

LogicalEscape: Um Jogo Digital de Quebra-Cabeça 3D para o Ensino de Circuitos Digitais

LogicalEscape: A 3D Digital Puzzle Game for Teaching Digital Circuits

Anderson da Luz Correia¹, Victor Travassos Sarinho¹

¹Laboratório de Entretenimento Digital Aplicado (LEnDA)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Feira de Santana, BA - Brasil

anderson-strife@outlook.com, vsarinho@uefs.br

Abstract. *Introduction:* Logic gates are fundamental elements in the study of digital circuits, although students often struggle to assimilate these concepts in an abstract way. *Objective:* This work presents LogicalEscape, a digital game that transforms digital circuits into interactive challenges, where the player uses logic gates as puzzle pieces to solve the proposed problems. *Methodology or Stages:* Developed in Unreal Engine 4, the game features progressively organized levels, starting with basic concepts and gradually introducing AND, OR, and NOT gates in puzzles of increasing difficulty, allowing players to learn the logic behind the circuits through practice. *Results:* It is expected that LogicalEscape will contribute to the teaching of digital circuits by making the learning process more accessible and dynamic. Future work includes testing with students and expanding the game's content to cover new gates and concepts.

Keywords Digital games, Education, Digital circuits, Logic gates, Puzzles.

Resumo. *Introdução:* Portas lógicas são elementos fundamentais no estudo de circuitos digitais, apesar das dificuldades dos estudantes em assimilar esses conceitos de forma abstrata. *Objetivo:* Este trabalho apresenta o LogicalEscape, um jogo digital que transforma circuitos digitais em desafios interativos, nos quais o jogador utiliza portas lógicas como peças de um quebra-cabeça para solucionar problemas propostos. *Metodologia ou Etapas:* Desenvolvido na Unreal Engine 4, o jogo apresenta fases organizadas de forma progressiva, iniciando com conceitos básicos e introduzindo gradualmente portas AND, OR e NOT em puzzles 3D de diferentes níveis de dificuldade, permitindo que o jogador aprenda na prática a lógica por trás dos circuitos. *Resultados:* Espera-se que o LogicalEscape contribua para o ensino de circuitos digitais, tornando o aprendizado mais acessível e dinâmico. Como próximos passos, estão previstos testes com estudantes e possíveis expansões de conteúdo para contemplar novas portas e conceitos.

Palavras-Chave Jogos digitais, Ensino, Circuitos digitais, Portas lógicas, Quebra-cabeças.

1. Introdução

No contexto educacional, os jogos digitais vêm se destacando como importantes aliados no processo de ensino e aprendizagem, favorecendo a aquisição de conhecimentos e

o desenvolvimento de habilidades essenciais. Eles estimulam capacidades cognitivas como resolução de problemas, tomada de decisão, reconhecimento de padrões, processamento de informações, criatividade e pensamento crítico. Além disso, promovem a aprendizagem por descoberta, oferecendo um ambiente seguro de uso e fornecendo feedback imediato sobre as ações realizadas pelo jogador [Savi e Ulbricht 2008].

No ensino de circuitos digitais — fundamental para a formação de profissionais em áreas como engenharia elétrica e computação —, persistem desafios relacionados à abstração e complexidade dos conceitos. Esse campo envolve a manipulação de sinais binários e a compreensão do funcionamento e aplicação das portas lógicas em sistemas digitais mais complexos. Diante disso, o uso de ferramentas didáticas, como jogos digitais, pode tornar o aprendizado mais acessível e intuitivo, facilitando a assimilação dos conteúdos pelos estudantes [Ronald J. Tocci 2011].

Nesse contexto, este trabalho apresenta o *LogicalEscape*, um jogo digital que transforma circuitos digitais em desafios interativos, onde portas lógicas assumem o papel de peças de um quebra-cabeça 3D, permitindo ao jogador solucionar os problemas propostos e, simultaneamente, aprender de forma prática os conceitos relacionados.

2. Trabalhos Relacionados

No projeto “Não Queima Meu LED!” [Matos e Sarinho 2023], foi desenvolvido um jogo em realidade virtual voltado para o ensino de circuitos digitais. Nele, os jogadores montam circuitos elétricos que abordam conteúdos específicos da eletrônica, interagindo diretamente com componentes eletrônicos em um ambiente 3D. Essa abordagem proporciona uma experiência prática de montagem e operação de circuitos, permitindo aos jogadores compreender seu funcionamento para avançar pelas fases.

De forma distinta, o trabalho “*Plug'n Pass*” [Andrade e Sarinho 2023] propôs um jogo sério em estilo *pixel art*, que permite aos jogadores praticarem conceitos básicos de circuitos digitais. Adotando o formato de jogo de plataforma, a proposta inclui elementos clássicos como Vida, Pontuação e Limite de Tempo. Em cada fase, os jogadores coletam portas lógicas e as utilizam para resolver circuitos apresentados no ambiente de jogo. A progressão depende da correta compreensão do funcionamento dessas portas, sendo oferecido um cenário tutorial para auxiliar jogadores iniciantes.

Além disso, o estudo de [Santini et al. 2023] realizou um mapeamento sistemático de jogos publicados nos últimos 10 anos voltados para o ensino de circuitos digitais. Foram identificados 13 jogos, sendo que o conceito mais abordado foi o de Portas Lógicas, seguido pelo uso de números binários e suas conversões. Em relação aos gêneros, foram encontrados jogos de Plataforma, *Arcade*, *Card Game*, *Point and Click*, Musicais, Estratégia, entre outros. Essa diversidade evidencia as múltiplas possibilidades para explorar conteúdos de circuitos digitais de maneira lúdica e acessível.

Comparativamente, o jogo LogicalEscape incorpora características presentes nos trabalhos de [Matos e Sarinho 2023] e [Andrade e Sarinho 2023], ao abordar a montagem de circuitos digitais com foco na compreensão e aplicação das portas lógicas. Assim como nos projetos anteriores, as fases de LogicalEscape apresentam dificuldade progressiva, introduzindo novas portas e exigindo combinações mais complexas para a solução dos desafios propostos. Entretanto, conforme evidenciado no mapeamento de

[Santini et al. 2023], embora o tema de portas lógicas seja recorrente, não foi identificado nenhum jogo no formato de quebra-cabeça 3D em primeira pessoa, o que destaca o LogicalEscape pela proposta diferenciada dentro desse contexto.

3. Jogo Proposto

LogicalEscape é um jogo do gênero *puzzle* que propõe desafios baseados na montagem de circuitos digitais utilizando portas lógicas em um ambiente 3D (Figura 1). A proposta consiste em transformar conceitos abstratos de lógica digital em experiências interativas e desafiadoras para jogadores que não estão familiarizados com esses conteúdos. O cenário do jogo é composto por salas das quais o jogador precisa escapar. Para isso, deve energizar a porta de saída de cada ambiente, completando corretamente o circuito digital proposto.



Figura 1. Menu inicial do jogo proposto. Fonte: Próprio Autor

Cada porta é ativada por meio de trilhas condutoras que formam o circuito digital, sendo possível conectar essas trilhas em pontos específicos utilizando portas lógicas disponíveis na sala. A Figura 2 exemplifica os possíveis circuitos e como eles são apresentados no jogo: dispostos nas paredes de cada sala, com espaços específicos a serem preenchidos pelos blocos que representam as portas lógicas correspondentes.



Figura 2. Inventário de componentes que o jogador pode usar, junto com um trecho de um circuito incompleto, o qual está sendo completado por um componente que representa a porta AND no jogo. Fonte: Próprio Autor

Formalmente, a mecânica baseia-se na coleta e posicionamento de blocos lógicos em pontos específicos do circuito. O jogador seleciona blocos do ambiente e os posiciona em espaços designados, seguindo as regras da lógica digital para ativar a porta de saída. O jogador recebe o feedback a partir das trilhas que brilham em azul quando estão ativas, e existe um aviso sonoro caso a porta da sala seja liberada. Caso a lógica esteja incorreta, o circuito permanece inativo, forçando o jogador a revisar sua solução.

As fases iniciais foram projetadas para apresentar as mecânicas básicas de forma gradual. Para isso, o protótipo inicial do jogo incluiu diferentes blocos modulares, permitindo ao jogador testar interações simples, como blocos de trilha, blocos

representativos das portas lógicas e blocos destinados ao encaixe dessas portas. Na fase seguinte, as trilhas não estão conectadas, e o jogador deve coletar e posicionar os blocos corretamente antes de ativar a trilha. A partir daí, os desafios exigem que o jogador organize os blocos e as trilhas disponíveis, aprendendo de forma intuitiva a montar os circuitos e estabelecer as conexões corretas. Após os quebra-cabeças introdutórios, são introduzidas ao jogador as portas lógicas NOT, AND e OR como colecionáveis.

A Figura 3 ilustra uma das fases utilizando AND e NOT, e na imagem seguinte a solução desse quebra-cabeça. Posteriormente, é apresentada ao jogador a porta OR com o primeiro quebra-cabeça utilizando apenas uma porta. No quebra-cabeça seguinte (Figura 4), para garantir que o jogador tenha entendido o funcionamento da porta OR, o mesmo é composto em sua maioria por portas desse tipo. Há cinco pontos onde o jogador pode ligar trilhas, e, ao observar como fica o circuito quando cada trilha é ligada, o comportamento das portas lógicas fica claro.

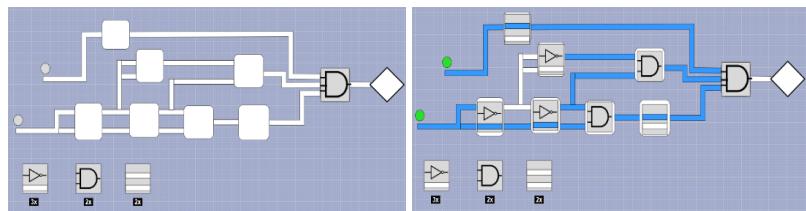


Figura 3. Rascunho de um quebra-cabeça e sua solução. Fonte: Próprio Autor

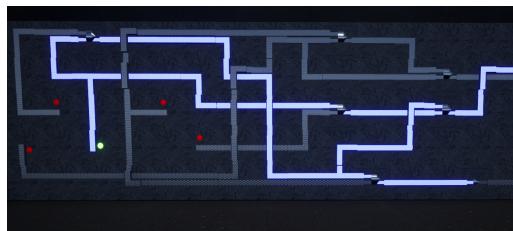


Figura 4. Sala com um quebra-cabeça focado na porta OR. Fonte: Próprio Autor

Como um jogo de quebra-cabeça 3D em primeira pessoa, o LogicalEscape permite que o jogador se move livremente pelo mapa. A Figura 5 mostra uma visão aérea parcial do ambiente, destacando o ponto inicial de partida. A partir da terceira sala, o espaço se amplia, oferecendo diferentes rotas que podem ser liberadas ao ativar ou desativar trilhas do circuito. Cada caminho apresenta desafios próprios, permitindo ao jogador testar alternativas, escolher sua rota preferida e recuar quando necessário. Para avançar, é preciso resolver o quebra-cabeça de cada sala, abrindo a porta que dá acesso à próxima área. As interações com os circuitos são simples e intuitivas, onde ao se aproximar de um elemento interativo, como um espaço vazio para uma porta lógica, o jogador pode adicionar ou remover componentes, conforme ilustrado na Figura 5.

A opção por utilizar um ambiente 3D no LogicalEscape está ligada ao desejo de tornar a experiência mais envolvente. Embora os circuitos possam ser representados em 2D, o uso do 3D amplia o escopo do projeto, permitindo a criação de salas com diferentes perspectivas, rotas alternativas e elementos espaciais que enriquecem a jogabilidade. Além disso, o ambiente tridimensional contribui com o aspecto lúdico, tornando o aprendizado mais atrativo e estimulante.



Figura 5. Visão aérea parcial do mapa do jogo, e exibição de trilhas específicas de circuitos a serem acessados pelos jogadores. Fonte: Próprio Autor

4. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do LogicalEscape, um jogo digital no estilo puzzle voltado para o ensino de circuitos digitais, utilizando portas lógicas como elementos centrais das mecânicas de jogo. O protótipo inicial foi desenvolvido com êxito, contendo salas que introduzem gradualmente os conceitos de lógica digital, permitindo que os jogadores aprendam e apliquem conhecimentos de maneira interativa e contextualizada. A proposta busca aliar entretenimento e aprendizado, promovendo a assimilação de conceitos fundamentais por meio da resolução de desafios lúdicos.

Durante o processo de concepção do jogo, observou-se a importância de definir claramente o público-alvo e as recomendações de uso pedagógico. Assim, o LogicalEscape foi pensado, inicialmente, para estudantes de cursos técnicos e de graduação em Computação e Engenharia, mas também apresenta potencial de adaptação para o Ensino Médio, considerando as novas diretrizes da BNCC para o ensino de Computação. Para garantir seu uso efetivo em sala de aula, recomenda-se que o jogo seja precedido por aulas teóricas introdutórias sobre lógica digital, de modo a preparar os alunos para os desafios apresentados.

Além disso, identificou-se a necessidade de apoiar os professores com orientações claras sobre como integrar o jogo em seu planejamento pedagógico. Neste sentido, sugere-se a utilização do LogicalEscape como atividade prática de fixação ou avaliação diagnóstica, podendo ser complementado por versões desplugadas dos desafios, em que os conceitos do jogo sejam replicados com materiais físicos. Essa abordagem híbrida pode ampliar o alcance do jogo e contribuir para uma aprendizagem mais significativa.

Para o futuro, pretende-se realizar uma validação com professores de diferentes níveis de ensino e áreas, visando compreender o contexto de aplicação do jogo, mapear as dificuldades encontradas e coletar sugestões de melhorias. Paralelamente, busca-se desenvolver formas de mensuração da aprendizagem promovida pelo jogo, utilizando avaliações antes e depois das sessões de jogo e indicadores internos de desempenho. Essa avaliação pedagógica será essencial para garantir que o LogicalEscape não seja apenas uma ferramenta instrumental, mas um recurso capaz de gerar aprendizado efetivo e verificável. Por fim, planeja-se expandir o jogo, incorporando desafios com maior complexidade e novos elementos de circuitos digitais, como *flip-flops*, contadores e circuitos integrados. Essa ampliação permitirá cobrir conteúdos mais avançados, mantendo a experiência envolvente e desafiadora para diferentes níveis de conhecimento.

Referências

- Andrade, P. e Sarinho, V. (2023). Plug'n pass: Um jogo lúdico sobre circuitos lógicos. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1072–1077, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Matos, O. C. e Sarinho, V. (2023). “não queima meu led!” - um jogo de realidade virtual para o ensino de circuitos digitais. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1066–1071, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Ronald J. Tocci, Neal S. Widmer, G. L. M. (2011). *Sistemas digitais : princípios e aplicações*. Pearson, 11rd edition.
- Santini, L. F., Santini, A. L., Junior, M. C., Track, M., Assumpção, M., e Aylon, L. (2023). Jogos educativos no ensino de circuitos digitais: Um mapeamento sistemático. *Anais Estendidos do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 814–825.
- Savi, R. e Ulbricht, V. R. (2008). Jogos digitais educacionais: Benefícios e desafios. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 6(1).