

## Odisseia 2D: Explorando Caminhos Lógicos

Kathe Beserra<sup>1</sup>, Henrique Kessler<sup>2</sup>, Leomar Soares da Rosa Junior<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Desenvolvimento Tecnológico – CDTEC

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Computação – PPGC

Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – Pelotas, RS – Brazil

{kathe.isabelle, hckessler, leomarjr}@inf.ufpel.edu.br

**Abstract.** *Digital circuits are a comprehensive topic, with direct or ancillary application in various fields of knowledge. The extensive use of digital circuits is driven by technological advancements, making this area fundamental for numerous applications. However, in the academic context, the discipline of digital circuits offered in various universities for computer science and engineering courses is often met with disinterest or significant difficulty by students. Inspired by this scenario, this work presents the development of a game titled “Odisseia 2D: Explorando Caminhos Lógicos”, created on the Unity platform and aimed at students in computer science and engineering. Its goal is to blend the immersion of a real game with fidelity to the theoretical foundation of digital circuits.*

**Keywords:** *Educational Games; 2D Games; Digital Circuits*

**Resumo.** *Os circuitos digitais são um tema abrangente, com aplicação direta ou auxiliar em diversas áreas do conhecimento, a extensa utilização de circuitos digitais é impulsionada pelo avanço das tecnologias, tornando essa área fundamental para inúmeras aplicações. Entretanto, no contexto acadêmico a disciplina de circuitos digitais ofertada em diversas universidades para os cursos de ciência e de engenharia de computação é frequentemente recebida com desinteresse ou grande dificuldade pelos discentes. Inspirado por esse cenário, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo intitulado “Odisseia 2D: Explorando Caminhos Lógicos”, desenvolvido na plataforma Unity e destinado aos discentes de ciência e engenharia da computação, tem como objetivo unir a imersão de um jogo real com a fidelidade à fundamentação teórica dos circuitos digitais.*

**Palavras-chave:** *Jogos Educacionais; Jogos 2D; Circuitos Digitais*

### 1. Introdução

Os circuitos digitais são onipresentes no cotidiano moderno, causando um impacto significativo na sociedade. Eles são aplicados diretamente ou auxiliam inúmeras áreas do conhecimento, incluindo computadores pessoais, dispositivos de GPS, equipamentos de computação e sistemas automotivos, entre outros. No contexto do ensino de circuitos digitais, o aprendizado na área de Computação pode ser desafiador quando os elementos dos circuitos são apresentados apenas como diagramas e tabelas verdade, que é a abordagem típica utilizada em livros físicos e digitais (e-books). [Haase 2022].

A disciplina de Circuitos Digitais, oferecida em diversas universidades para cursos de Ciência e Engenharia da Computação, frequentemente é recebida com desinteresse ou

grande dificuldade pelos estudantes [Carvalho and Nakamura 2013]. Essa reação pode ser atribuída à necessidade de conhecimentos específicos, pouco intuitivos e complexos relacionados ao tema. No entanto, através da interação, é possível engajar os alunos de maneira lúdica, conforme explicado por [Santos et al. 2007], iniciando o processo de transformação da dificuldade em busca pelo conhecimento.

O uso de tecnologia como ferramenta auxiliar nas tarefas didáticas tem sido um grande aliado no ensino [Hecktheuer 2013]. A vantagem de utilizar esses recursos é que eles cativam e facilitam o aprendizado, tornando o processo educativo mais eficaz e interessante para os estudantes

Um exemplo que une tecnologia com abordagens alternativas é a ferramenta LogicFlow [Jurgina et al. 2020], que busca engajar e transformar a visão do aprendizado. Com uma interface de usuário simples, seu intuito é permitir a utilização de portas lógicas e conexões para construir e simular circuitos digitais, além de possibilitar o desenvolvimento de projetos hierárquicos. No entanto, mesmo que essas ferramentas apresentem uma forma alternativa e cativante de ensino, elas ainda não alcançam o nível de envolvimento e apelo que os jogos oferecem.

Ao invés de as instituições de ensino fecharem as portas para os jogos, há um crescente interesse entre pesquisadores e professores em descobrir como os jogos digitais podem ser usados como recursos de apoio à aprendizagem e quais são seus benefícios [Kirriemuir and Mcfarlane 2004]. Os jogos digitais podem ser definidos como ambientes atraentes e interativos que capturam a atenção dos jogadores, oferecendo desafios que exigem níveis crescentes de destreza e habilidades.

Nesse sentido, quando preparados para o contexto educacional, os jogos digitais podem receber diferentes nomenclaturas, como jogos educacionais ou educativos, jogos de aprendizagem, ou jogos sérios (serious games). Os jogos sérios têm sido aplicados em experimentos de simulação de circuitos digitais, criando ambientes virtuais de experimentação que oferecem uma rica experiência sensorial e uma boa interação, abordando os problemas de baixa interatividade e pouca imersão observados em softwares de experimentação de circuitos digitais existentes [Zhu and Wu 2023].

Os jogos sérios são capazes de aumentar a motivação para entender os tópicos abordados, além de incentivar diversas habilidades cognitivas [Savi and Ulbricht 2008]. Durante a utilização de um jogo sério, diversos aspectos significativos são trabalhados pelos jogadores, tais como concentração, pensamento lógico, atenção focada, cognição e motivação movida pela recompensa ao concluir um estágio ou nível [Paraskeva et al. 2010].

Há também adaptações de jogos que, inicialmente, não possuíam um objetivo educacional. Um exemplo disso é o MinecraftEdu [TeacherGaming 2014], uma modificação projetada para facilitar o ensino em diversas áreas do conhecimento, desde humanidades (como história e geografia) até computação, utilizando o jogo Minecraft.

Inspirado por esse cenário e utilizando a ferramenta Unity, que permite criar jogos para diversas plataformas, surgiu o jogo intitulado “Odisseia 2D: Explorando Caminhos Lógicos”, visando aplicar ideias cativantes para os alunos dos cursos de Ciência e Engenharia da Computação. O jogo eletrônico proposto neste trabalho apresenta e explora conceitos fundamentais da área de técnicas e circuitos digitais, com foco em redes de transistores. O objetivo é que este jogo auxilie na consolidação de conhecimentos básicos

e avançados sobre o tema.

O jogo desenvolvido é em 2D, com perspectiva de câmera top-down e gênero de puzzles (quebra-cabeças). Em cada nível, os jogadores enfrentam desafios que exigem a exploração da propagação do sinal através das redes de transistores. Além do propósito educacional, o jogo busca envolver os jogadores de maneira lúdica, apresentando elementos gráficos atraentes, jogabilidade divertida e gamificando as relações e conceitos teóricos que envolvem o tema.

## 2. Trabalhos Relacionados

No que diz respeito a circuitos digitais, existem diversos jogos eletrônicos atuais que foram desenvolvidos com objetivos educacionais. Tal como, o bitHERO [Neto et al. 2018] que engloba o desenvolvimento de um jogo digital que possui mecânicas similares ao jogo Guitar Hero. Neste trabalho, há quatro cores, cada uma das cores possui uma combinação de duas teclas, uma para o sinal zero e outra para o sinal um. O jogador deve resolver o resultado da porta lógica e apertar o botão de acordo com a saída esperada no momento em que a porta lógica passa pelo local designado pelas respectivas cores.

O autor [Costa 2022] também apresenta a construção de um jogo sério capaz de auxiliar no ensino de circuitos digitais para alunos de nível técnico e superior. O jogo apresenta um sistema composto de três módulos que oferece aos usuários um jogo educacional de circuitos digitais e um painel para visualização de dados dos jogadores.

O Plug'n Pass [Andrade and Sarinho 2023] um jogo de plataforma com elementos os quais devem ser desviados, onde o jogador é desafiado a resolver um circuito a cada fase acumulando pontos até que suas vidas acabem.

O jogo 'Não Queima Meu LED!' [Matos and Sarinho 2023] que incorpora componentes eletrônicos em um ambiente 3D, onde os usuários constroem circuitos específicos para avançar de nível. Este é um jogo educacional em RV, ou seja, realidade virtual. E tem como objetivo tornar o aprendizado de circuitos digitais menos tedioso e mais eficaz.

O NANDGame [Kjær 2024] é um jogo web, ou seja, que roda diretamente no navegador, que permite que o usuário utilize apenas portas lógicas NAND para construir desde componentes simples como um inversor, e vá aumentando a complexidade dos componentes até que seja possível simular um simples microprocessador.

E há outros jogos mais antigos relacionados ao tema como o CircuitWarz que é um dos únicos jogos da área a ser desenvolvido totalmente no meio acadêmico, pelo grupo de pesquisa Serious Games & Virtual Worlds da Universidade de Ulster. Este projeto inicial foi uma adaptação do ambiente de realidade virtual OpenSim e integrado a plataforma de atividades Moodle (1), posteriormente o projeto foi refeito utilizando o motor de jogos Unity, permitindo que se tivesse maior liberdade no design do jogo e que pudessem ser publicadas versões para outras plataformas, tornando-o mais acessível [Callaghan et al. 2014]. Na versão 3D do jogo de 2016 com perspectiva de câmera em primeira pessoa, apresenta-se uma narrativa onde o jogador é personificado como um engenheiro em uma base espacial que está sofrendo ataques alienígenas, por isso, é necessário consertar uma série de circuitos para que os equipamentos de defesa da base funcionem.

Rocky's Boots [Robinett and Grimm 2024] um dos primeiros jogos a permitir que

o jogador utilizasse objetos análogos às portas lógicas e outros componentes eletrônicos, este foi lançado pela The Learning Company em 1982.

Neste sentido, este trabalho busca se destacar no campo do tema abordado. O objetivo é oferecer uma experiência completa ao usuário, eliminando a distinção entre ferramenta educacional, jogo sério e entretenimento. Este projeto visa integrar esses universos, que estão próximos mas ainda distantes. O jogo Odisseia 2D: Explorando Caminhos Lógicos pretende ser uma ferramenta educacional que não apenas ensina os fundamentos teóricos de circuitos digitais, mas que também proporciona uma imersão ao jogador, fazendo-o sentir-se verdadeiramente envolvido em um jogo cativante e sedutor. Para isso, propõe-se o uso de elementos adicionais como interface de usuário (menu de missões, menu inicial, etc), sistema de combate, interação com inimigos, progressão de personagem e *skins*, recursos geralmente reservados a jogos eletrônicos não educativos.

### 3. Fundamentação Teórica

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada uma exploração aprofundada dos princípios teóricos de sistemas digitais para a criação do jogo desenvolvido. O fundamento é dado partindo de funções lógicas, as quais são funções matemáticas compostas por entradas e saídas em valores binários ('0' - falso, '1' - verdadeiro). Estas funções podem conter  $n$  variáveis de entrada que relacionam a saída a uma série de  $n$  bits com uma combinação desses valores binários. De acordo com [Klock et al. 2010] a saída de uma função lógica é sempre '0' ou '1', enquanto a entrada pode ser de um ou mais bits. As variáveis booleanas podem assumir valores de '0' ou '1', e operadores lógicos (E (\*), OU (+) e Negação (barra)) podem ser aplicados a essas variáveis para alterar o valor de saída. Para representar uma função booleana, as equações booleanas são utilizadas, as quais são expressões matemáticas que combinam variáveis booleanas e operadores lógicos. A Equação 1 apresenta um exemplo de uma equação Booleana.

$$F = \overline{((A + B) \cdot (C + D))} \quad (1)$$

Este trabalho dá ênfase na construção e funcionamento de redes de transistores. Estas redes são construídas com base em funções booleanas, onde o componente principal é a chave. As chaves podem agir como chaves primárias quando conduzem corrente elétrica com um sinal verdadeiro no terminal de controle ou como chaves complementares quando conduzem com um valor falso. Ao combinar estes tipos de chaves em arranjos, é possível criar redes que interconectam terminais de acordo com as funções lógicas que implementam. Uma chave digital é um dispositivo de três terminais, um terminal de controle que abre ou fecha o contato entre os outros dois terminais, as chaves são uma abstração para o comportamento dos transistores: o terminal de controle é o porta do transistor. A Figura 1 apresenta o esquema de como a tecnologia CMOS é utilizada para a implementação de transistores NMOS (chaves diretas) e PMOS (chaves complementares).

Neste trabalho é explorada a configuração série-paralelo dessas chaves para criar uma estrutura de grafo dual que permite derivar uma rede logicamente complementar. A Figura 2 apresenta um esquema de como essa estrutura é apresentada, formando assim dois planos distintos *pull-up* (PU) e *pull-down* (PD), respectivamente a imagem mostra que o caminho lógico é criado no PU quando o valor é '1' e para PD quando o valor é '0'.

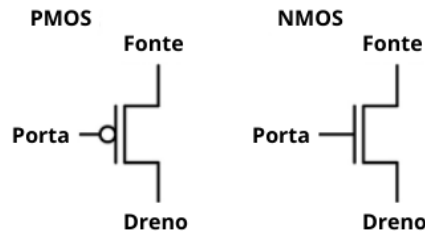


Figura 1. Exemplo da notação simbólica para os transistores PMOS e NMOS.

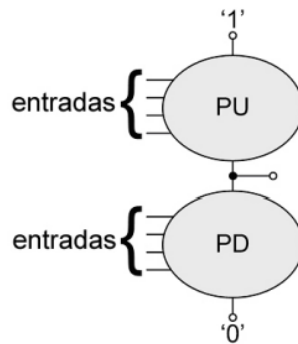


Figura 2. Grafo dual apresentando planos distintos *pull-up* e *pull-down*.

Essa estrutura de grafo dual serve como base para a construção das redes de transistores na tecnologia CMOS, onde os transistores NMOS (chaves diretas) e PMOS (chaves complementares) são utilizados para implementar essas funções de chave. A Figura 3 apresenta os conceitos mencionados e ilustra o funcionamento e a representação dessa estrutura.

Estes conceitos são fundamentais e necessários nas disciplinas ligadas a Sistemas Digitais, porém é recorrente que os discentes tenham dificuldades na compreensão do conteúdo [Carvalho and Nakamura 2013]. Sendo assim, pensou-se na criação de um jogo que explorasse conceitos ligados a rede de transistores capaz de despertar o interesse

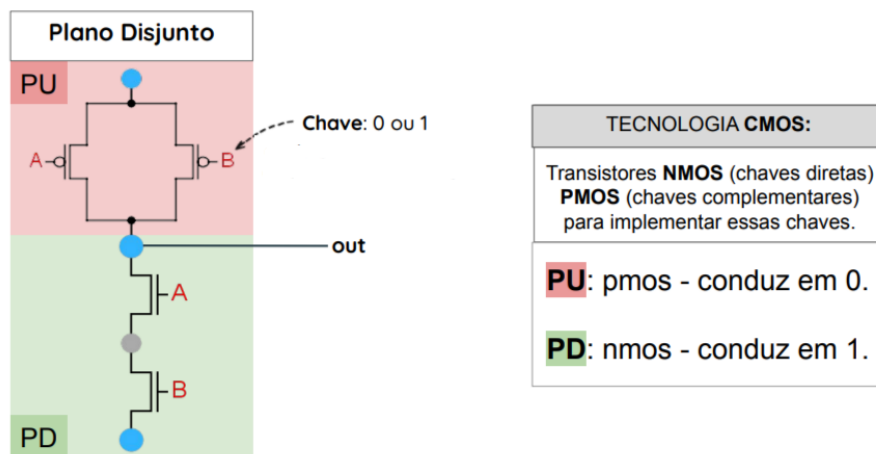


Figura 3. Resumo da relação de valores e chaves lógicas.

dos estudantes. Uma rede de transistores simples como por exemplo um inversor (!A), possui uma única variável Booleana a qual é implementada nos diferentes planos, essa variável pode assumir o valor verdadeiro ou falso, e dependendo deste valor permite-se um determinado caminho elétrico que pode ser pela rede de *pull-up* ou de *pull-down*. Em uma rede mais complexa, com um número maior de variáveis Booleanas, o crescimento de caminhos possíveis é exponencial, dificultando a compreensão.

Para explorar esse conceito dentro do jogo, a alavanca é o elemento principal que simula o comportamento de mudança de valores. Criando um sistema de puzzle (quebra-cabeça), cada alavanca é atribuída a uma variável da função booleana que pode assumir valores de '0' ou '1'. O jogador poderá ver a rede por completo e deve associar que o valor atribuído à alavanca irá ativar um caminho dentro da rede de transistores. Após determinar os valores em cada alavanca, o jogador deverá percorrer a rede pelo caminho permitido pelos valores selecionados. O jogo propõe que o jogador demonstre domínio das relações entre as variáveis e os planos distintos da porta lógica.

Caso o jogador não compreenda e percorra um caminho incorreto, ele será penalizado com a morte do personagem e reiniciará a fase na sala de comando com as alavancas. Se ele escolher o caminho correto, deverá coletar todos os itens presentes na rede de transistores e levá-los até a saída da fase, vencendo e passando para o próximo nível.

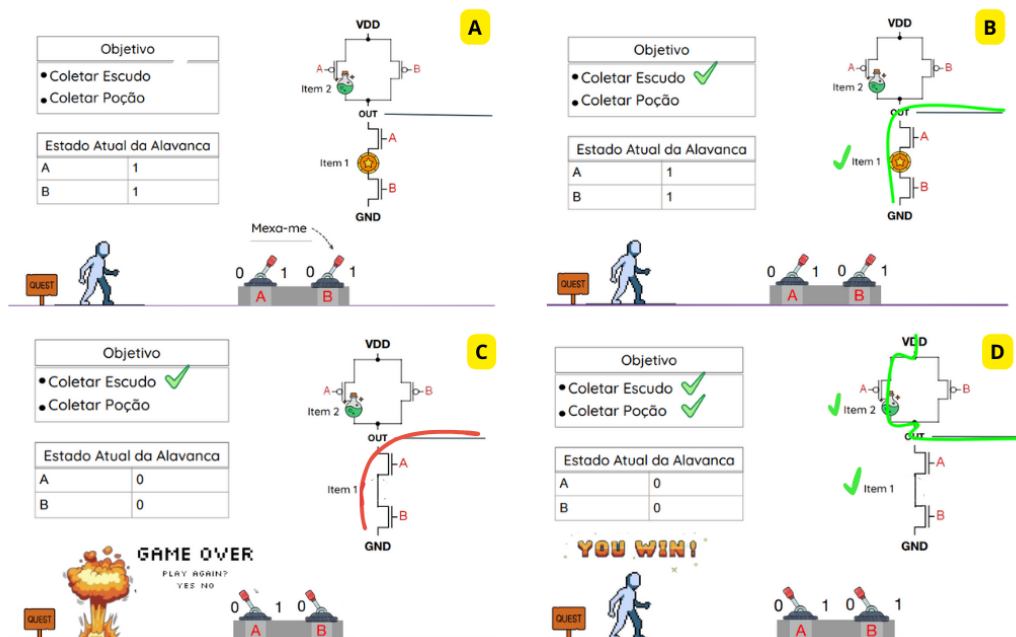
A Figura 4 está organizada de forma sequencial, marcada pelas letras A, B, C e D, apresentando uma simulação dos passos que o jogador pode seguir ao entrar em uma fase. Inicialmente, é necessário correlacionar corretamente o caminho liberado na rede com os valores atribuídos às alavancas, que estão associados aos literais (Figura 4 A). O jogador deve reproduzir o caminho lógico ao longo da rede, coletando os itens corretamente (Figura 4 B). Caso escolha um caminho diferente do ativado pelas alavancas, ele morrerá ao tentar se aproximar do item, perdendo a fase (Figura 4 C). Se escolher corretamente o caminho ativado pelas alavancas, vencerá a fase ao coletar todos os itens sugeridos (Figura 4 D).

#### 4. Implementação do Jogo

O jogo foi desenvolvido utilizando o motor de jogos Unity. A escolha da Unity como plataforma permitiu a criação da interface visual do jogo e a implementação de funcionalidades por meio de scripts utilizando a linguagem de programação C#.

Foram utilizados recursos de jogos, conhecidos como *assets*, em conjunto com o pacote 2D da Unity. Essa combinação de modelos 2D, texturas e animações foi responsável por criar todos os elementos visuais da fase. O uso do *Sprite Render* possibilitou a renderização e exibição de imagens 2D na cena, enquanto os *Tilemaps* simplificaram a construção do cenário de forma eficiente. Os modelos de câmera 2D permitiram o controle da perspectiva da cena e acompanharam o movimento do personagem, oferecendo também a opção de aproximar no avatar.

No contexto dos sistemas do jogo, o sistema de movimento do personagem através do input do teclado do usuário foi desenvolvido usando o componente *Character Controller* ou *Rigidbody*, complementado por scripts de controle de movimento. Isso possibilitou a captura das entradas do teclado usando *Input.GetAxis* para obter valores de eixos como horizontal (A e D ou setas esquerda e direita) e vertical (W e S ou setas para cima e para



**Figura 4. Ilustração sequencial do conceito do jogo. (A) Estágio inicial da fase, (B) jogador seleciona o estado e realiza o caminho correto, (C) jogador seleciona o estado e realiza o caminho incorreto, (D) jogador coleta todos os itens e finaliza.**

baixo), os quais foram então aplicados ao movimento do personagem. Criou-se também um sistema de interação com as alavancas associado ao painel dos literais, o *script* detecta a proximidade do personagem e o acionamento da tecla ‘espaço’ para cada alavanca separadamente, alterando assim o valor no painel e liberando os pontos luminosos ao redor do item que deve ser coletado, luzes em cima dos literais são utilizadas como apoio visual para indicar alteração dos valores.

O sistema de gerenciamento de vida do personagem implementa um valor de vida para o personagem e relaciona um gatilho de morte caso o jogador se aproxime de um ponto que não está liberado logicamente, ao morrer a animação de morte e ressurgimento é acionada, levando o jogador de volta a sala de controle. O sistema de missões apresenta para o jogador uma interface que indica as missões a serem cumpridas, conforme o jogador completa as missões a interface muda de cor, para indicar que esta foi realizada com sucesso e os lasers posicionados na saída são desativados, respectivamente.

A Figura 5 apresenta o resultado da implementação de todos os componentes visuais, objetos interativos e sistemas inseridos no jogo. Os elementos da cena foram organizados de maneira a não comprometer a referência teórica, buscando apresentar uma rede de transistores fiel a fundamentação teórica, enquanto mantém uma aparência de jogo.

#### 4.1. Elementos Principais de Interação

A Figura 6 apresenta o nome de todos os elementos que são usados para interação dentro da fase, descrevendo o nome e a forma como este está representando visualmente na fase. Associada a cada literal da função booleana temos uma letra. Respectivamente, A, B, C, D. Um quadro com os valores que os literais assumem conforme a interação com as

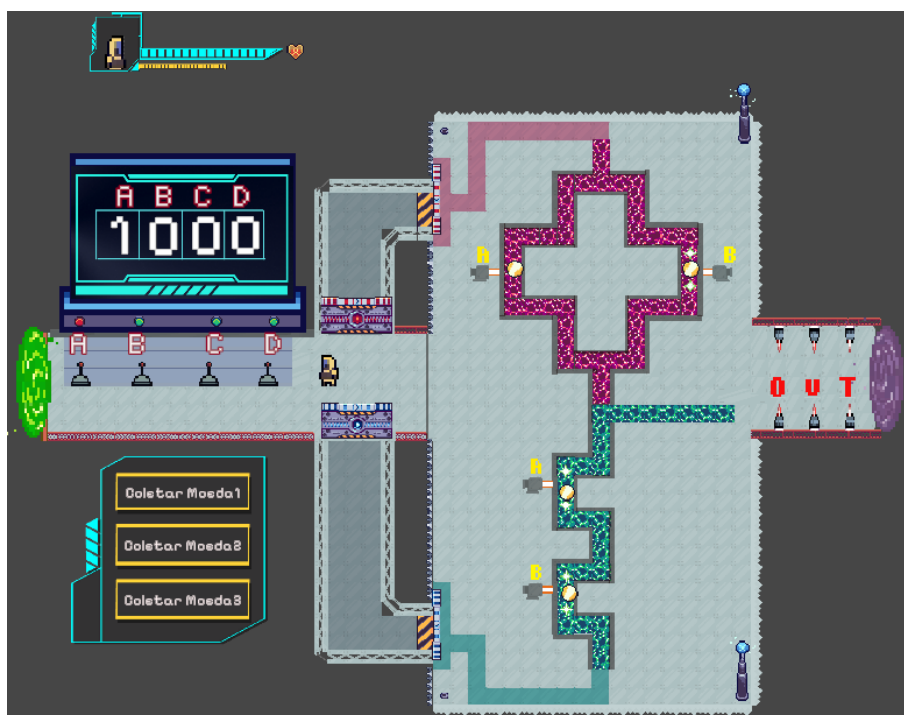


Figura 5. Fase do jogo completa implementando uma rede de transistores.

alavancas. Luzes indicativas mudam conforme o valor é trocado, vermelho é usado para '1' e verde para '0'. E por fim, as alavancas que serão usadas para trocar os valores, conforme o jogador se aproxima e pressiona a tecla 'espaço' do teclado. E ainda, o ponto luminoso ou armadilha indica que o caminho não está logicamente ativo, ou seja, caso o jogador se aproxime do ponto neste estado ele morre instantaneamente, por isso serve como uma armadilha para verificar se o caminho percorrido está correto. Os pontos estão visíveis somente durante o processo de desenvolvimento, o jogador não poderá vê-los durante o jogo. As moedas são os itens que devem ser coletados pelo jogador e servem como *checkpoint* para completar as missões. A chave na rede representa o literal da função.

Para o projeto dos níveis do Odisseia 2D foi utilizando a ferramenta Switch-Craft [Callegaro et al. 2010]. Conforme apresentado na Figura 7, foram implementadas 4 equações Booleanas no SwitchCraft e o projeto das portas lógicas foi utilizado como base para o desenvolvimento dos níveis do Odisseia 2D.

## 5. Experiência com o Odisseia 2D

Afim de avaliar os aspectos do trabalho apresentado, essa seção apresenta os resultados após a realização de uma experiência com o Odisseia 2D. O jogo foi disponibilizado para 35 alunos de graduação dos curso de Ciência e Engenharia de Computação na disciplina de Técnicas Digitais. A experiência consiste em três etapas, apresentação do jogo, tempo para explorar o jogo e um formulário de perguntas.

No documento, a narrativa do jogo é apresentada, explicando o contexto, a história do personagem principal e seu objetivo, para contextualizar e envolver o jogador de forma lúdica. Em seguida, são detalhadas as teclas necessárias para a movimentação e interação



NOME DO ELEMENTO DE FASE	INTERFACE NA CENA
Painel de Literais, Valores dos Literais, Luzes indicativas, Alavancas dos Literais	
Ponto luminoso ou armadilha(ilustrativo), Item moeda, Chave associada ao literal A.	

Figura 6. Elementos visuais da fase e suas representações gráfica.

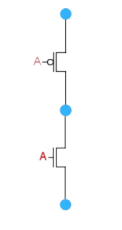
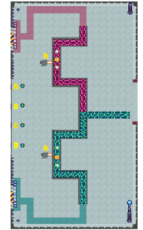
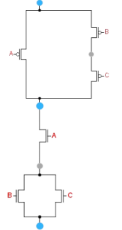
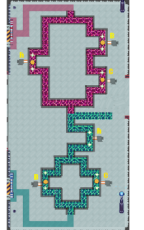
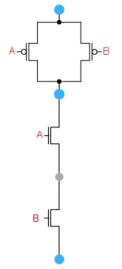
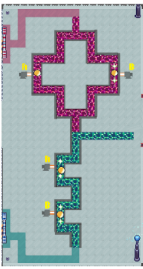
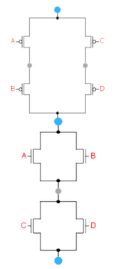
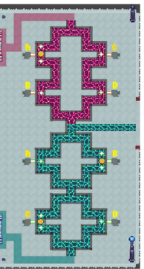
EQUAÇÃO BOOLEANA	SWITCHCRAFT	FASE IMPLEMENTADA NO JOGO	EQUAÇÃO BOOLEANA	SWITCHCRAFT	FASE IMPLEMENTADA NO JOGO
$F = !A$ INVERSOR			$F = !(A*(B+C))$ OAI21		
$F = !(A*B)$ NAND			$F = !(A+B)*(C+D)$ COMPLEXA		

Figura 7. Redes de transistores em ambiente SwitchCraft e no jogo Odisseia 2D.

<b>Critério</b>	<b>Pergunta</b>
Adequação pedagógica	O jogo eletrônico auxiliou você a compreender mais sobre redes de transistores?
Eficiência	Foi possível realizar as ações com eficiência?
Facilidade de uso	O jogo eletrônico possui usabilidade simples?
Prevenção de erros	O jogo eletrônico oferece auxílio adequado para prevenir erros?
Satisfação	O jogo eletrônico oferece o auxílio adequado como você esperava?
Utilidade	O jogo eletrônico é útil para estudos de redes de transistores em sala de aula?
Interesse	Você acha interessante utilizar o jogo eletrônico para aprender este tema?

**Tabela 1. Perguntas aplicadas para avaliar o jogo eletrônico em critérios.**

<b>Crítérios estabelecidos</b>	<b>Sim</b>	<b>Parcialmente</b>	<b>Não</b>
Adequação pedagógica	30	5	0
Eficiência	32	2	1
Facilidade de uso	35	0	0
Prevenção de erros	20	1	14
Satisfação	28	4	3
Utilidade	34	1	0
Interesse	32	2	1

**Tabela 2. Resultados da avaliação do jogo em diferentes critérios.**

com os objetos do jogo. Por fim, o documento explica a interface de missões, que apresenta os objetivos a serem cumpridos em cada fase. Após a leitura do documento, os alunos foram instruídos a abrir o jogo eletrônico e começar a jogar.

Na sequência, um conjunto de perguntas, conforme apresentado na Tabela 1, foi aplicado para avaliar diferentes critérios sobre o jogo. O objetivo deste formulário é obter métricas para guiar o desenvolvimento do *Odisséia 2D*. A avaliação focou na experiência do jogador em aspectos como a utilidade do jogo para o aprendizado, se o jogo atende às expectativas e se é de fácil uso.

Com base nas respostas dos alunos, apresentadas na Tabela 2, é possível observar que os aspectos a serem aprimorados são a prevenção de erros, a satisfação e a adequação pedagógica. Para auxiliar na redução de erros dos jogadores, uma interface adicional poderia ser incluída, buscando apresentar com maior clareza o estado atual da rede de transistores, como uma tabela verdade dinâmica. A baixa satisfação dos jogadores pode ser reflexo do fato de o jogo ainda estar em desenvolvimento, com a movimentação do personagem e o cenário não estando em estágio final. Em relação à adequação pedagógica, pretende-se adicionar um nível de tutorial para melhor apresentar os conceitos básicos e como estes se traduzem no jogo.

## 6. Conclusão

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo eletrônico, “Odisseia 2D: Explorando Caminhos Lógicos”, voltado para o ensino de circuitos eletrônicos. Utilizando o motor de jogos Unity, foi possível incorporar diferentes elementos visuais, criar uma interface envolvente e implementar sistemas de movimentação e interação com objetos, explorando os conceitos de redes de transistores.

A utilização de jogos no ensino permite o desenvolvimento de diferentes metodologias, transformando a dificuldade em busca pelo conhecimento ao utilizar objetos que antes eram vistos apenas como diversão ou lazer. Os jogos, por apresentarem elementos de engajamento e motivação, aprendizado experiencial, feedback imediato e desenvolvimento de habilidades, tornam-se um meio eficiente de ensino. O jogo Odisseia 2D, apresentado neste trabalho, contempla essas características desejadas, combinando a fundamentação teórica com uma experiência envolvente e cativante.

Nos resultados da experiência realizada em sala de aula, foi possível observar a aceitação do Odisseia 2D no aprendizado de circuitos digitais. Os resultados demonstram a importância de apresentar diferentes estratégias de ensino, instigando o aprendizado espontâneo ao abordar o tema de diversas formas, impactando positivamente a formação dos discentes da área. Portanto, conclui-se que a inclusão de jogos durante o processo de aprendizagem pode auxiliar os discentes a se manterem interessados e envolvidos com temas de circuitos digitais, que normalmente podem gerar dificuldades e desinteresse.

## Referências

- Andrade, P. H. and Sarinho, V. T. (2023). Plug’n pass: Um jogo ludico sobre circuitos lógicos. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1072–1077. SBC.
- Callaghan, M. J., McShane, N., and Eguiluz, A. G. (2014). Using game analytics to measure student engagement/retention for engineering education. In *2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, pages 297–302. IEEE.
- Callegaro, V., Marques, F. d. S., Klock, C. E., da Rosa Jr, L. S., Ribas, R. P., and Reis, A. I. (2010). Switchcraft: a framework for transistor network design. In *Proceedings of the 23rd symposium on Integrated circuits and system design*, pages 49–53.
- Carvalho, L. S. G. and Nakamura, F. G. (2013). Práticas de ensino na disciplina de circuitos lógicos. *International Journal of Computer Architecture Education (IJCAE)*, 2(1):09–12.
- Costa, D. S. d. (2022). Serious games aplicados ao ensino de circuitos digitais. *Universidade Estadual Paulista (Unesp)*.
- Haase, J. (2022). Flipped classroom with digital circuits: An html5-based interactive simulation tool. In *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 307–312. IEEE.
- Hecktheuer, B. B. (2013). Desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias no ensino de matemática. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pelotas.

- Jurgina, L. Q., Zanandrea, R., Júnior, L. S. R., and de Souza Marques, F. (2020). Logicflow: Uma ferramenta para o auxílio de ensino-aprendizagem de circuitos digitais. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 322–331. SBC.
- Kirriemuir, J. and Mcfarlane, A. (2004). Literature Review in Games and Learning. A NESTA Futurelab Research report - report 8.
- Kjær, O. J. (2024). The nand game. <https://nandgame.com>. Acesso em 26 de junho de 2024.
- Klock, C. E., Ribas, R. P., and Reis, A. I. (2010). Karma: um ambiente para o aprendizado de síntese de funções booleanas. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 18(02):33.
- Matos, O. C. S. and Sarinho, V. T. (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. SBC.
- Neto, A. C. A., da Silva, J. M., and Sarinho, V. (2018). bithero: Um jogo para auxílio no aprendizado de circuitos digitais. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 29, page 1780.
- Paraskeva, F., Mysirlaki, S., and Papagianni, A. (2010). Multiplayer online games as educational tools: Facing new challenges in learning. *Computers & Education*, 54(2):498–505.
- Robinett, W. and Grimm, L. (2024). Rocky’s boots for the apple ii and pc. <http://www.warrenrobinett.com/rockysboots/>. Acesso em 26 de junho de 2024.
- Santos, E. A. d., Silva, A. F. d., Kodama, H. M. Y., et al. (2007). Jogos no ensino da matemática. In *Congresso de Extensão Universitária*, page 146. Universidade Estadual Paulista (Unesp).
- Savi, R. and Ulbricht, V. R. (2008). Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 6(1).
- TeacherGaming (2014). Minecraftedu. <http://minecraftedu.com>. Disponível em: <http://minecraftedu.com>.
- Zhu, W. and Wu, S. (2023). Design and implementation of digital circuit virtual simulation experimental system based on serious games. In *Proceedings of the 2023 8th International Conference on Distance Education and Learning*, pages 98–104.