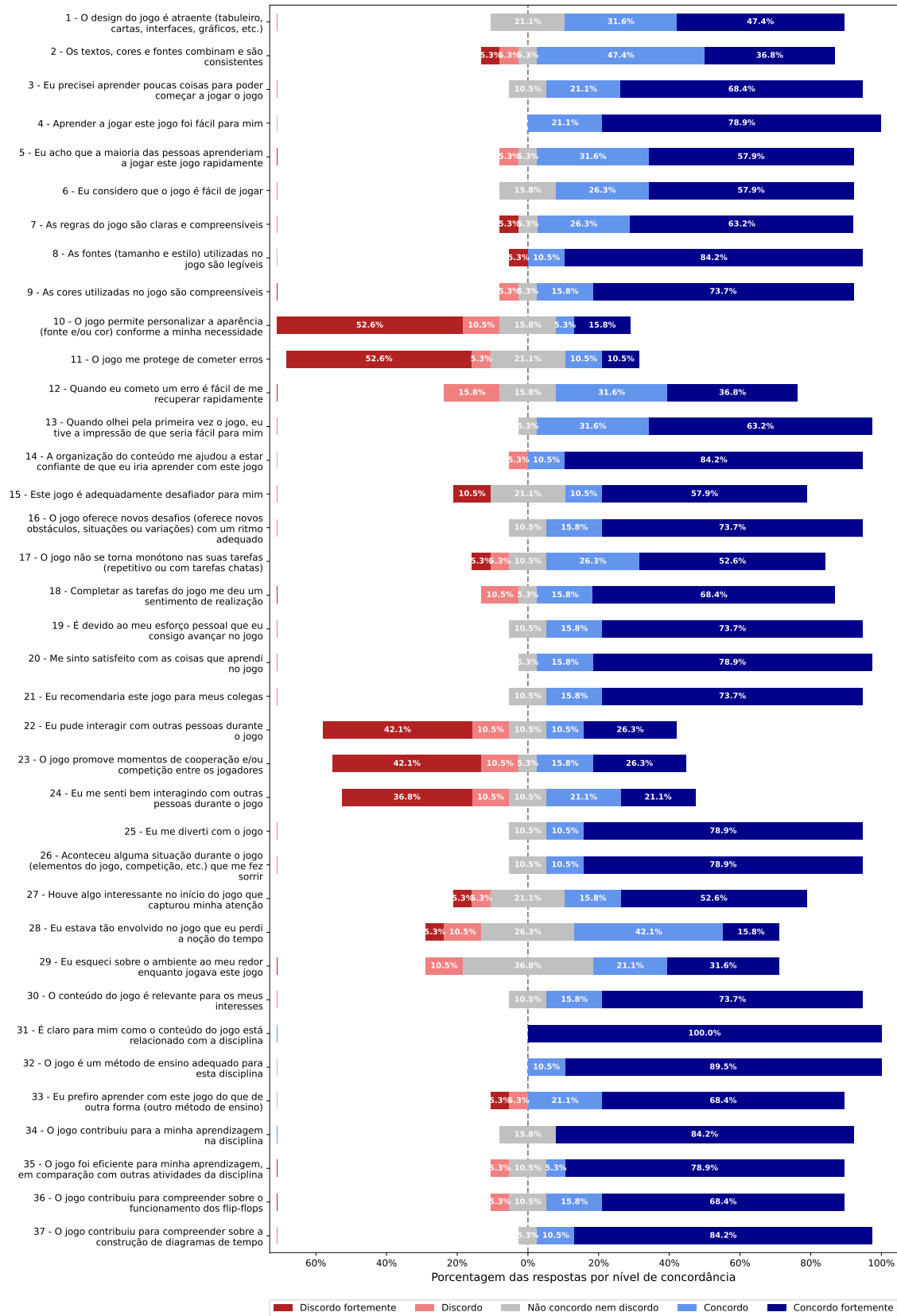


Figura 4. Distribuição das respostas para os itens do questionário MEEGA+.

são compreensíveis. Por outro lado, $\approx 63\%$ dos participantes discordaram que o jogo permite a personalização de aparência conforme suas necessidade. Por fim, em relação à *proteção contra erros do usuário*, $\approx 53\%$ dos participantes discordaram fortemente que o jogo os protege de cometer erros, enquanto $\approx 68\%$ concordaram em algum nível que é fácil se recuperar rapidamente de um erro.

O segundo fator de qualidade analisado é a **experiência do jogador**, organizado nas seguintes dimensões: confiança (itens 13 e 14), desafio (itens 15 a 17), satisfação (itens 18 a 21), interação social (itens 22 a 24), diversão (itens 25 e 26), atenção focada (itens 27 a 29), relevância (itens 30 a 33) e aprendizagem percebida (itens 34 a 37). O jogo obteve avaliações amplamente positivas nas dimensões de *confiança*, *satisfação*, *diversão* e *relevância*, com $\approx 84\%$ ou mais das respostas indicando concordância em algum nível para todos os itens dessas dimensões. Na dimensão de *relevância*, destaca-se que 100% dos participantes concordaram que o conteúdo está claramente relacionado à disciplina e que o jogo constitui um método de ensino adequado. Nas dimensões de *desafio* e *atenção focada*, os resultados foram majoritariamente positivos, porém com algumas discordâncias: embora muitas respostas indiquem que o jogo oferece desafios em ritmo adequado e que algo capturou a atenção dos participantes logo no início, houve respostas discordando fortemente quanto ao envolvimento e à perda da “noção do tempo”. A dimensão de *interação social* apresentou resultados negativos, com $\approx 47\%$ ou mais das respostas indicando discordância em algum nível para todos os itens dessa dimensão. Por fim, a dimensão de *aprendizagem percebida* foi avaliada positivamente: $\approx 84\%$ dos participantes concordaram em algum nível que o jogo contribuiu para a compreensão do funcionamento dos *flip-flops*, e $\approx 95\%$ concordaram que ele auxiliou na compreensão da construção de diagramas de tempo.

As **questões abertas** ao final do questionário forneceram uma visão geral da satisfação e das sugestões de melhoria para o jogo. Os participantes destacaram a relevância do conteúdo para a disciplina, a aprendizagem percebida, o visual atraente, a jogabilidade envolvente e a progressão gradual da dificuldade. Apontaram também a necessidade de refinamentos técnicos de jogabilidade, melhorias gerais na arte do jogo, bem como a inclusão de novos elementos ao jogo, como outros tipos de obstáculos, suporte a outros *flip-flops* e um sistema de pontuação.

4.3. Discussão

Os resultados obtidos indicam que o protótipo do *Flip n' Flop* foi bem recebido pelos estudantes, atendendo aos objetivos pedagógicos. De modo geral, o jogo obteve avaliações positivas em usabilidade e experiência do jogador, com limitações pontuais que apontam direções claras para melhorias futuras.

Em estética e acessibilidade, as escolhas visuais foram consideradas adequadas em legibilidade e compreensão, embora a ausência de mecanismos de personalização tenha limitado a acessibilidade para diferentes perfis de usuários, especialmente no caso de pessoas com deficiência. Ainda que o protótipo não possua tutoriais implementados e as regras tenham sido apresentadas oralmente, os estudantes consideraram o jogo fácil de aprender e de jogar, reforçando a simplicidade das mecânicas. Quanto à proteção contra erros, a ausência de *feedback* em tempo real foi percebida negativamente na prevenção, embora a possibilidade de apagar e redesenhar o diagrama durante a fase tenha favorecido

a recuperação — o que aponta para a importância de investigar estratégias de *feedback* em tempo real que não comprometam o caráter desafiador da atividade.

No que se refere ao desafio, a progressão gradual de dificuldade das fases resultou em percepção positiva quanto ao ritmo, e a possibilidade de criar e customizar novas fases permite ajustar o nível de dificuldade conforme o público-alvo. Os dados de atenção focada sugerem imersão moderada, com o jogo capturando a atenção dos estudantes sem isolá-los completamente do ambiente. Ainda assim, os resultados de diversão confirmam que o papel lúdico foi cumprido, aspecto particularmente relevante por sua relação direta com engajamento e motivação. Por se tratar de um jogo com mecânicas predominantemente individuais, não há elementos de interação social dentro do jogo, o que justificam as respostas negativas nestes itens; entretanto, respostas positivas nesse sentido provavelmente decorrem de interações informais entre os estudantes durante a avaliação. A relevância do jogo para a disciplina foi o ponto mais forte da avaliação: a percepção unânime de alinhamento entre o conteúdo do jogo e os objetivos da disciplina reforça sua adequação pedagógica. Por fim, a avaliação indicou boa aceitação quanto à aprendizagem percebida. No entanto, questionários de experiência capturam a percepção dos estudantes, mas não quantificam a aprendizagem em si: a boa aceitação não constitui, por si só, evidência de que os objetivos pedagógicos foram alcançados [Shute e Ventura 2013].

5. Conclusão

Este trabalho apresentou o *Flip n' Flop*, um jogo educacional digital voltado a auxiliar estudantes de Circuitos Lógicos na prática da interpretação e da construção de diagramas de tempo de *flip-flops*. O jogo, classificado como plataforma 2D, foi concebido com mecânicas simplificadas em que a movimentação da personagem está diretamente associada à construção do sinal de saída, promovendo uma integração intrínseca entre jogabilidade e objetivos pedagógicos. Elementos como obstáculos nos cenários contribuem para o engajamento e também atuam como mecanismos de *scaffolding*, apoiando a aprendizagem e a progressão do jogador. Dessa forma, busca-se não apenas reforçar os conceitos teóricos, mas também oferecer um ambiente interativo para a consolidação do aprendizado.

Um protótipo funcional foi implementado e disponibilizado publicamente na Web, com seis fases restritas ao *flip-flop J-K* síncrono. A avaliação preliminar foi realizada com o público-alvo de estudantes de graduação por meio do modelo *MEEGA+*. Os resultados indicam boa aceitação, com destaques positivos para as dimensões de aprendibilidade, operabilidade, confiança, satisfação, diversão, relevância e aprendizagem percebida. Por outro lado, foram identificadas limitações e oportunidades de aprimoramento relacionadas à personalização e acessibilidade, ao *feedback* em tempo real, à introdução de novos desafios e a aspectos técnicos do protótipo.

Como trabalhos futuros, pretende-se evoluir o protótipo com a ampliação do escopo de conteúdo, incluindo suporte a outros tipos de *flip-flops* e operações assíncronas. Também está prevista a implementação de mecanismos para *upload* e edição dos arquivos de configuração das fases, ampliando as possibilidades de uso do jogo. Além disso, pretende-se incorporar elementos de pontuação e pressão temporal, bem como desenvolver recursos áudio-visuais autorais para substituir os ativos provisórios, criando uma identidade visual e sonora própria do jogo. Por fim, busca-se avançar em personalização e acessibilidade, para tornar o jogo mais inclusivo e adaptável a diferentes usuários.

Referências

- Andrade, P. H. M. O. e Sarinho, V. T. (2023). Plug'n Pass: Um jogo lúdico sobre circuitos lógicos. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 1072–1077, Rio Grande, RS, Brasil. SBC.
- Battistella, P. E. e von Wangenheim, C. G. (2016). Games for teaching computing in higher education — a systematic review. *IEEE Technology and Engineering Education*, 1(9):8–30.
- Cezar, E. S., Santos, N., e Prates, R. O. (2006). O uso de scaffolds no projeto de software educacional. *Cadernos do IME - Série Informática*, 22:26–32.
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., e Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & education*, 59(2):661–686.
- Da Silva, R. B. e de Assis Pires, L. L. (2020). Metodologias ativas de aprendizagem: construção do conhecimento. In *Anais do VII Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*, Fortaleza, CE, Brasil.
- Diesel, A., Baldez, A. L. S., e Martins, S. N. (2017). Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, 14(1):268–288.
- Dôndici, F., Ramos, J. V. F., Crawford, P. M., Valle, P. H. D., de Oliveira, A. M., e Chaves, L. J. (2025). Um mapeamento sistemático da literatura sobre jogos educacionais digitais para o ensino de circuitos lógicos. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP)*, pages 240–254, Juiz de Fora, MG, Brasil. SBC.
- Habgood, M. P. J. (2007). *The effective integration of digital games and learning content*. PhD thesis, University of Nottingham, Nottingham, UK.
- Heintz, S. (2016). *Digital Educational Games: Methodologies for Evaluating the Impact of Game Type*. PhD thesis, University of Leicester, Leicester, UK.
- Lima, F., Campano Junior, M., e Aylon, L. (2023). Logicalizando feat Flip & Flop: um graphic novel para ensino de circuitos digitais. In *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 826–837, Rio Grande, RS, Brasil. SBC.
- Moreno-Ger, P., Burgos, D., Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., e Fernández-Manjón, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior*, 24(6):2530–2540.
- Murti, H. A. S., Hastjarjo, T. D., e Ferdiana, R. (2019). Platform and genre identification for designing serious games. In *Proceedings of the International Conference on Science and Technology (ICONST)*, pages 1–6, Yogyakarta, Indonesia. IEEE.
- Oren, M., Pedersen, S., e Butler-Purpy, K. L. (2021). Teaching digital circuit design with a 3-D video game: The impact of using in-game tools on students' performance. *IEEE Transactions on Education*, 64(1):24–31.
- Petri, G., von Wangenheim, C. G., e Borgatto, A. (2019). MEEGA+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(3):52–81.

- Santos, A. L. d., Souza, M. R., Dayrell, M., e Figueiredo, E. (2018). A systematic mapping study on game elements and serious games for learning programming. In *Proceedings of the International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)*, pages 328–356, Funchal, Portugal. Springer.
- Shute, V. J. e Ventura, M. (2013). *Stealth Assessment: Measuring and Supporting Learning in Video Games*. The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation Reports on Digital Media and Learning. MIT Press, Cambridge, MA.
- Tocci, R. J., Widmer, N. S., e Moss, G. L. (2018). *Sistemas digitais: princípios e aplicações*. Pearson, São Paulo, SP, Brasil, 12ª edition.
- Troyer, O. D., Lindberg, R., e Sajjadi, P. (2019). TrueBiters, an educational game to practice the truth tables of propositional logic: Development, evaluation, and lessons learned. *Smart Learning Environments*, 6:1–17.
- Wangenheim, C. G. v., Petri, G., e Borgatto, A. F. (2025). Using MEEGA/MEEGA+ for the evaluation of educational games: A retrospective. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 33:943–971.
- Wikipedia Contributors (2025). Platformer — Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Platformer>. Último acesso em: 27 abr. 2026.
- Wouters, P., Nimwegen, C., Oostendorp, H., e Spek, E. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105:249–265.
- Zorzo, A. F., Nunes, D., Matos, E. S., Steinmacher, I., Leite, J. C., Araujo, R., Correia, R. C. M., e Martins, S. (2017). *Referenciais de Formação para os Cursos de Graduação em Computação*. SBC, Porto Alegre. Sociedade Brasileira de Computação.