

Desenvolvimento de Jogos por Alunos no Processo de Ensino Aprendizagem de Internet das Coisas

Victor Takashi Hayashi¹, Flávia Maria Santoro¹,
Victor B. A. Rossetti de Quiroz¹

¹Instituto de Tecnologia e Liderança (Inteli)
Prof. Almeida Prado, 520 – 05508-070 – São Paulo – SP – Brazil

{victor.hayashi, victor.quiroz}@prof.inteli.edu.br,
{flavia}@inteli.edu.br

Abstract. *Teaching Internet of Things (IoT) can be challenging because it is a technology that uses concepts from Analog and Digital Electronics, Computer Networks, Microcontroller Programming and Web Development. This article describes a method for using games to promote IoT learning to motivate a greater engagement of undergraduate students and an experience report with 30 students to validate the approach.*

Resumo. *O ensino de Internet das Coisas (IoT) pode ser desafiador pois é uma tecnologia que utiliza conceitos de Eletrônica Analógica e Digital, Redes de Computadores, Programação em Microcontroladores e Desenvolvimento Web. Este artigo descreve um método para uso de jogos para fomentar o aprendizado em IoT, de forma a motivar um maior engajamento de alunos de graduação e um relato de experiência com 30 alunos para validar a abordagem.*

1. Introdução

A Internet das Coisas (IoT) traz oportunidades de se conectar objetos do cotidiano de pessoas e negócios em uma rede inteligente, fazendo com que os computadores possam coletar dados de forma autônoma, sem a necessidade de se limitarem pela entrada de dados realizada de forma manual por seres humanos [Ashton et al. 2009]. Uma destas oportunidades é o uso de IoT para a construção de cidades inteligentes pode tornar possível o monitoramento em tempo real, diagnóstico e levantamento de pontos de otimização de processos e redução de custos em ações relacionadas à iluminação pública, Indústria 4.0 e sustentabilidade, considerando o Plano Nacional de IoT lançado em 2017 – que foi uma iniciativa conjunta do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) [Angelo 2018].

Contudo, a capacitação profissional com tecnologias IoT ainda é um ponto em aberto no Brasil. Como capacitar profissionais que atuarão na construção de soluções usando IoT? Se estas soluções utilizam conceitos tão diversos quanto Eletrônica Analógica e Digital, Redes de Computadores, Programação em Microcontroladores e Desenvolvimento Web, como lidar com esta complexidade e obter engajamento de alunos em atividades de absorção? De forma geral, ensinar como construir sistemas IoT é uma atividade difícil [De Souza and Werner 2021].

Na literatura, alguns autores investigaram como introduzir conceitos de Internet das Coisas em sala de aula. A metodologia BYOD foi aplicada em alunos de uma escola

técnica, que usaram celulares, *tablets* e computadores para realizar um trabalho sobre IoT criado de forma colaborativa usando ferramentas online [Tavares et al. 2018]. Há também uma proposta de curso IoT na literatura que sugere a avaliação do curso baseado em tarefas práticas (25% da nota final), questionários (25% da nota final) e projeto (50% da nota final). Como conteúdo, este curso propõe uma introdução geral à comunicação sem fio, tecnologias que suportam o IoT (e.g., sistemas embarcados), definição formal de IoT, especificação de solução IoT considerando aspectos de hardware e software, arquiteturas para IoT, áreas de aplicação, dispositivos e *frameworks* disponíveis para uso [Khanafar and El-Abd 2019]. Um mapeamento sistemático da literatura analisou 33 artigos publicados entre 2005 e 2017 e mostrou que: a maioria das aplicações desenvolvidas são interdisciplinares; as principais tecnologias utilizadas são dispositivos móveis e *tags* RFID; e que são poucos os trabalhos que conduzem avaliação de aplicações de IoT para educação [Oliveira et al. 2019].

Dada a sua atratividade para jovens estudantes, os jogos já foram amplamente utilizados no contexto educacional. Por exemplo, na literatura é apresentado o desenvolvimento de um jogo competitivo 2D para ensinar conceitos de inteligência artificial usando o aprendizado baseado em projetos, usando pesquisas com alunos e notas finais para analisar a viabilidade da proposta [Lopez-Gazpio 2021]. Outra abordagem utilizou Aprendizagem Baseada em Problemas e Jogos Sérios para aumentar o envolvimento do aluno (por exemplo, em termos de motivação extrínseca, motivação intrínseca, interesse e realização) em um curso de Computação Gráfica, e o trabalho destacou a motivação como resultado da motivação intrínseca (por exemplo, prazer em aprender) e da motivação extrínseca (obter boas notas, melhores perspectivas de emprego), mostrando como a motivação apoia o sucesso educacional [Moradi and Noor 2022].

Considerando propostas de uso de jogos para ensino de IoT, uma iniciativa usou um protótipo de casa inteligente IoT com interface móvel para realizar uma demonstração para alunos do Ensino Médio [Moreira et al. 2020]. Uma revisão sistemática da literatura identificou 12 estudos empíricos sobre o uso de Jogos para ensino de IoT. Alguns desafios encontrados estão relacionados com a programação de sistemas IoT, modularidade e suportar restrições de hardware [De Souza and Werner 2021]. A literatura também apresenta um catálogo para criação de jogos sérios baseados em tecnologias IoT, que define que estes jogos devem possuir as seguintes características: capacidade de endereçamento, objeto deve ser autônomo, sensibilidade ao contexto, mobilidade, *gameplay*, propósito, mercado e público-alvo relevantes [da Silva et al. 2021].

Levando em consideração o desafio de formação técnica em IoT, o objetivo deste artigo é apresentar um relato de experiência do uso de jogos para o ensino de Internet das Coisas para alunos de graduação de cursos de Sistemas de Informação, Ciência da Computação, Engenharia de Software e Engenharia da Computação de forma a complementar as as iniciativas propostas na literatura [Tavares et al. 2018, Khanafar and El-Abd 2019, Oliveira et al. 2019, Moreira et al. 2020, De Souza and Werner 2021, da Silva et al. 2021]. A proposta aborda a realização de uma atividade de absorção referente a arquiteturas de IoT e o uso de uma atividade avaliativa em que os alunos devem criar jogos utilizando as arquiteturas contempladas na atividade de absorção.

O texto está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a atividade de

absorção realizada antes da atividade de avaliação, o enunciado e a rubrica de avaliação desta atividade. Os jogos, notas atribuídas, sua classificação e análise são apresentados na Seção 3. Por fim, a Seção 4 apresenta considerações finais sobre o trabalho.

2. Método

Foi realizada uma aula de 90 minutos como atividade de absorção relacionado às diferentes arquiteturas disponíveis para usar na implementação dos jogos. Conceitos de Eletrônica Analógica e Digital e Desenvolvimento Web são considerados pré-requisitos, enquanto o conteúdo da atividade de absorção possui maior foco na programação do microcontrolador ESP32. A elaboração dos jogos foi uma atividade de avaliação proposta. Ambas as atividades estão descritas nas próximas subseções, e o método para sua criação é ilustrado na Figura 1.

Foram definidos os objetivos de aprendizagem, como o uso de conceitos de Eletrônica Analógica e Digital para interface do dispositivo ESP32 com sensores e atuadores analógicos e digitais, escolha de arquitetura de comunicação considerando conceitos de Redes de Computadores, Programação em Microcontroladores usando a ferramenta Arduino IDE para programar o ESP32, e a prática de Desenvolvimento Web para criação de páginas da interface virtual dos jogos pelos alunos.

A seguir, a atividade de absorção é definida, de forma a suportar os objetivos de aprendizagem descritos. Tutoriais online com exemplos práticos são sugeridos como leituras prévias a uma aula que deve contemplar a exposição de conteúdos sobre três arquiteturas de comunicação, realização de atividades práticas e resolução de dúvidas.

Por fim, a definição da atividade avaliativa contempla o formato de entrega, considerando quais entregáveis devem ser produzidos pelos alunos, o prazo da atividade que deve ser comunicado aos alunos de forma clara, assim como a definição de um enunciado evitando ambiguidades e a definição de uma rubrica de avaliação com níveis e critérios de qualidade para auxiliar a correção dos entregáveis dos alunos.

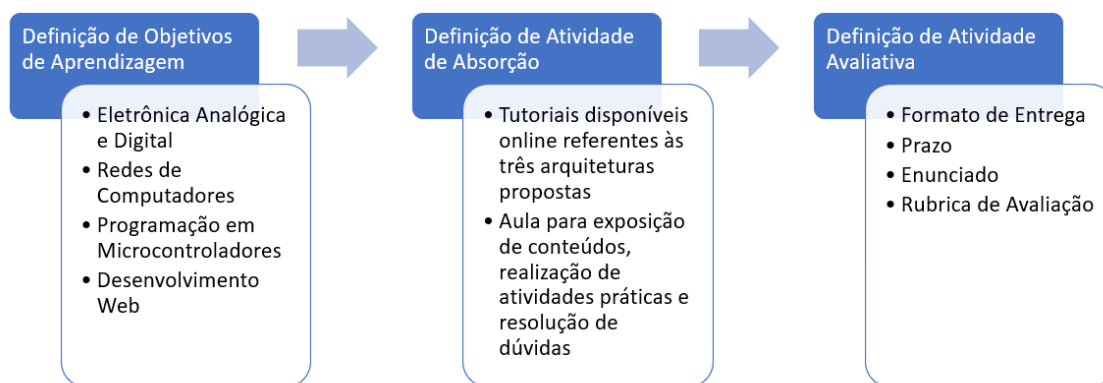


Figura 1. Método proposto para uso de jogos para ensino de IoT

2.1. Atividade de Absorção

Há três arquiteturas possíveis que foram apresentadas aos alunos. Nestas arquiteturas, são utilizados celulares e computadores para acesso às páginas web, dispositivos IoT ESP32,

roteadores e servidores de computação em nuvem. O ESP32 é um microcontrolador utilizado em soluções de IoT com comunicação sem fio WiFi compatível com o padrão 802.11, fabricado pela empresa Espressif [Babiuch et al. 2019].

A **Arquitetura 1** possui um Servidor embarcado no microcontrolador ESP32 e Ponto de Acesso WiFi também no ESP32, conforme ilustrado pela Figura 2. Nesta configuração, o dispositivo ESP32 é utilizado tanto para hospedar o servidor web quanto como um ponto de acesso WiFi. Desta forma, dispositivos clientes como computadores e celulares podem se conectar na rede do dispositivo ESP32 e acessar as páginas hospedadas no servidor web embarcado. Para que os alunos pudessem ter um código base e mais detalhes sobre esta arquitetura, foi sugerida a leitura antes da aula do seguinte material: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-access-point-ap-web-server/>.

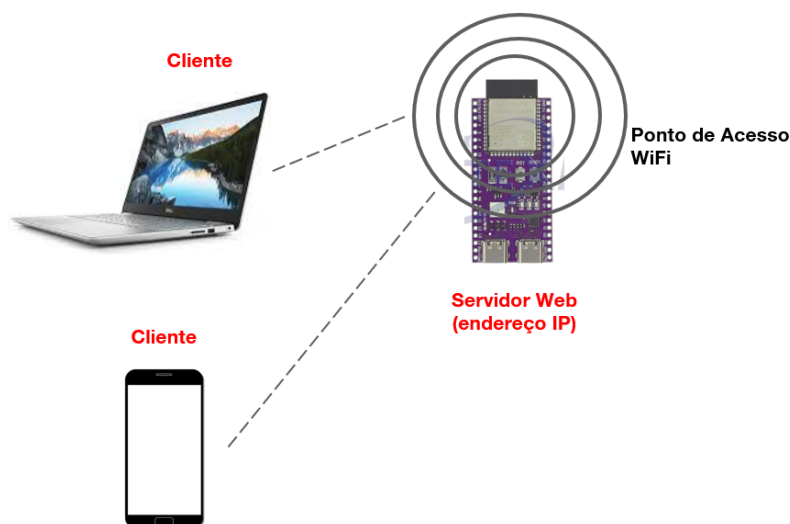


Figura 2. Arquitetura 1: Servidor Embarcado no ESP32, Ponto de Acesso no ESP32

Já a **Arquitetura 2** possui um Servidor embarcado no microcontrolador ESP32 e WiFi em outro roteador que fornece uma rede local para o ESP32, conforme ilustrado na Figura 3. Nesta configuração, ao contrário da Arquitetura 1, a rede WiFi é suportada por um roteador externo, porém o servidor web continua hospedado no dispositivo ESP32. Desta forma, os dispositivos clientes como computadores, celulares e o próprio ESP32 se conectam em uma rede WiFi local. Usuários podem ter acesso às páginas web hospedadas no ESP32 ao acessar o endereço IP deste dispositivo, desde que seu celular ou computador esteja na mesma rede WiFi que o ESP32. Para que os alunos pudessem ter um código base e mais detalhes sobre esta arquitetura, foi sugerida a leitura antes da aula do seguinte material: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-web-server-arduino-ide/>.

Por fim, a **Arquitetura 3** possui Servidor na nuvem e WiFi em outro roteador que fornece uma rede local para o ESP32, vide Figura 4. Nesta arquitetura, as páginas estão hospedadas em servidores de computação em nuvem. Os dispositivos de interface do usuário como celulares e computadores, e o próprio ESP32 são conecta-

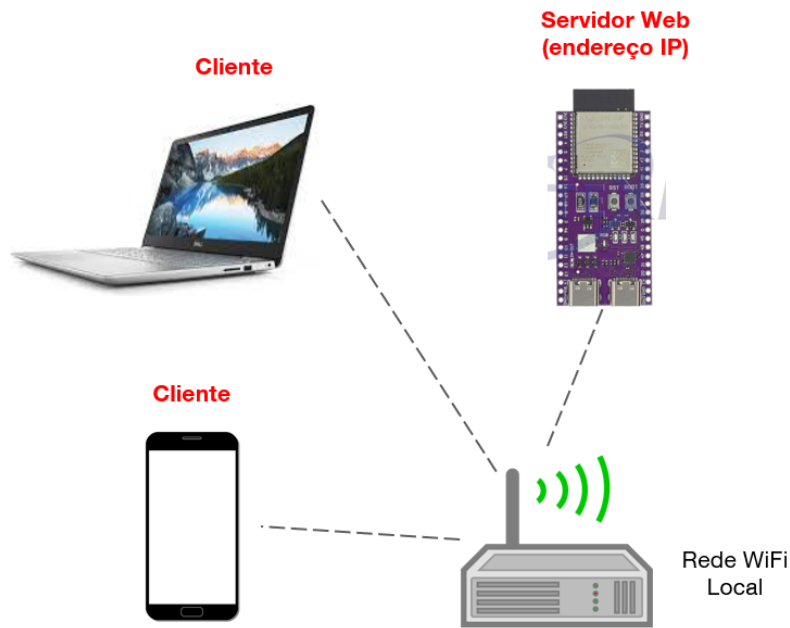


Figura 3. Arquitetura 2: Servidor Embarcado no ESP32, Ponto de Acesso em Roteador

dos à Internet por meio de roteadores, e a comunicação é realizada por meio de servidor web hospedados em servidores de computação em nuvem. Para que os alunos pudessem ter um código base e mais detalhes sobre esta arquitetura, foi sugerida a leitura antes da aula do seguinte material: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-thingspeak-publish-arduino/>.

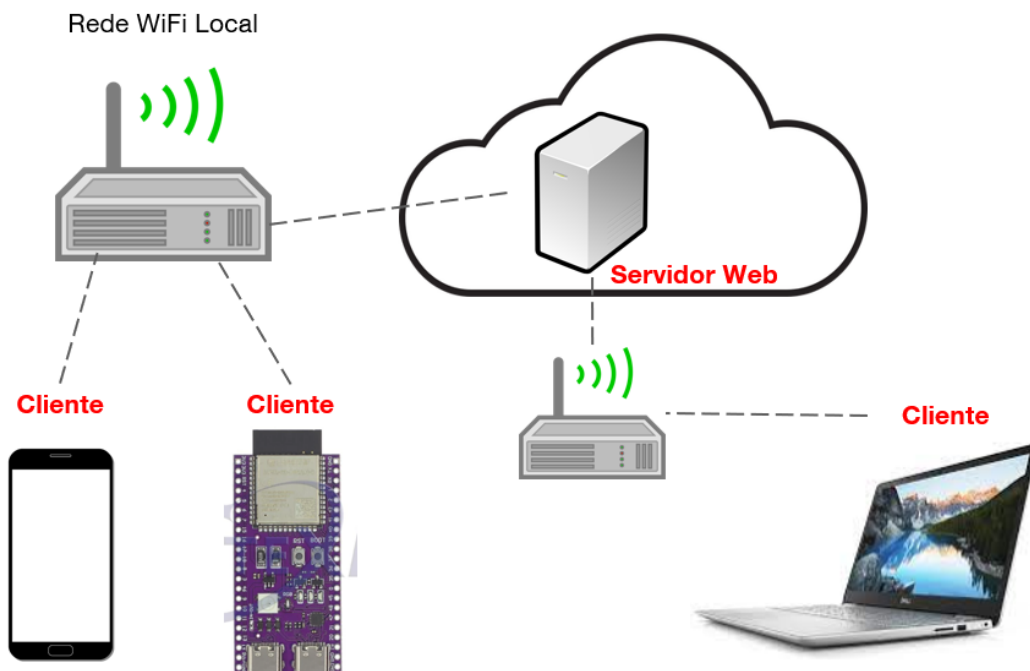


Figura 4. Arquitetura 3: Servidor em Nuvem, Ponto de Acesso em Roteador

2.2. Atividade Avaliativa

Considere o seguinte enunciado da atividade avaliativa:

- Crie um Jogo que permita 2 jogadores interagirem com o microcontrolador ESP32;
- Os jogadores devem interagir por meio de um dispositivo (seja celular ou computador) utilizando uma página Web;
- O ESP32 deve acionar algum atuador indicando o final do game, por exemplo, disparando um motor ou acendendo uma lâmpada via relés;
- Não há restrição quanto a sensores, *KeyPad*, LCDs ou o que você deseje criar para seu jogo.
- Você deve entregar tudo por meio de um link para seu GitHub, contendo:
 1. O código fonte do projeto;
 2. Um link do vídeo demonstrando o funcionamento do projeto;
 3. Uma foto do projeto.

A correção foi realizada por um docente responsável pelos conteúdos técnicos e que realizou a atividade de absorção em sala de aula. A seguinte rubrica de avaliação foi utilizada para atribuição de uma nota entre 0 a 10 pontos, considerando que a nota mínima para aprovação é 7.0:

- 0.0 pontos - o código fonte do projeto não está disponível;
- 2.5 pontos - o código fonte do projeto está disponível, porém o link do vídeo e/ou a foto do projeto não estão disponíveis;
- 5.0 pontos - o código fonte do projeto, o link do vídeo e a foto do projeto estão disponíveis;
- 7.0 pontos - o código fonte do projeto, o link do vídeo e a foto do projeto estão disponíveis, e o jogo possui interface web, mas não há algum resultado do jogo sendo apresentado no ESP32;
- 8.5 pontos - o código fonte do projeto, o link do vídeo e a foto do projeto estão disponíveis, o jogo possui interface web com algum resultado do jogo sendo apresentado no ESP32, mas não suporta a interação de dois jogadores;
- 9.0 pontos - o código fonte do projeto, o link do vídeo e a foto do projeto estão disponíveis, o jogo possui interface web com algum resultado do jogo sendo apresentado no ESP32, suporta a interação de dois jogadores, mas não suporta três ou mais jogadores (e.g., mecanismo de *ranking*);
- 9.5 pontos - o código fonte do projeto, o link do vídeo e a foto do projeto estão disponíveis, o jogo possui interface web com algum resultado do jogo sendo apresentado no ESP32, suporta a interação de três ou mais jogadores (e.g., mecanismo de *ranking*), mas utiliza apenas um dispositivo ESP32;
- 10.0 pontos - o código fonte do projeto, o link do vídeo e a foto do projeto estão disponíveis, o jogo possui interface web com algum resultado do jogo sendo apresentado no ESP32, suporta a interação de três ou mais jogadores (e.g., mecanismo de *ranking*), e utiliza mais de um dispositivo ESP32.

3. Resultados

O principal resultado foi a implementação de 30 jogos por 30 alunos, de um total de 31 alunos da turma. Somente um aluno não realizou a atividade de avaliação.

Considerando as notas obtidas conforme apresentado na Figura 5, a maioria dos alunos obteve notas 9.0 ou 9.5 do total de 10.0 pontos, o que indica jogos com suporte a pelo menos dois jogadores com interface web e algum resultado do jogo sendo apresentado no ESP32.

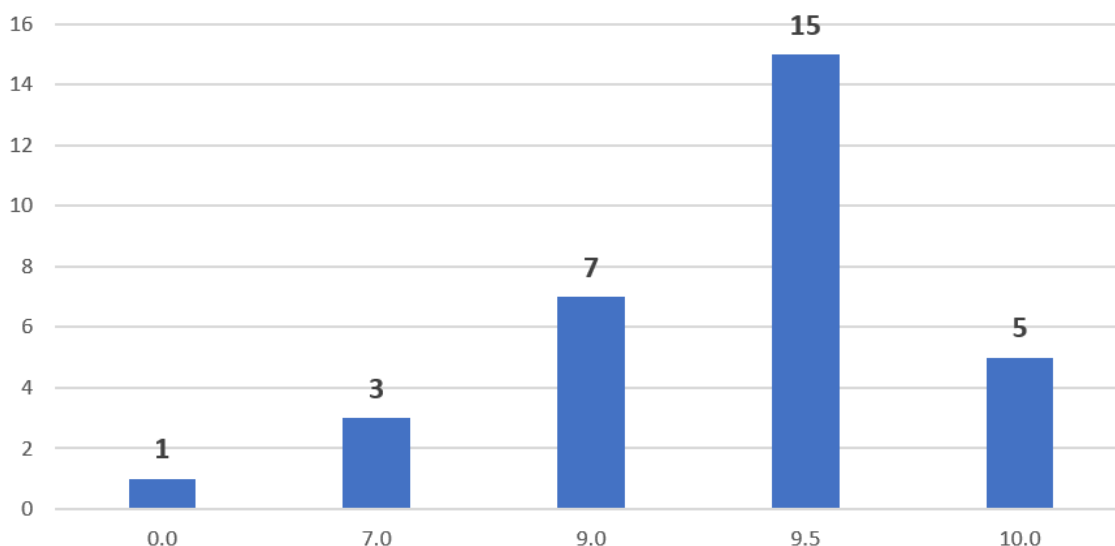


Figura 5. Notas Obtidas com a Atividade de Avaliação

A seguir, 3 jogos desenvolvidos pelos alunos são apresentados como exemplos. O primeiro jogo (vide Figura 6) é um jogo *multiplayer* de perguntas e respostas, em que dois jogadores tentam acertar mais perguntas. Ao final do jogo, o *led* vermelho acende se o jogador vermelho ganhar, ou o *led* azul se acende caso o jogador azul ganhar. Nenhum *led* se acende caso ocorra um empate. Foi utilizada a **Arquitetura 1** ilustrada na Figura 2 neste projeto.

O segundo jogo (vide Figura 7) é um jogo da velha. No decorrer do jogo, o jogador azul é representado pelos *leds* azuis, enquanto o jogador vermelho é representado pelos *leds* vermelhos. Conforme os dois jogadores efetuam suas ações, seus *leds* correspondentes se acendem em cada casa do tabuleiro. Além da montagem física e da interface web, o aluno também efetuou uma versão do jogo no simulador WOKWI. Foi utilizada a **Arquitetura 2** ilustrada na Figura 3 neste projeto.

O terceiro jogo (vide Figura 8) é um jogo para controlar um rato a partir de sensores de luminosidade em dois dispositivos ESP32. Conforme os jogadores fazem mais ou menos sombra nos sensores lidos pelos dispositivos IoT, o rato se movimenta no ambiente virtual criado na ferramenta Godot. O objetivo é coletar a maior quantidade possível de queijos dispostos no ambiente virtual. Foi utilizada a **Arquitetura 3** ilustrada na Figura 4 neste projeto.

4. Considerações Finais

O objetivo deste artigo foi apresentar um relato de experiência do uso de jogos para o ensino de Internet das Coisas para alunos de graduação de cursos de Sistemas de Informação, Ciência da Computação, Engenharia de Software e Engenharia da Computação.

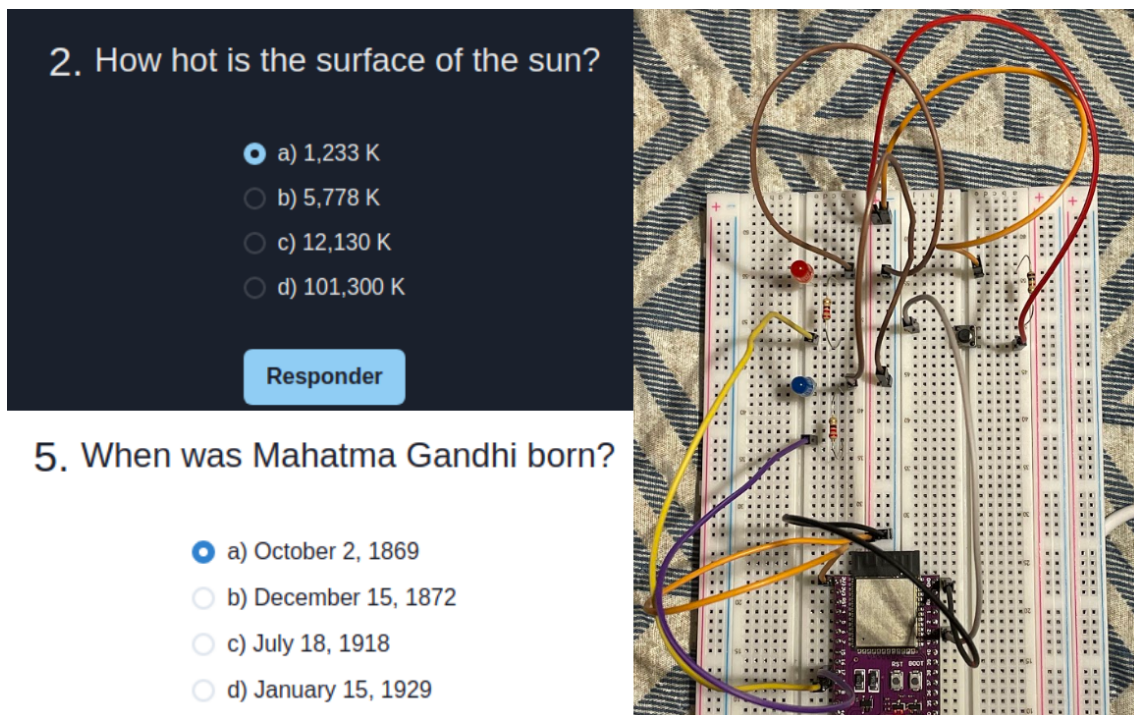


Figura 6. Jogo de Perguntas e Respostas. Duas perguntas são apresentadas à esquerda, e a montagem do projeto é apresentada à direita

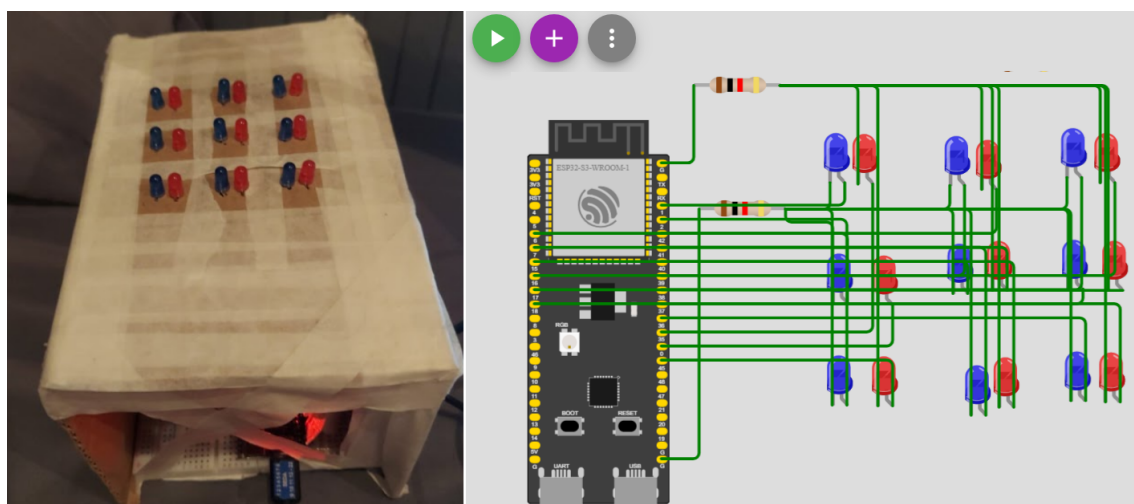


Figura 7. Jogo da Velha. A montagem é apresentada à direita, e o simulador é apresentado à esquerda

Este relato de experiência auxilia a fechar a lacuna destacada na literatura de que há poucos trabalhos que conduzem avaliação de aplicações de IoT para educação [Oliveira et al. 2019]. Os resultados foram positivos, com a implementação de jogos por 30 alunos de um total de 31 alunos da turma, com destaque para alguns jogos criativos como o jogo do rato. Considerando os desafios de formação de profissionais em IoT, o desenvolvimento de jogos pelos alunos contribui como oportunidades de aquisição de competências relacionadas a conteúdos de Eletrônica Analógica e Digital (i.e., interfaces com sensores e atuadores analógicos e digitais para suportar interações com usuários), Redes

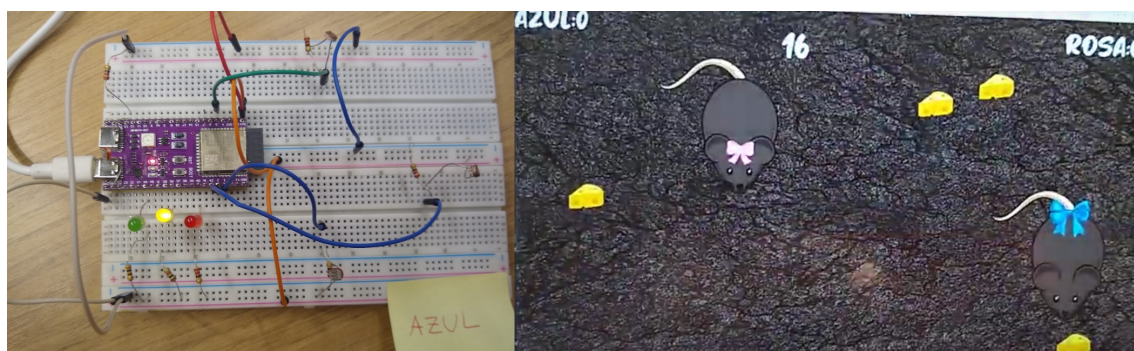


Figura 8. Jogo de controle de ratos em ambiente virtual

de Computadores (i.e., escolha da arquitetura de comunicação dentre as três apresentadas, de acordo com as necessidades do jogo proposto), Programação em Microcontroladores (i.e., programação do ESP32 conforme os materiais sugeridos e a aula ministrada) e Desenvolvimento Web (i.e., páginas em HTML/CSS/JavaScript com as interfaces virtuais dos jogos hospedadas no ESP32 ou em servidores de computação em nuvem, a depender da arquitetura escolhida).

Conforme destacado em um mapeamento sistemático da literatura, uma das tecnologias mais utilizadas para ensino de IoT é o dispositivo móvel [Oliveira et al. 2019]. De forma similar, todos os 30 jogos possuem alguma interface web acessível por celular. O uso de jogos provocou grande engajamento dos alunos, conforme indicado pelas notas altas (27 alunos obtiveram nota maior ou igual a 9.0 de um total de 10.0 pontos). Isso corrobora com outros estudos empíricos que destacam como o uso de jogos pode contribuir para o ensino de IoT [De Souza and Werner 2021]. Dentre as características indicadas no catálogo para criação de jogos sérios baseados em tecnologias IoT [da Silva et al. 2021], podemos destacar que os projetos desenvolvidos pelos alunos possuem : objeto autônomo no caso das Arquiteturas 1 e 2, sensibilidade ao contexto e propósito.

Como trabalhos futuros, é possível explorar o uso de jogos para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de outras tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial e Blockchain. Além disso, coletar outras métricas e artefatos que evidenciem o cumprimento de objetivos de aprendizagem de IoT pode contribuir para uma melhor compreensão de quais competências relacionadas ao IoT podem ser melhor praticadas com o uso de jogos (e.g., coleta de percepções de alunos e de outros docentes com a replicação da abordagem proposta).

Referências

- Angelo, M. (2018). A onda da iot no mar brasileiro.
- Ashton, K. et al. (2009). That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, 22(7):97–114.
- Babiuch, M., Foltýnek, P., and Smutný, P. (2019). Using the esp32 microcontroller for data processing. In *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, pages 1–6. IEEE.
- da Silva, F. N., de Souza, B. P., and Werner, C. M. (2021). Catálogo para criação de jogos sérios para sistemas baseados em iot. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 675–678. SBC.

- De Souza, B. P. and Werner, C. M. L. (2021). Challenges and opportunities on using games to support iot systems teaching. In *2021 XVI Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, pages 518–521. IEEE.
- Khanafer, M. and El-Abd, M. (2019). Guidelines for teaching an introductory course on the internet of things. In *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 1488–1492. IEEE.
- Lopez-Gazpio, I. (2021). Gaining student engagement through project-based learning: A competitive 2D game construction case study. *IEEE Access*.
- Moradi, M. and Noor, N. F. B. M. (2022). The impact of problem-based serious games on learning motivation. *IEEE Access*, 10:8339–8349.
- Moreira, A. P., Alves, G. J., Junior, C. R. B., Flôr, D. E., and Aylon, L. B. R. (2020). Abordagem didática para a popularização da internet das coisas na educação básica. In *Anais Estendidos do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 01–05. SBC.
- Oliveira, R., FalvoJr, V., and Barbosa, E. F. (2019). Internet das coisas aplicada à educação: Um mapeamento sistemático. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 30, page 499.
- Tavares, S., Tori, R., Kofuji, S. T., Marcellos, L., and Garay, J. R. B. (2018). Internet das coisas na educação: estudo de caso e perspectivas. *South American Development Society Journal*, 4(10):99–112.