

Jogando, Aprendendo e Construindo: Utilizando o *Minecraft* como Ferramenta de Auxílio no Ensino de Circuitos Digitais

Playing, Learning, and Building: Using Minecraft as an Aid Tool in Teaching Digital Circuits

Gabriel Vinicius de Menezes Gama^{1,2}, Gabriel Ananias Fernandes²,
Maurilio Martins Campano Junior^{1,2}, Linnyer Beatrys Ruiz Aylon¹

¹Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Departamento de Informática (DIN)

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PCC)

Grupo de Pesquisa Manna Team - Jogos

Maringá - PR - Brazil

²Centro Universitário UniCesumar

Engenharia de Software

Maringá - PR - Brazil

gabrielmenezes.gama@hotmail.com, gabriel.ananiasf@hotmail.com,
maurilio.campanojr@gmail.com, lbruiz@uem.br

Abstract. *Games are becoming increasingly present in the school environment. The use of educational games increased student engagement, improving and making learning more dynamic and enjoyable. In areas such as Computer Science, high rates of failure and dropout indicate the need for new teaching approaches to facilitate learning. Within this context, educational games and virtual environments like Minecraft are potential tools as they motivate and spark students' interest. Therefore, the objective of this work is to present the use of Minecraft for teaching Digital Circuits. The methodology involves the use of theoretical documents on the concepts, examples in simulators, and interaction in the virtual world of Minecraft. Nine laboratories were created, allowing students to interact in various ways, aiming to facilitate their understanding of the subject concepts.*

Keywords. *Digital circuits, simulation, playful, Minecraft.*

Resumo. *Jogos estão cada dia mais presentes no ambiente escolar. O uso de jogos educativos proporciona um aumento do engajamento dos alunos, melhorando e tornando o aprendizado mais dinâmico e divertido. Em áreas como Ciência da Computação as altas taxas de reprovação e evasão indicam que novas abordagens de ensino precisam ser utilizadas com o objetivo de facilitar o aprendizado. Neste âmbito, os jogos educativos e ambientes virtuais como o Minecraft são ferramentas em potencial, pois motivam e despertam o interesse dos alunos. Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar o uso do Minecraft para ensino de Circuitos Digitais. A metodologia envolve o uso de documentos teóricos sobre os conceitos, exemplos em simuladores e interação no mundo virtual do Minecraft. Nove laboratórios foram criados, permitindo a interação do aluno de diversas formas, visando compreender mais facilmente os conceitos da matéria.*

Palavras-chave. *Circuitos digitais, simulação, lúdico, Minecraft.*

1. Introdução

O uso de jogos educativos em sala de aula nos últimos anos [Vasilakaki e Moniarou-Papaconstantinou 2020], incorporando cada vez mais novas abordagens e novos modelos de aprendizagem.

Greipl et al. (2020) relatam a importância dos jogos educativos utilizados em sala de aula, destacando o engajamento que os mesmos promovem, a complementação as aulas tradicionais provida por meio de recursos adicionais como o jogo educativo.

Na Ciência da Computação o uso dos conceitos de gamificação e de jogos educativos com as novas gerações de estudantes podem motivar os alunos no interesse por conteúdos da área [Jawad e Tout 2021].

Nesta área, altos índices de evasão e reprovação são frequentes, sendo que novas abordagens e metodologias de ensino podem ser aplicadas visando diminuir estes índices [Fukao et al. 2023].

Práticas pedagógicas inovadoras envolvem também o uso de ambientes virtuais de jogos como o *Minecraft*, possibilitando a criação de mundos virtuais voltados para aprendizado de diversos conceitos [Thorsteinsson e Niculescu 2016]. Estes mundos virtuais podem representar conceitos de diversas matérias, permitindo um aprendizado interativo e lúdico aos alunos.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar uma abordagem que utiliza o mundo virtual do *Minecraft* para o auxílio dos conteúdos de Circuitos Digitais. A abordagem envolve o conteúdo teórico por meios de documentos de texto, o uso de exemplos em simuladores e a prática no mundo do *Minecraft*.

Os laboratórios criados no *Minecraft* permitem a realização de operações simples com portas lógicas até a realização de operações matemáticas com números de 4 bits.

O restante deste trabalho está dividido de forma que a Seção 2 apresenta os fundamentos teóricos envolvidos no trabalho e os trabalhos relacionados. Já a Seção 3 apresenta a metodologia de organização dos laboratórios e conteúdos envolvidos e a Seção 4 apresenta os resultados e o mundo criado no *Minecraft*. Por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

2. Fundamentação teórica e trabalhos relacionados

O estudo de circuitos digitais é de fundamental importância na Ciência da Computação, uma vez que os conceitos vistos na matéria, como por exemplo *Flip-Flops* são usados para caracterizar tipos de memória em matérias sub-sequentes como Arquitetura e Organização de Computadores [Tocci et al. 2010].

A forma como esses conteúdos são trabalhados em sala de aula também exerce um papel importante no aprendizado dos alunos, sendo este um fator importante que pode desmotivar os alunos levando a evasão de cursos na área [Fukao et al. 2023].

Em específico o ensino de Circuitos Digitais pode ser complementado com o uso de simuladores como *LogiSim* [Burch 2002], *Make it True* [Castro et al. 2021], *Circuit Maker* [Kalpachka 2016] e também com o uso de jogos educativos [Harper et al. 2011], [de Lima e Abdalla 2021] e mundos virtuais tal como o *Minecraft* [Prayaga et al. 2016], [Cagnini et al. 2015].

Entre os conteúdos presentes na disciplina de Circuitos Digitais, a criação de circuitos lógicos e a representação dos mesmos a partir de expressões lógicas visa definir o comportamento de um sistema, com base na definição das entradas do circuito [Capuano 2018].

A Figura 1 apresenta um exemplo de expressão lógica para $X = (A \oplus B).(B \odot C).C$ utilizando o *LogiSim* [Miquelini e Ferrari 2021], a qual os valores de A, B e C são valores de entrada e X é a representação da saída do circuito. Além disso, a Figura 1 apresenta também o circuito de um decodificador com três entradas e oito saídas no *Circuit Maker* [Kalpachka 2016].

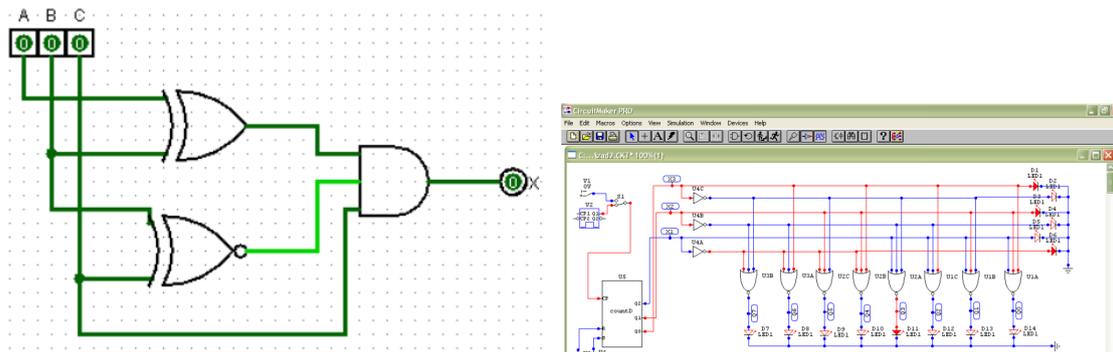


Figura 1. Circuito para $X = (A \oplus B).(B \odot C).C$ no *LogiSim* [Miquelini e Ferrari 2021] e decodificador com três entradas e oito saídas no *Circuit Maker* [Kalpachka 2016]

Quando falamos de jogos educativos voltados para o ensino de circuitos digitais, o *Digi Island* [Harper et al. 2011] tem como objetivo auxiliar na simplificação de circuitos lógicos por meio do Mapa de *Karnaugh*.

O jogo apresenta uma interface lúdica e intuitiva na qual o objetivo do jogador é realizar a simplificação do circuito porém os conceitos são apresentados por meio de uma narrativa amigável e divertida. Esta representação pode ser vista na Figura 2 na qual os conceitos de simplificação por Mapa de *Karnaugh* são aplicados à história do jogo.

O *Logicae* [de Lima e Abdalla 2021] é um jogo do gênero plataforma no qual o jogador interage com os elementos do jogo (pedestais) visualizando o comportamento do objeto de acordo com o tipo de porta lógica, no entanto o jogo ainda não foi validado com alunos em sala de aula.

O *Minecraft* também já vem sendo utilizado como forma de aplicar os conceitos de circuitos digitais. O trabalho de Prayaga et al. (2016) aborda o uso das portas lógicas básicas (*AND*, *OR*, *NOT*) aplicados ao mundo do *Minecraft*. A Figura 2 apresenta um dos mundos criados pelos autores no *Minecraft*.

O autor utilizou-se de uma metodologia na qual os alunos construíram e simplificaram um circuito no papel e em seguida construíram o mesmo circuito utilizando os recursos disponíveis no *Minecraft* (bloco, tocha, botão).

Já o trabalho de Cagnini et al. (2015) utilizou-se de um mundo virtual no *Minecraft* e a definição de tarefas a serem realizadas pelos alunos, sendo que cada tarefa estava associada a conceitos de circuitos digitais como portas lógicas básicas e derivadas



Figura 2. Tela do jogo *Digi Island* [Harper et al. 2011] e Mundo virtual no *Minecraft* para ensino de conceitos de circuitos digitais [Prayaga et al. 2016]

e também conceitos de multiplexadores.

Entre os trabalhos encontrados na literatura, nenhum deles apresentou a união de conceitos teóricos da Computação, com exemplos práticos em simuladores e aplicações dos conceitos em mundos virtuais como o *Minecraft*.

3. Metodologia

O projeto dos laboratórios de circuitos digitais no *Minecraft* foi construído em conjunto com um professor da disciplina de Circuitos Digitais, tomando como base o conhecimento adquirido durante a disciplina e organizado em uma sequência lógica condizente com a matéria.

Foram definidos nove laboratórios de aprendizagem, sendo que o aluno estuda os conceitos teóricos por meio de um documento em texto, visualiza o comportamento do circuito utilizando um simulador e na sequência testa estes conhecimentos no mundo do *Minecraft* criado para cada laboratório. Os 9 (nove) laboratórios de aprendizagem abordam os seguintes conceitos:

- LAB1: portas lógicas (*AND*, *OR*, *NOT*);
- LAB2: circuito lógico do *XOR* usando portas lógicas básicas (*AND*, *OR*, *NOT*);
- LAB3: circuito lógico com 3 entradas (A, B, C) e saída S;
- LAB4: circuito lógico com 4 entradas (A, B, C, D) e saída S;
- LAB5: somador completo;
- LAB6: subtrator completo;
- LAB7: circuito incrementador;
- LAB8: circuito decrementador;
- LAB9: ULA (Unidade Lógica e Aritmética) de 4 bits com 4 operações (soma, subtração, incremento e decremento).

Para cada um dos laboratórios de aprendizagem foi construído um documento explicando os conceitos teóricos envolvidos no laboratório, sua aplicação e exemplos de uso.

Além dos documentos, cada laboratório é acompanhado de exemplos práticos no simulador *LogiSim* [Logisim 2023], na qual o usuário pode interagir no próprio simulador e visualizar os resultados gerados pelo circuito, baseado nos documentos teóricos.

No ambiente do *Minecraft*, associado a cada LAB foram definidos práticas que simulam o comportamento de cada um dos circuitos descritos nos laboratórios.

Assim, além do aluno testar o funcionamento do circuito no simulador, pode testar o circuito interagindo com o mundo no *Minecraft*, visualizando o comportamento do circuito de acordo com as entradas geradas.

O mundo foi construído tal como uma cidade, de forma que ao entrar no mundo o usuário se depara com um caminho que o leva a cada um dos 9 laboratórios, possibilitando a interação com cada um dos laboratórios de forma individual.

4. Resultados: aprendendo Circuitos Digitais no *Minecraft*

A partir do projeto definido acima, composto por 9 (nove) laboratórios práticos de circuitos digitais, cada um dos laboratórios contém um documento de texto explicativo sobre os conteúdos abordados, acompanhado de um exemplo de simulação no simulador *LogiSim*. Estes documentos, simulações e o mundo criado no *Minecraft* podem ser acessados no seguinte endereço: <https://drive.google.com/file/d/1GeqYrpaN4SBomNY9k98o3hCA9sNpmtVD/>

Tomando como exemplo o LAB1: portas lógicas básicas (*AND*, *OR*, *NOT*), o documento de texto contém a explicação de cada porta lógica, representando que a porta lógica *AND* é verdadeira quando todas as suas entradas são verdadeiras e falsa caso contrário, tal como descreve a Tabela 1.

A	B	$S = A.B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabela 1. Tabela verdade da porta lógica *AND* utilizada no LAB1

Na Tabela 1 acima, *A* e *B* são os valores de entrada e *S* é descrita como um *AND* entre *A* e *B*, tendo como resultado 1 quando ambas as entradas estão em 1.

Do mesmo modo, o documento do LAB1 descreve ainda a representação gráfica da porta *AND*, que pode ser vista na Figura 3 e também a representação do circuito da porta lógica *AND* no simulador *LogiSim* [Logisim 2023].

Ainda sobre o LAB1, são representadas as tabela verdade das portas lógicas *OR* e *NOT*, além de suas representações gráficas e expressões matemáticas.

Os documentos dos demais laboratórios seguem a mesma ideia descrita sobre o LAB1, descrevendo em texto os conceitos teóricos, apresentando a tabela verdade, a representação gráfica e a representação matemática, além de um circuito complementar criado no simulador *LogiSim*.

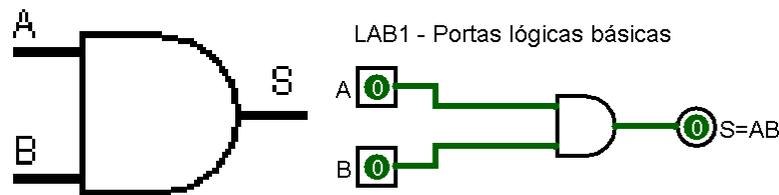


Figura 3. Representação da porta lógica AND com duas entradas (A, B) e saída S e representação da simulação criada no LogiSim [Logisim 2023]

A utilização de variáveis de entrada no *Minecraft* foi feita utilizando alavancas que transmitem energia e esta podem acender lâmpadas no mundo do *Minecraft*.

Ao transmitir energia de um local para outro no jogo, a energia é dissipada enquanto é transmitida, perdendo assim a sua força. Assim, uma das formas de transmitir dados similar à forma digital é o uso de repetidores, que enviam o pulso de energia por uma distância maior.

Para a criação das portas lógicas e circuitos lógicos no *Minecraft* são utilizados componentes como a “tocha de *Redstone*”, comparador, alavancas, blocos-alvo, repetidores e lâmpadas.

O ambiente no *Minecraft* foi construído conforme uma cidade, sendo que os laboratórios estão divididos em locais diferentes no mundo, de forma que o usuário possa acessar facilmente o circuito que deseja interagir. A Figura 4 exemplifica a organização do mundo do *Minecraft* construído, com os caminhos indicando os locais de cada laboratório.



Figura 4. Organização do mundo do Minecraft com o número dos laboratórios e entrada de cada laboratório

O primeiro laboratório descreve o comportamento das portas lógicas *AND*, *OR* e *NOT*. A Figura 5 descreve a tela inicial do LAB1 no mundo criado no *Minecraft* e apresenta também a interação do usuário com as entradas A e B utilizadas em uma porta lógica *AND*.

Para os demais laboratórios, a lógica de interação do usuário é a mesma descrita para o LAB1, sendo que o mundo completo criado para os nove laboratórios de aprendizagem pode ser visualizado na Figura 6.

A complexidade de cada laboratório no mundo do *Minecraft* aumenta a medida que avançamos nos laboratórios, sendo que o circuito do LAB9 que realiza a função



Figura 5. LAB1 - Portas lógicas *AND* e *OR* e interação do usuário com o LAB1

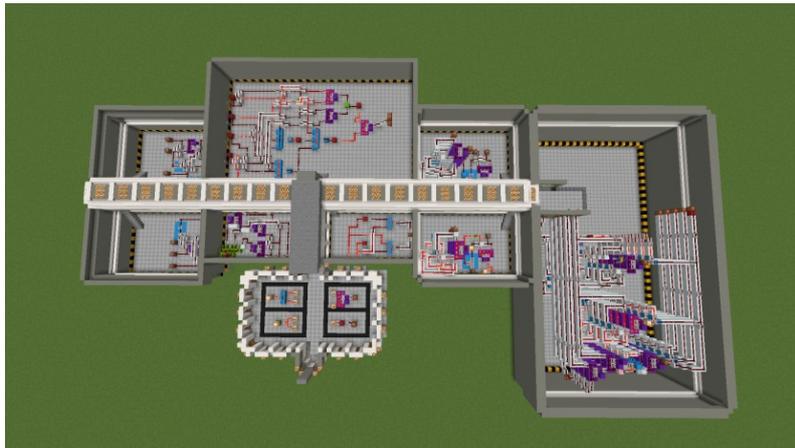


Figura 6. Visão geral dos Laboratórios de Circuitos Digitais criado no *Minecraft*

simplificada de uma ULA simples com somador e subtrator completo, incrementador e decrementador pode ser visto na Figura 7.

Na Figura 7, em verde está destacado o circuito do incrementador, em vermelho o circuito do decrementador e em azul somador e subtrator completo.

Neste LAB9, o usuário interage com duas entradas representando dois números de 4 bits representados como A e B ($A_3A_2A_1A_0$ e $B_3B_2B_1B_0$) e utiliza uma chave C (C_1C_0) para escolher entre as quatro operações da ULA (soma, subtração, incremento e decremento).

A interação do usuário com os valores de A, B e C pode ser vista na Figura 8. A Figura 8 mostra também que a partir dos valores de entrada de A e B como 0111 e 1010 respectivamente 7 e 10 em decimal, e o valor de C como 00 indicando que a operação desejada é uma soma. O valor de resposta gerado pelo circuito é o valor 10001 (17 em decimal) que é mostrado na Figura 8.

Cada laboratório pode ser acessado e modificado conforme a necessidade, sendo que a partir das portas lógicas básicas (LAB1), qualquer circuito pode ser criado e representado no mundo do *Minecraft*.

A finalização da construção do mundo no *Minecraft* ocorreu após o fim do semestre letivo, sendo que deste modo não foi possível avaliar o mundo criado em sala de aula.

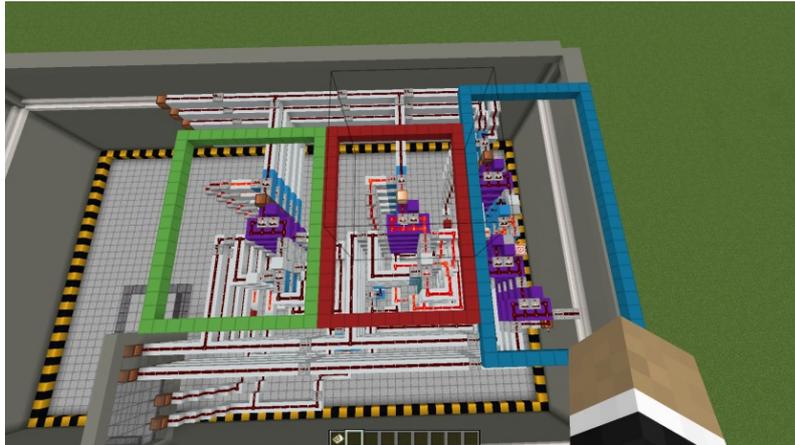


Figura 7. LAB9 - ULA de 4 bits com somador e subtrator completo, incrementador e decrementador

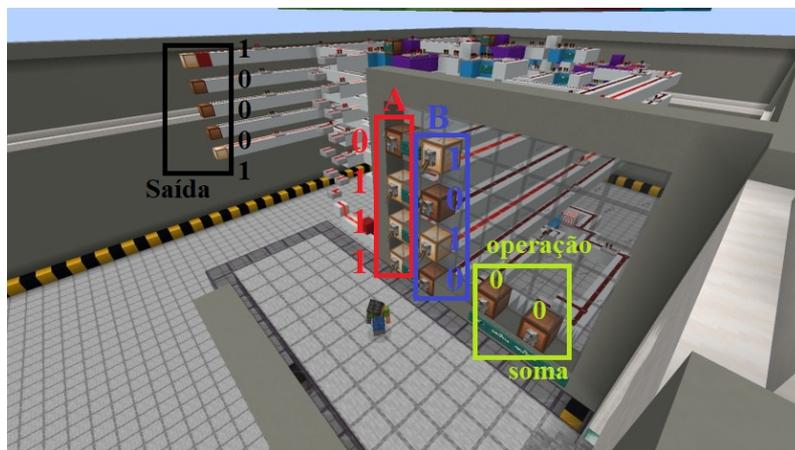


Figura 8. LAB9 - ULA de 4 bits realizando a soma de 0111 + 1010 e gerando como saída 10001

5. Conclusões e trabalhos futuros

Os laboratórios apresentados neste trabalhos fornecem uma forma diferente de realizar práticas associadas a Circuitos Digitais utilizando exemplos teóricos, simulações e o uso do mundo do *Minecraft*.

Os laboratórios apresentados envolvem conceitos de portas lógicas, circuitos lógicos, expressões lógicas, além de circuitos associados à Unidade Lógica e Aritmética (ULA) e podem ser acessados de forma gratuita no mundo do *Minecraft*.

Como trabalhos futuros, a ideia é utilizar os laboratórios em conjunto com o professor da disciplina no 2º semestre de 2024, avaliando a interação dos alunos com o conteúdo textual, com os exemplos do simulador e com o mundo do *Minecraft*.

Os jogos educativos e o uso de mundos virtuais de aprendizagem permitem utilizar de conhecimentos teóricos em um ambiente mais familiar aos alunos, o jogo. Isto permite que aprendizagem tenha uma maior fluidez, melhorando aspectos como concentração e motivação dos estudantes.

Estas novas abordagens com jogos educativos no ambiente acadêmico podem diminuir taxas de evasão e reprovação em matérias da Computação, além de motivar e divertir os alunos durante o processo de ensino-aprendizagem.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Bolsista do CNPq - Brasil (311685/2017-0) e da Fundação Araucária (17.633.124-0).

Referências

- Burch, C. (2002). Logisim: A graphical system for logic circuit design and simulation. *Journal on Educational Resources in Computing (JERIC)*, 2(1):5–16.
- Cagnini, H., Charão, A., Barcelos, P., e de Azevedo, B. (2015). Mundo virtual minecraft: uma experiência no ensino de circuitos digitais. In *Anais do XXIII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 206–215. SBC.
- Capuano, F. G. (2018). *Elementos de eletrônica digital*. Saraiva Educação SA.
- Castro, G. H. M., de Sousa, A. C. G., Costa, K. L., e Rodrigues, I. L. (2021). Aprendizados discentes sobre eletrônica digital através de práticas de ensino com uso de softwares. *Revista do Instituto de Políticas Públicas de Marília*, 7(1):67–90.
- de Lima, L. R. S. e Abdalla, K. (2021). Logicæ: Um jogo educativo sobre portas lógicas. In *Anais da IX Escola Regional de Computação do Ceará, Maranhão e Piauí*, pages 67–73. SBC.
- Fukao, A. T., Colanzi, T. E., Martimiano, L. A., e Feltrim, V. D. (2023). Estudo sobre evasão nos cursos de computação da universidade estadual de maringá. In *Anais do III Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 86–96. SBC.
- Greipl, S., Moeller, K., e Ninaus, M. (2020). Potential and limits of game-based learning. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 12(4):363–389.
- Harper, M., Miller, J., e Shen, Y. (2011). Digi island: A serious game for teaching and learning digital circuit optimization. In *Selected Papers and Presentations Presented at MODSIM World 2010 Conference Expo*.
- Jawad, H. M. e Tout, S. (2021). Gamifying computer science education for z generation. *Information*, 12(11):453.
- Kalpachka, G. (2016). Computer modeling and simulations of logic circuits. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 8(12):31.
- Logisim (2023). Logisim: a graphical tool for designing and simulating logic circuits. <http://www.cburch.com/logisim/>. Acessado em maio 2023.
- Miquelini, R. A. A. e Ferrari, H. O. (2021). Logisim: Ferramenta para simulação de circuitos combinacionais e sequenciais digitais. *Intercursos Revista Científica*, 20(2).
- Prayaga, L., Davis, J., Whiteside, A., e Riffle, A. (2016). An exploration in the use of minecraft to teach digital logic to secondary school students. *International Journal of Computer Science*, 2(2).

- Thorsteinsson, G. e Niculescu, A. (2016). Pedagogical insights into the use of minecraft within educational settings. *Studies in Informatics and Control*, 25(4):507–516.
- Tocci, R. J., Widmer, N. S., e Moss, G. L. (2010). *Sistemas digitais*. Pearson Educación.
- Vasilakaki, E. e Moniarou-Papaconstantinou, V. (2020). *Mobile technology and use of educational games in HE*. Chandos Publishing.