

Jogo S3rio para Imers3o no Desenvolvimento de *Software* Embarcado em Internet das Coisas no Contexto de Casas Inteligentes

Cleidiana Reis dos Santos, Universidade Federal de Itajub3,
cleidianareis@unifei.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-7588-132X>
Rodrigo Duarte Seabra, Universidade Federal de Itajub3, rodrigo@unifei.edu.br,
<https://orcid.org/0000-0002-7465-2963>

Resumo: Este artigo discute o uso de um jogo s3rio para oferecer uma vis3o geral sobre alguns problemas no desenvolvimento de solu33es em Internet das Coisas (IoT) para casas inteligentes. A utiliza33o de jogos como ferramenta de aprendizado 3 um m3todo prop3cio principalmente para o p3blico mais jovem, por apresentar elementos de divers3o e engajamento. O jogo proposto busca despertar o interesse dos estudantes no assunto, disseminando a ideia e a motiva33o em atuar na 3rea de desenvolvimento por meio de uma experi3ncia que demanda solu33es de problemas no contexto de casas inteligentes. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que o jogo foi capaz de introduzir os estudantes 3 3rea de IoT e motiv3-los a aprofundar seus conhecimentos, tendo avalia33o positiva por parte dos estudantes nos crit3rios t3cnicos investigados.

Palavras-chave: Internet das Coisas; ensino; jogos s3rios; sistemas embarcados; casas inteligentes.

Serious Game for Immersion in Embedded Software Development for the Internet of Things in the Context of Smart Homes

Abstract: This paper uses a serious game to provide an overview of some issues in developing Internet of Things (IoT) solutions for smart homes. The use of games as a learning tool is a suitable method, especially for the younger audience, as they present elements of fun and engagement. The game proposed seeks to kindle students' interest in the subject, disseminating the idea and motivating them to work in the development area in an experience that demands solutions to problems in the context of smart homes. The results allow concluding that the game was able to introduce students to the IoT area and motivate them to enhance their knowledge, having a positive evaluation by students in the technical criteria investigated.

Keywords: Internet of Things; education; serious games; embedded systems; smart homes.

1. INTRODU33O

Internet das Coisas 3 um termo que possui pouco mais de duas d3cadas. Foi em 1999, com Kevin Ashton, diretor executivo do laborat3rio Auto-ID no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que o conceito foi usado pela primeira vez para descrever a habilidade de os sensores se conectarem a novos servi33os na Internet (ASHTON *et al.*, 2009). Enfatizando a 3rea de IoT em cidades inteligentes, Kim *et al.* (2017) exp3em o impacto do crescimento da popula33o em cidades como S3o Paulo e T3quio, frisando que a solu33o mais vi3vel para enfrentar esse problema 3 o desenvolvimento de t3cnicas, de forma inteligente, para reduzir o consumo de recursos em centros superpopulosos.

De acordo com uma projeção publicada em julho de 2021 pela Transforma Insights (2021), é esperado o total de 27,8 bilhões de dispositivos IoT até 2030. Só na China, são previstos 8 bilhões de dispositivos conectados até 2030. Devido ao crescimento do mercado, a pesquisa em tela pode apresentar contribuições para qualquer interessado que almeje adentrar à área de IoT, possuindo apenas conhecimentos básicos de programação. Além disso, este trabalho também tem como público-alvo estudantes de disciplinas relacionadas à eletrônica digital, bem como recém-formados e estagiários em desenvolvimento de *software* embarcado em aplicações IoT. O futuro profissional em desenvolvimento de *software* embarcado pode se beneficiar de ferramentas de ensino para acelerar seu aprendizado, dentre elas, os jogos sérios (*serious games*), que vão além do entretenimento, tendo como objetivo principal propiciar a aprendizagem de conteúdos educacionais curriculares ou de domínio de uma habilidade profissional (CLUA; RODRIGUES, 2020), como no caso desta pesquisa. Além de um âmbito sério, o jogo proposto nesta pesquisa busca despertar o interesse dos estudantes no assunto, disseminando a ideia e a motivação em trabalhar na área de desenvolvimento, considerando o fato de como as aplicações IoT podem ser impactantes no cotidiano.

Com base no exposto, verifica-se, portanto, a oportunidade de concepção e validação de um jogo que promova um primeiro contato com o desenvolvimento em IoT, abordando algumas habilidades que, possivelmente, serão de grande valia para os futuros profissionais do mercado de trabalho da área.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os dispositivos IoT estão cada vez mais presentes nas atividades do cotidiano. Para se tornar um desenvolvedor de aplicações IoT, em geral, é necessário possuir conhecimentos em linguagens de programação e saber analisar as características do *hardware*. Especificamente, para o desenvolvimento de *software* embarcado em IoT, é acrescentada a habilidade de rede de comunicação, por se tratar de dispositivos conectados. A implementação de uma solução IoT pode ser representada por uma arquitetura composta por três camadas (WU *et al.*, 2010; BURHAN *et al.*, 2018): percepção, rede e aplicação. A característica principal de um dispositivo IoT, independente da aplicação, parte da premissa que seja um objeto conectado por uma rede de conectividade, normalmente sem fio, com sensores realizando algum tipo de processamento, visando melhorar as vidas das pessoas nas áreas da saúde, produtividade, lazer, segurança, comodidade etc.

O componente inteligente de um projeto IoT é o microcontrolador, que, por si só, não é um dispositivo IoT, passando a fazer parte de uma solução IoT quando seu *software* embarcado é programado para se conectar à rede por meio de algum protocolo de comunicação. Comumente, microcontroladores disponíveis no mercado podem ser programados na linguagem C, a linguagem de programadores embarcados (BARR, 1999).

Marikyan *et al.* (2019) conduziram uma revisão sistemática da literatura e apontaram que as principais características utilizadas para a definição de casas inteligentes são a aplicação de tecnologia, execução de serviços e a habilidade de satisfazer necessidades dos usuários. Uma casa inteligente representa dispositivos e sensores integrados a um sistema inteligente (tecnologia), oferecendo gerenciamento, monitoramento, suporte e responsividade (serviços), bem como benefícios econômicos, sociais, emocionais, de saúde, sustentabilidade e segurança (necessidades do usuário).

Em um mundo conectado, a tendência é que cada vez mais a abordagem educacional seja baseada em jogos digitais. Entre os tipos de jogos educacionais, o jogo desenvolvido nesta pesquisa é caracterizado como um jogo sério, voltado para o treinamento e melhoria de habilidades. O conceito de jogos sérios, ou jogos de propósito, foi utilizado pela primeira vez em 1987, na obra publicada por Abt (1987), na qual definiu-se que jogos sérios podem ser usados no ensino e treinamento em qualquer idade. Durante o jogo, os jogadores assumem personagens, resolvem problemas e são guiados pela motivação e diversão proporcionada pelo jogo. A criação de um cenário para experimentação dentro do jogo traz vivência e construção de conhecimento. Jogos sérios podem prover reabilitação, treinamento, simulação e aprendizagem (WILKINSON, 2016).

A revisão da literatura conduzida recentemente por Feichas *et al.* (2021) mostrou que o uso de jogos na aprendizagem trouxe um impacto positivo em 22 de 28 publicações analisadas no período compreendido entre os anos de 2015 e 2020. Os principais benefícios observados nesses trabalhos foram o engajamento e a motivação dos participantes.

2.1 Trabalhos Correlatos

Desde o surgimento do termo jogos sérios, seu escopo e disponibilidade vêm se expandindo, e muitos jogos têm sido criados pelo mundo. Os trabalhos que possuem mais afinidade com ensino em aplicações IoT são listados nesta subseção.

Nima *et al.* (2018) desenvolveram um jogo sério em 2D para apresentar conceitos de IoT em cidades inteligentes, como compartilhamento de informação, mobilidade, segurança, rede de dispositivos, interoperabilidade e conectividade. O jogador aprende sobre como escolher a tecnologia que será utilizada no mundo real. O jogo foi utilizado por 19 estudantes de ciência da computação, que, após a experimentação, avaliaram o jogo via um formulário. Dos cinco critérios investigados (*design*, usabilidade, complexidade, flexibilidade e alcance dos objetivos do ensino), a flexibilidade teve resultado inferior a 40% e os demais critérios ficaram acima de 70%.

Oliveri *et al.* (2019), em sua pesquisa, desenvolveram um jogo, em ambiente 3D, buscando trazer conhecimento de IoT em Indústria 4.0, com escolha superficial de componentes e soluções. Foi desenvolvido utilizando a *engine* de jogo Unity. A avaliação do jogo foi realizada com um número reduzido de jogadores (quatro participantes), portanto, o autor afirma que o estudo não traz resultados conclusivos sobre o desempenho da ferramenta. Chochiang *et al.* (2019) desenvolveram uma plataforma para ensino IoT, chamada ArViz, compatível com a programação do Arduino. A programação é baseada em blocos, portanto, não é necessário que o jogador tenha experiência com as linguagens C/C++. A ferramenta foi testada com 28 estudantes do ensino médio por meio de questionários de pré e pós-teste. A ferramenta apresentou melhoria nos conhecimentos em IoT de 95% dos participantes e a satisfação geral com o ArViz foi de 80%.

3. MÉTODO

O foco do jogo proposto nesta pesquisa – Desafio IoT – é apresentar o desenvolvimento de aplicações no dispositivo de sensores e atuadores, não sendo abordados outros componentes de uma solução IoT, como gerenciamento de rede e apresentação de dados via *dashboard*. Portanto, as aplicações IoT abordadas no jogo

terão componentes de *hardware* e *software* para dispositivos que realizam coleta de informações, acionamento de cargas e automação residencial.

3.1 Jogo Desafio IoT

O Desafio IoT é um jogo *web online*, no estilo *puzzle*, no qual os desafios são de dificuldade crescente, com objetivos claros para o jogador. Os desafios possuem limite de tempo e são resolvidos por meio de quebra cabeças, com inventário de itens, combinação de ferramentas e trechos de programação. O jogo foi desenvolvido utilizando a *engine* Unity na linguagem C#, com estilo de arte em *pixel art*. O jogo Desafio IoT pode ser acessado no seguinte *link*: <https://cleidiana.itch.io/desafio-iot>

Para seu desenvolvimento, foi utilizado o modelo LM-GM (*Learning Mechanics – Game Mechanics*) (ARNAB, 2015), permitindo apontar os aspectos educacionais e de entretenimento contidos no jogo e suas relações. O Quadro 1 mostra a relação das oito mecânicas de jogo e de aprendizado no Desafio IoT, identificadas pela análise do modelo LM-GM.

Quadro 1. LM-GM do jogo. Fonte: Os autores.

Mecânicas de aprendizado	Mecânicas de jogo
Instrucional	História
Objetivo Descoberta	Nível Eliminação
Guia Planejamento Análise	Encontro marcado Tempo limitado Seleção
Responsabilidade	Movimentação
Repetição	Momento comportamental

Como base para os assuntos abordados durante o jogo, ou seja, os conceitos IoT que o jogo apresenta, foram utilizadas pesquisas sobre “Mercado Brasileiro de Desenvolvimento de Sistemas Embarcados e IoT”, realizadas pelo portal Embarcados (2019; 2021) nos anos de 2019 e 2021. Dos resultados apresentados, destacam-se os que foram abordados no jogo: comunicação sem fio, alimentação por bateria e resposta em tempo real foram os recursos mais utilizados nos projetos desenvolvidos. Entre as tecnologias sem fio nos projetos, as mais utilizadas são *wi-fi* e *bluetooth*. Como sistema operacional em tempo real, o mais utilizado foi FreeRTOS. A ferramenta de codificação mais utilizada é Visual Studio Code e a linguagem de programação C. Entre os *kits* de desenvolvimento, o mais usado é o *kit* fornecido pelo fabricante e, em seguida, o ESP32. O jogo aborda esses assuntos no ambiente de casas inteligentes, porém as habilidades adquiridas podem ser aplicadas em outras áreas IoT.

O cenário do jogo é ambientado dentro de uma casa (Figura 1a), com vários cômodos iguais e/ou parecidos, sendo que o jogador tem a visão apenas de uma parte da casa enquanto joga (Figura 1b). A movimentação por esse cenário é uma mecânica importante do jogo necessária para a realização dos desafios, tendo em vista que algumas etapas possuem tempo limitado. O jogador tem liberdade para seguir qualquer caminho e poderá iniciar qualquer um dos projetos por meio dos pontos de ativação disponíveis no mapa. O jogo foi dividido em cinco projetos IoT residenciais diferentes e cada um deles possui, no máximo, cinco versões, totalizando um número de 13 desafios.

Os projetos IoT explorados nesta versão do jogo foram: (i) P1 – monitore a presença de chuva na casa por *wi-fi*; feche a janela quando chover; (ii) P2 – monitore a umidade do solo das flores por *bluetooth*; com auxílio da bomba de irrigação, regue as plantas quando necessário; as plantas estão secas, altere a rega para quando a umidade

do solo estiver abaixo de 70%; (iii) P3 – monitore a corrente elétrica do ar-condicionado por *bluetooth*; monitore a temperatura e a umidade da casa por *bluetooth*; desligue o ar-condicionado quando estiver ligado sem necessidade; (iv) P4 – ligue o alimentador do cachorro às 8h e às 17h, avisando por *wi-fi*; prepare um café às 7h, ligando a cafeteira, avisando por *wi-fi*; agende um alerta sonoro, por 5 minutos, às 7h30, avisando por *wi-fi*; altere a alimentação do projeto para bateria e mude a conectividade para *bluetooth*; (v) P5 – usando controle de voz, ligue e desligue as lâmpadas, avisando por *wi-fi*.

Assim que o jogo é inicializado, cinco pontos de ativação para os desafios estão disponíveis no mapa, sendo a primeira versão (V0) de todos os cinco projetos. Cada desafio é composto por quatro etapas, a saber: ativar desafio; pegar componentes de *hardware* (Figura 2a); levar até o computador; e programar solução IoT. Os passos “pegar componentes” e “levar até o computador” devem ser realizados dentro de um tempo específico; caso o jogador não chegue a tempo no PC (computador) disponibilizado no ambiente da casa, os itens e o desafio são resetados.



Figura 1. Cenário completo do jogo (a) e visão do jogador (b). Fonte: Os autores.

Caso os itens escolhidos não estejam corretos para solucionar o desafio, o jogador deve buscar novamente os itens corretos no armário; assim que acertar todos os componentes de *hardware*, o jogador vai para o próximo passo, a programação. O projeto é programado na linguagem C e os códigos apresentados são, dentro do possível, correspondentes aos usados na prática real de desenvolvimento. O uso da tela do computador durante a programação no jogo tem recursos similares ao *software* de programação Visual Studio, com a extensão do ESP-IDF (extensão para programar o ESP-32 pelo Visual Studio). A documentação necessária para a solução do problema está disponível no manual do jogo.

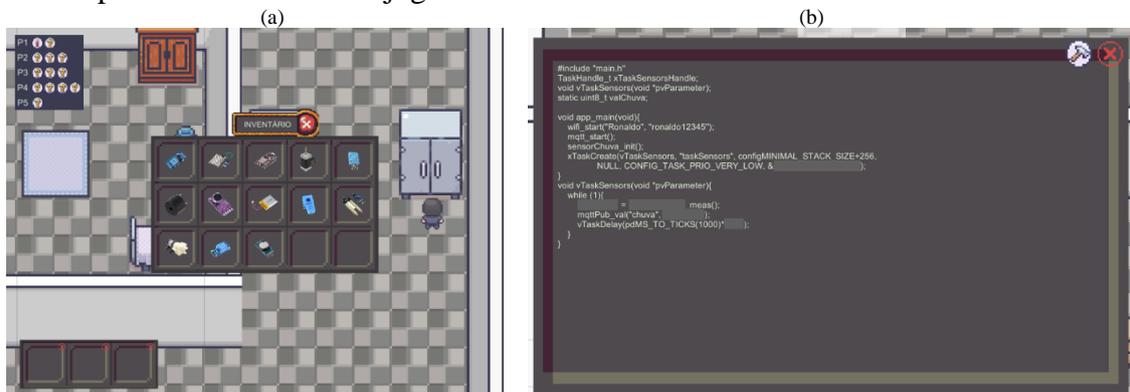


Figura 2. Inventário do jogo (a) e tela de programação (b). Fonte: Os autores.

O desafio na etapa de programação é apresentado com espaços vazios que devem ser preenchidos de acordo com o manual, com nomes de funções, variáveis, tipos de variáveis, parâmetros de funções e variáveis de tempo (Figura 2b). Se os campos

forem preenchidos corretamente, o desafio é concluído e seu ponto de ativação não aparece mais no mapa. Caso possua mais versões, o ponto de ativação da próxima versão é colocado no mapa. O jogo termina quando todas as versões dos projetos forem concluídas. A situação atual do jogador em relação aos desafios é exibida no canto superior esquerdo do cenário do jogo, mostrada na Figura 1b. Quando o desafio ainda não foi descoberto, ele é representado pela interrogação amarela; quando foi descoberto e não solucionado, é apresentado pela exclamação vermelha; quando o desafio foi resolvido, é assinalado pelo visto verde. A correção de cada desafio é composta por duas etapas sequenciais – *hardware* e *software*/programação – e só pode ser jogada a etapa de programação se o *hardware* escolhido (se for necessário para resolver o problema) estiver correto. A combinação de componentes de *hardware* correto para cada desafio é apenas uma, e a validação é feita por comparação de igualdade. A correção na etapa de programação é também feita por igualdade, ou seja, cada campo preenchido possui apenas uma resposta correta. A Figura 3 ilustra o fluxo geral do jogo.

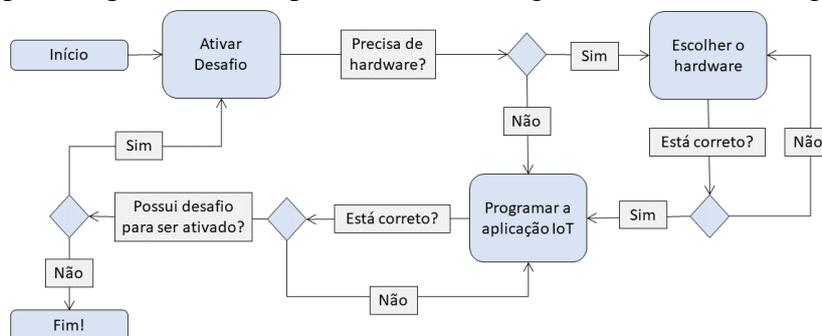


Figura 3. Fluxo do jogo. Fonte: Os autores.

3.2 Participantes e Descrição do Método

Após o desenvolvimento do jogo proposto, foi conduzido um estudo com 31 estudantes matriculados na disciplina Programação de Sistemas Embarcados, durante um período de 35 dias, no segundo semestre letivo de 2022 da Universidade Federal de Itajubá. Os participantes puderam utilizar o jogo pelo tempo que quisessem nesse período. Os alunos participantes foram comunicados quanto à experimentação do jogo, o propósito principal da pesquisa, bem como sobre o anonimato e uso dos dados coletados. Primeiramente, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi preenchido. Antes de utilizarem o jogo, os estudantes foram instruídos a responder a um questionário de conhecimento técnico (pré-teste). Após o período de teste, os estudantes finalizaram a avaliação do jogo por meio de três questionários da etapa pós-teste: questionário de conhecimento técnico (o mesmo do pré-teste), questionário sobre a utilização do jogo e formulário de avaliação MEEGA+ (*Model for the Evaluation of Educational Games*), proposto por PETRI *et al.* (2019).

O questionário técnico possui 11 (Quadro 2) questões, de forma a abranger os conteúdos apresentados no jogo, tendo como objetivo verificar se os participantes melhoraram o conhecimento na área de IoT, validando o objetivo da ferramenta. O questionário sobre a utilização do jogo possui cinco questões e objetiva mensurar a percepção de cada aluno após a experimentação do jogo. As perguntas tratam sobre o interesse por jogos, o tempo jogado e a motivação durante o jogo. O método para avaliação de jogos educacionais MEEGA+ foi escolhido para avaliar o jogo. O questionário aplicado possui 31 questões que usam uma escala *Likert* de cinco pontos, sendo dividido em oito dimensões: usabilidade, confiança, desafio, satisfação, diversão, atenção focada, relevância e aprendizagem percebida. Em relação ao questionário

original, quatro questões não foram investigadas, além da dimensão “interação social”, por não se aplicarem ao jogo proposto nesta pesquisa.

Quadro 2. Questionário de conhecimento técnico. Fonte: Os autores.

Questão	
Q1	Eu entendo a utilidade de aplicações IoT
Q2	Eu sei para que serve um microcontrolador
Q3	Eu sei como é feita a programação de <i>firmware</i>
Q4	Eu já resolvi um problema ou desenvolvi um projeto usando IoT
Q5	Eu gostaria de trabalhar com desenvolvimento de <i>firmware</i> para IoT
Q6	Eu sei utilizar bibliotecas para escrever códigos
Q7	Eu estou familiarizado com sensores e atuadores (dispositivos de saída) como partes de um projeto
Q8	Quantos exemplos IoT você consegue citar?
Q9	Selecione os sistemas operacionais de tempo real (RTOS) que você conhece
Q10	Selecione os microcontroladores/fabricantes que você conhece
Q11	Selecione as linguagens de programação que você conhece

4. RESULTADOS

Em relação à faixa etária dos estudantes, apenas um participante possui idade inferior a 18 anos (3,2%). 23 participantes (74,2%) possuem idades entre 18 e 20 anos; a faixa etária entre 21 e 23 anos foi composta por seis estudantes (19,4%) e apenas um participante possui idade superior a 24 anos (3,2%). No que se refere às respostas sobre o questionário de conhecimento técnico (Quadro 2), foi possível comparar a percepção dos estudantes sobre o tema antes e após a experimentação do jogo. As questões Q1 a Q7 utilizaram a escala *Likert* com cinco pontos, e mostraram que as respostas “*concordo totalmente*” e “*concordo parcialmente*” aumentaram, em média, 12 pontos percentuais. A Figura 4 mostra a distribuição das frequências das respostas de cada questão.

As questões que tiveram maior acréscimo foram: Q4, que variou de 6% para 29%; Q2, que variou de 71% para 90%; e Q3, que variou de 16% para 32%. As questões Q5, Q7 e Q6 apresentaram os menores acréscimos, respectivamente. Todas as questões tiveram aumento de, pelo menos, um participante escolhendo as opções “*concordo totalmente*” ou “*concordo parcialmente*”, o que indica um efeito positivo da experiência no conhecimento dos participantes. A questão Q8 apontou, inicialmente, maior número de participantes (48%) que não conheciam qualquer aplicação IoT e 25% que conheciam mais de três aplicações. Após experimentarem o Desafio IoT, as respostas de que não conheciam nenhuma aplicação reduziram para 23%, e que conheciam mais de três aplicações subiram para 40%. As respostas “duas” e “três” aplicações tiveram leve variação positiva, de 13% para 20% e 6% para 10%, respectivamente, e a resposta “uma” se manteve em 6%. A questão Q9 mostrou que a maioria dos participantes não conhecia qualquer sistema operacional em tempo real (RTOS), sendo 55% antes e 52% depois de jogarem o Desafio IoT. O FreeRTOS, sistema tratado no jogo, teve acréscimo de 23% para 35% dos participantes que relataram conhecê-lo. A questão Q10 mostrou que os microcontroladores mais conhecidos dos participantes eram Arduino e ESP32. O Arduino foi escolhido por 97% e 90% dos participantes antes e depois de jogarem, respectivamente. O ESP32, que é o microcontrolador abordado no jogo, teve acréscimo de 19% para 39% dos participantes.

Na questão Q11, 30 participantes relataram conhecer a linguagem C, indicando que seriam capazes de ler os códigos presentes no jogo.

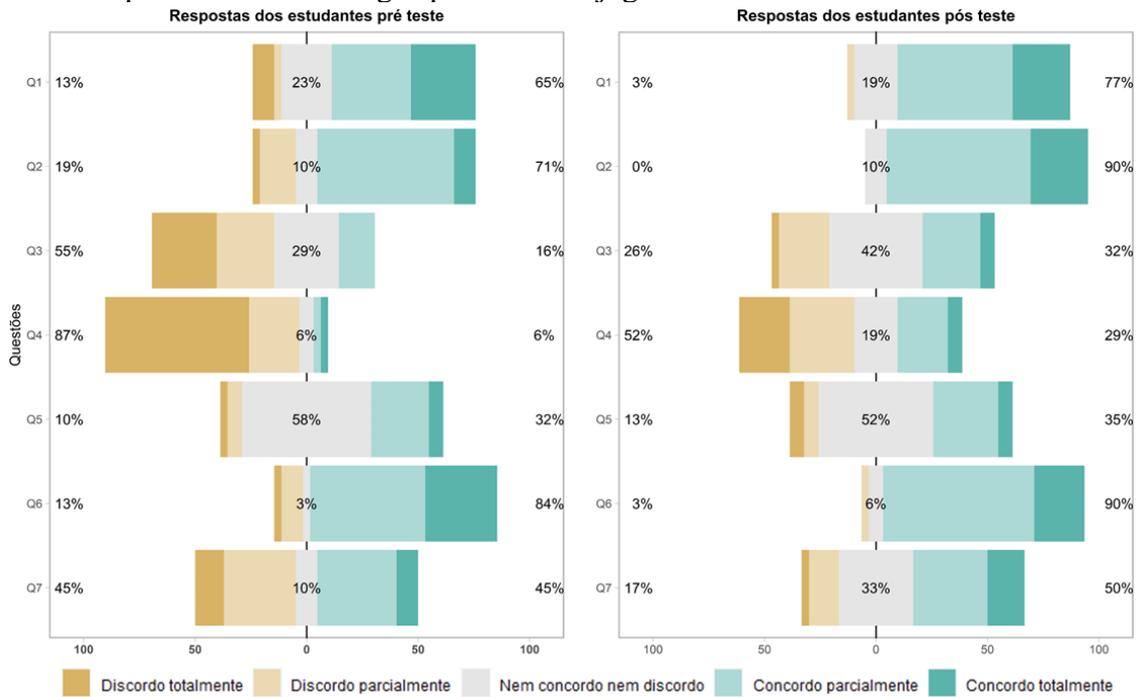


Figura 4. Respostas do pré e pós-teste dos participantes. Fonte: Os autores.

O questionário sobre a utilização do jogo mostrou que todos, exceto um participante, disseram gostar de jogos. Quando questionados se estudaram para jogar o Desafio IoT, a maior parte (17 estudantes) respondeu que “*não*” e 14 estudantes responderam que “*sim*”. A maior parte dos participantes respondeu que tem interesse em aprofundar algum conceito aprendido no jogo (22 “*sim*” e nove “*não*”), indicando que o jogo alcançou um de seus objetivos, que é incentivar os jogadores a adentrar à área de IoT. Em relação ao tempo que cada participante passou jogando, a opção mais escolhida foi a “*uma a duas horas*” (14 participantes) e, em seguida, “*duas a três horas*” (nove participantes). O número de participantes que apontou ter jogado por “*menos de uma hora*” foi seis. Os estudantes também informaram quanto tempo haviam jogado pela última vez antes de preencher o formulário, e a resposta predominante foi “*uma a duas semanas*”, com 15 respostas.

A Figura 5 mostra os resultados das respostas ao questionário MEEGA+ em forma de distribuição de frequências com os valores das médias e desvios padrão para as oito dimensões analisadas. Considerando as 31 questões, 57% das respostas foram “*concordo totalmente*” ou “*concordo parcialmente*”, enquanto 23% foram “*não concordo nem discordo*” e 20% “*discordo totalmente*” ou “*discordo parcialmente*”. A aprovação foi superior a 60% em três das oito dimensões avaliadas, sendo elas “*satisfação*”, “*relevância*” e “*desafio*”, com 72%, 69% e 62% de respostas “*concordo totalmente*” ou “*concordo parcialmente*”, respectivamente. A dimensão que apresentou pior resultado foi a de “*atenção focada*”, em que apenas 34% das respostas concordaram com as afirmações, sendo a única com resultado abaixo de 50%. Este dado indica que um dos pontos que mais poderia ser melhorado no jogo está relacionado a atrair a atenção do jogador, que possivelmente aumentaria seu envolvimento com o jogo e o aprendizado. Uma das formas para tentar melhorar esse resultado poderia ser aumentando o grau de imersão do jogador no ambiente do jogo.

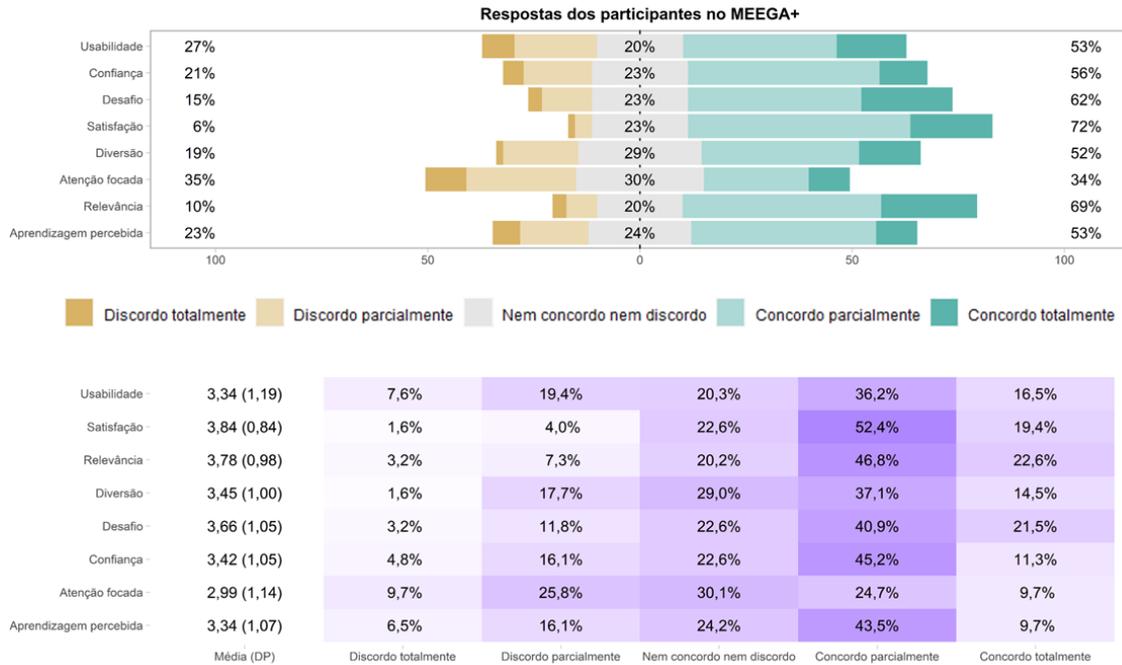


Figura 5. Respostas ao questionário MEEGA+. Fonte: Os autores.

A nota média da avaliação realizada foi obtida atribuindo valores de 1 a 5 aos níveis de concordância da escala *Likert*, sendo que uma média 3 indicaria concordância e discordância equivalentes para o total de participantes e de afirmações. A média geral das oito dimensões foi 3,48, apontando para uma boa avaliação do jogo. As dimensões “satisfação” e “relevância” alcançaram as maiores médias, com 3,84 e 3,78, respectivamente, e somente a dimensão de “atenção focada” teve média inferior a 3.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal motivação desta pesquisa pode ser justificada pela demanda por profissionais qualificados que aumenta com a evolução tecnológica da IoT e o baixo interesse dos estudantes seguem nesta área. Visando aumentar o interesse dos estudantes por meio de um método de aprendizado mais motivador, este trabalho propôs o jogo sério Desafio IoT como uma ferramenta para auxiliar no primeiro contato com ambientes e aplicações IoT. O jogo promove uma visão geral sobre alguns problemas e soluções no desenvolvimento de *software* embarcado em IoT para casas inteligentes.

O jogo foi avaliado por meio de questionários que apresentaram como resultados que a solução atende ao objetivo principal de proporcionar um primeiro contato com desenvolvimento IoT e incentivar os estudantes a buscarem mais conhecimento sobre o assunto. As respostas dos participantes em relação à experiência vivenciada mostraram que o jogo teve avaliação positiva em sete das oito dimensões avaliadas, apontando que o jogo cumpriu o papel de integrar o ambiente gamificado com a resolução de problemas e o aprendizado. Como trabalhos futuros, propõe-se o incremento do Desafio IoT para outras áreas, como cidades inteligentes, além de casas inteligentes, que foi o foco desta abordagem. É preciso também realizar melhorias sobretudo no aspecto de intensificar a atenção do jogador, considerando a avaliação realizada. Além disso, os componentes de *hardware* e *software* utilizados no jogo podem ser ampliados, bem como a quantidade de desafios propostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABT, C. C. **Serious Games**. Lanham: University Press of America, 1987.

ARNAB, S. *et al.* Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. **British Journal of Educational Technology**, v. 46, n. 2, p. 391-411, 2015.

ASHTON, K. *et al.* That ‘internet of things’ thing. **RFID Journal**, v. 22, n. 7, p. 97114, 2009.

BARR, M. **Programming embedded systems in C and C++**. O'Reilly Media, Inc., 1999.

BURHAN, M. *et al.* IoT elements, layered architectures and security issues: a comprehensive survey. **Sensors**, v. 18, n. 9, p. 2796, 2018.

CHOCHIANG, K. *et al.* ArViz: an IoT teaching tool for high school students. In: **2019 23rd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)**, IEEE, p. 87-91, 2019.

CLUA, E.; RODRIGUES, R. F. **Jogos, entretenimento e expressões digitais**. Cristiano Maciel, José Viterbo. Computação e Sociedade. Cuiabá: EdUFMT Digital, v.3, p. 98-139, 2020.

EMBARCADOS. **Pesquisa sobre o Mercado Brasileiro de Desenvolvimento de Sistemas Embarcados e IoT 2019**. 2019. Disponível em:< <https://www.embarcados.com.br/pesquisa-mercado-brasileiro-2019/>> Acesso em: 1 jun. 2022.

EMBARCADOS. **Relatório da Pesquisa sobre o Mercado Brasileiro de Sistemas Embarcados e IoT 2021**. 2021. Disponível em:< <https://www.embarcados.com.br/relatorio-da-pesquisa-sobre-o-mercado-brasileiro-de-sistemas-embarcados-e-iot-2021/>> Acesso em: 1 jun. 2022.

FEICHAS, F. A. *et al.* Gamificação no ensino superior em ciência da computação: uma revisão sistemática da literatura. **RENOTE**. v. 19, n. 1, p. 443-452, 2021.

KIM, T. *et al.* Smart city and IoT. **Future Generation Computer Systems**, v. 76, p.159-162, 2017.

MARIKYAN, D. *et al.* A systematic review of the smart home literature: a user perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 138, p. 139-154, 2019.

NIMA, U. *et al.* A serious game for competence development in internet of things and knowledge sharing. In: **2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**, IEEE, p. 1786-1790, 2018.

OLIVERI, M. *et al.* Designing an IoT-focused, multiplayer serious game for industry 4.0 innovation. In: **2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)**, IEEE, p. 1-9, 2019.

PETRI, G. *et al.* MEEGA+: um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 27, n. 3, p. 52-81, 2019.

TRANSFORMA INSIGHTS. **Transforma Insights makes powerful new IoT forecast resource available for all**. 2021. Disponível em: < <https://transformainsights.com/news/powerful-new-iot-forecast-tool>> Acesso em: 23 out 2021.

WILKINSON, P. A brief history of serious games. In: **Entertainment Computing and Serious Games**. Dagstuhl Castle, Germany: Revised Selected Papers, p. 17-41, 2016.

WU, M. *et al.* Research on the architecture of Internet of Things. In: **2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)**, IEEE, p. V5-484-V5-487, 2010.