

REMOTE PAD: ENSINO DE INFORMÁTICA ATRAVÉS DE DESENVOLVIMENTO DE CONTROLE REMOTO PARA JOGOS UTILIZANDO APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO

Átila Camurça Alves¹, Sandro César Silveira Jucá², Renata Imaculada Soares Pereira³, Pedro Bruno Silva Lemos⁴, Jonathan Felipe da Silva⁴

¹ Cientista da Computação pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Maracanaú-CE, Brasil.

² Doutor em Engenharia Elétrica, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Maracanaú-CE, Brasil.

³ Doutora em Engenharia Elétrica, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Arapiraca-AL, Brasil.

⁴ Doutorando em Ensino (RENOEN) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Fortaleza-CE, Brasil.
E-mail: sandrojuca@ifce.edu.br

Recebido em: 15/08/2021 – Aprovado em: 15/09/2021 – Publicado em: 30/09/2021
DOI: 10.18677/EnciBio_2021C41

trabalho licenciado sob licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a implementação do aplicativo Remote Pad que tem como objetivo estimular alunos de informática a programar e controlar jogos de computadores através de um ou mais smartphones ao mesmo tempo utilizando software livre. O produto educacional proposto utiliza o protocolo MQTT (do inglês *Message Queuing Telemetry Transport*), que possibilita o envio e a sincronização de dados em tempo real. A ideia principal é mostrar o uso da metodologia Aprendizagem Baseada em Projeto (ABP) para o desenvolvimento de uma plataforma de emulação de controle de jogos que utiliza tecnologias relacionadas à Internet das Coisas através de conexões do tipo *Publish/Subscribe* e ferramentas assíncronas de controle de entrada e saída não-bloqueantes para serem aplicadas em gamificação e em jogos visando o ensino de conceitos de informática.

PALAVRAS-CHAVE: ABP, Ensino, Informática.

REMOTE PAD: TEACHING COMPUTERS THROUGH DEVELOPING REMOTE CONTROL FOR GAMES USING PROJECT-BASED LEARNING

ABSTRACT

This article presents the development and implementation of the Remote Pad application, which aims to encourage computer students to program and control computer games through one or more smartphones at the same time using free software. The proposed educational product uses the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protocol, which enables the sending and synchronization of data in real time. The main idea is to show the use of the Project-Based Learning (ABP) methodology for the development of a game control emulation platform that uses technologies related to the Internet of Things (IoT) through Publish/Subscribe

type connections and asynchronous control tools. Non-blocking input and output to be applied in gamification and games aimed at teaching computer concepts.

KEYWORDS: PBL, Teaching, Computer science.

INTRODUÇÃO

A internet das coisas tem como característica a conexão de dispositivos e eletrodomésticos do cotidiano na rede mundial de computadores, onde um dos principais objetivos dessa revolução tecnológica é tornar o mundo físico e o digital mais integrado, o que vem influenciando também nos processos de ensino-aprendizagem da área de informática, o que possibilita juntamente com o uso do computador um processo de ensino-aprendizagem mais criativo, interdisciplinar e motivador (SALES *et al.*, 2020; SILVEIRA JUNIOR *et al.*, 2015).

Com esta evolução nasceram também protocolos para a otimização da comunicação entre equipamentos, entre eles, *CoAP*, *UDP*, *6LoWPAN*, *Zigbee*, *BLE* e *MQTT*. Este último criado por Dr. Andy Stanford-Clark da IBM, e Arlen Nipper da Arcom (atualmente Eurotech), obteve uma grande adoção e suporte através de sua implementação em vários ambientes e linguagens de programação diferentes (SANTOS *et al.*, 2021). O MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) é caracterizado por ser um protocolo extremamente simples e leve para troca de mensagens, projetado para pequenos dispositivos de largura de banda baixa, alta latência ou conectados a redes não-confiáveis (PIPER, 2015; SANJUAN *et al.*, 2020).

O termo internet das coisas foi criado, no ano de 1999, por Kevin Ashton quando desenvolvia pesquisas que acerca da identificação por radiofrequência - em inglês, *Radio-Frequency Identification* (RFID) - para o Auto-ID Laboratory da *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (GODOI; ARAÚJO, 2019). Para Ashton, o referido termo estaria relacionado à necessidade dos computadores tornarem-se capazes de entender o mundo sem a dependência da inserção de dados/informações por humanos, fazendo mediante sensores conectados a eles. (GODOI; ARAÚJO, 2019).

A internet das coisas, portanto, tem apresentado um elevado potencial de aplicabilidade em diversas áreas e setores tecnológicos do processo produtivo, assim como em atividades relacionadas ao cotidiano das pessoas (MAGRANI, 2018; SILVA *et al.*, 2020). Nesse sentido, observa-se o crescente desenvolvimento de dispositivos domésticos e/ou eletrônicos, com sensores que possibilitem a captação de dados, a troca de informações/mensagens e o controle remotamente pela internet (LIMA *et al.*, 2020; MAGRANI, 2018; SANTOS *et al.*, 2021).

Dentre os setores tecnológicos, salienta-se que a internet das coisas assume elevada relevância na indústria de desenvolvimento de jogos eletrônicos, uma vez que os atuais jogos para computadores, celulares, aparelhos de videogame (consoles) e outros dispositivos eletrônicos pressupõem a capacidade dinâmica de comunicação e processamento com periféricos, especialmente, com os controles manuseados pelos usuários.

Isto posto, destaca-se que a inserção de temáticas relacionadas à jogos eletrônicos para computadores, consoles ou celulares pode contribuir para a implementação de estratégias direcionadas para o ensino de internet das coisas (MAGALHÃES *et al.*, 2020; RODRIGUES; MARTINS, 2020). Ademais, a familiaridade com jogos eletrônicos também pode contribuir para a efetividade de estratégias pedagógicas que possibilitem a atuação ativa dos alunos no processo de aprendizagem (RODRIGUES; MARTINS, 2020).

A partir do princípio de troca de mensagens e de ensino sobre a usabilidade do protocolo MQTT e suas características surgiu a ideia de criar um emulador de controle de jogos (Remote Pad) utilizando software livre. Ao contrário dos controles convencionais que utilizam fios, esse emulador utilizaria a rede para o envio dos comandos através de um aplicativo cliente de um smartphone para um servidor que seria responsável por executar os comandos.

Por outro lado, temos os princípios e conceitos de ensino da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) que tem como viés a construção do conhecimento por meio de pesquisas que respondam a uma pergunta complexa, problema ou desafio, seguido de um processo de elaboração de hipóteses, buscando por recursos e aplicações práticas até chegar a uma solução ou produto final (BENDER, 2015; SALES *et al.*, 2020).

A metodologia ABP propõe que o professor e os alunos desempenhem funções definidas, vinculadas a responsabilidades específicas, onde o professor é responsável por facilitar a apreensão de conteúdo, sem ser o principal disseminador de conhecimento nesse processo conhecido por facilitador, o aluno (aprendiz) responsável pela busca ativa do conhecimento e alunos bolsistas responsáveis por auxiliar os aprendizes nas dificuldades de conteúdo da disciplina.

O desafio inicial, proposto em sala de aula nas disciplinas na área de informática junto ao Facilitador, era construir uma plataforma de controle de jogos utilizando aplicativo Android nativo com a comunicação feita por Bluetooth, o que seria mais comum devido à necessidade de usar sensores do celular, ou seja, ter acesso ao *hardware*. Em seguida, após a discussão do projeto com o Facilitador e os Tutores, surgiu um desafio ainda maior que seria verificar o uso do MQTT para a troca de informações em tempo real, utilizar a rede WiFi para comunicação dos componentes da plataforma e tecnologias web ao invés de nativas para que o projeto pudesse ser multiplataforma. A partir daí foi realizada uma pesquisa para identificar as ferramentas necessárias para o início do desenvolvimento do projeto.

Os alunos que participaram do processo de elaboração do Remote Pad tinham entre 17 e 23 anos de idade e estavam matriculados em disciplinas do curso Técnico de Informática. Foram cerca de 100 alunos participantes.

A implementação da metodologia ABP foi organizada em quatro etapas ou fases. Em uma primeira etapa, a situação-problema foi proposta pelo Facilitador para Tutores e Aprendizes. Em seguida, os Aprendizes, sob supervisão dos Tutores, atuaram tanto no levantamento de informações e conteúdos teóricos relevantes para a resolução da situação-problema, bem como iniciaram a configuração do dispositivo. Por fim, os Tutores apresentaram, em eventos acadêmicos e científicos, a proposta de Remote Pad para avaliação pelos possíveis usuários.

O objetivo principal do Remote Pad é motivar os alunos com aplicação de *gamificação* e o desenvolvimento e programação de jogos, possibilitando a interação entre smartphones e jogos de computadores para o ensino de conceitos de informática.

MATERIAIS E MÉTODOS

Em termos metodológicos, o presente trabalho trata-se de uma pesquisa de desenvolvimento e implementação de um produto educacional. Nesse sentido, mediante a elaboração de um aplicativo Remote Pad, buscou-se estimular alunos de informática a programar e controlar jogos de computadores através de um ou mais smartphones.

No processo de elaboração do produto educacional proposto utilizou-se o protocolo MQTT (do inglês *Message Queuing Telemetry Transport*) para o envio e a sincronização de dados em tempo real. Em um primeiro momento, a elaboração do produto educacional foi realizada por meio do desenvolvimento de duas ferramentas, a saber: *remote-pad* e *remote-pad-server*.

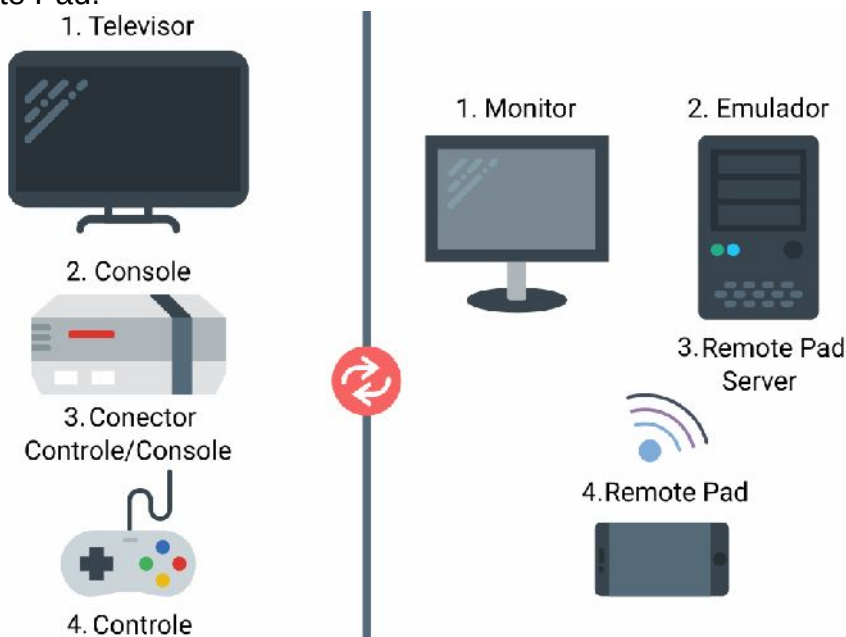
No entanto, observou-se que uma parcela do usuário final apresentou dificuldade nas mencionadas ferramentas. Desse modo, elaborou-se uma terceira ferramenta (*remote-pad-gui*) para iniciar e gerenciar as ferramentas *remote-pad* e *remote-pad-server*. É importante mencionar que a demonstração em eventos possibilitou a adequação do produto educacional às necessidades e demandas do usuário final.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Jogos para consoles podem ser executados pelo computador através de emuladores, que normalmente já estão aptos a aceitar comandos de teclado. Com isso é possível criar um protocolo simplificado de troca de informações, do tipo chave/valor, contendo os comandos a serem executados. O servidor, ao receber os dados, aciona a tecla correspondente levando em consideração o usuário, ou seja, para cada um é associada uma tecla diferente com a mesma chave. Assim sendo, é possível que todos os usuários se comuniquem com o servidor usando o mesmo protocolo, mas acionando um determinado conjunto de teclas diferentes do teclado.

Na Figura 1 tem-se um diagrama mostrando o modelo físico convencional com um Televisor (1), um Console (2), um Controle (3) e um Conector Controle/Console (4), comparado ao modelo através de emulação composto de um Monitor (1), um Computador com emulador de Jogos (2), um cliente do Remote Pad (3) e um Remote Pad Server (4) que capta as informações enviadas dos clientes e as envia para o emulador de jogos.

FIGURA 1. Diagrama comparativo entre modelo físico e emulação através do Remote Pad.



Fonte: Os autores.

Por meio de pesquisas realizadas sobre o uso do protocolo MQTT para controle remoto de equipamentos que se provaram efetivos, inclusive de robôs em redes 3G (ARAÚJO *et al.*, 2019). Isso se deve ao fato de o MQTT ser um protocolo com baixo *overhead*, seu cabeçalho é de apenas 2 bytes, e implementa modelo *Publish/Subscribe* em que a troca de mensagens é feita na forma de notificações do servidor, fazendo com que os clientes troquem o mínimo de dados possível.

Mesmo em aplicações que demandassem alto uso de recursos de processamento, como em controle de robôs por acionamento de voz, podem ser realizadas usando um servidor intermediário. No projeto citado, um terceiro servidor é utilizado unicamente para reconhecer o comando de voz. Entretanto num segundo momento ele age como cliente enviando os dados reconhecidos para o servidor MQTT que repassa para o robô. O protocolo utilizado para troca de informações é o JSON (*JavaScript Object Notation*).

Tem-se um conjunto de chaves, aqui mostrado apenas uma (*left*), que representa o comando a ser executado, e o valor (*true* ou *false*), indicando se a tecla deve ser pressionada (*press*) ou liberada (*release*).

Dado que a natureza do JSON é ser usado para troca de dados e que é implementado em várias linguagens de programação diferentes (CROCKFORD, 2015; SANTOS; SILVA, 2021; SMITH, 2020), é possível estender o Remote Pad para controle de robôs ou acionamento de cargas. Visando a difusão da tecnologia em processos de ensino-aprendizagem, o projeto foi desenvolvido de forma independente, sendo capaz de ser integrado com softwares de terceiros.

Em um outro trabalho proposto por (KURIHARA; DOI, 2018) foram utilizados os mesmos princípios, como por exemplo o uso do conceito de internet das coisas junto a proposta de jogos onde o sistema facilita fácil desenvolvimento de tentativa e erro de novas formas de entretenimento e configuração de gamificação, permitindo o uso de diversos dispositivos e fontes de informação como entradas para jogos. *Game Controllerizer* assim chamado, consiste em um elemento de programação visual que usa a ferramenta Node-RED para permitir que os usuários programa facilmente para converter diversos formatos de informação em entradas para jogos, e contém um elemento de emulação de entrada do jogo, pelo qual o hardware e o software gera entradas para dispositivos de jogos.

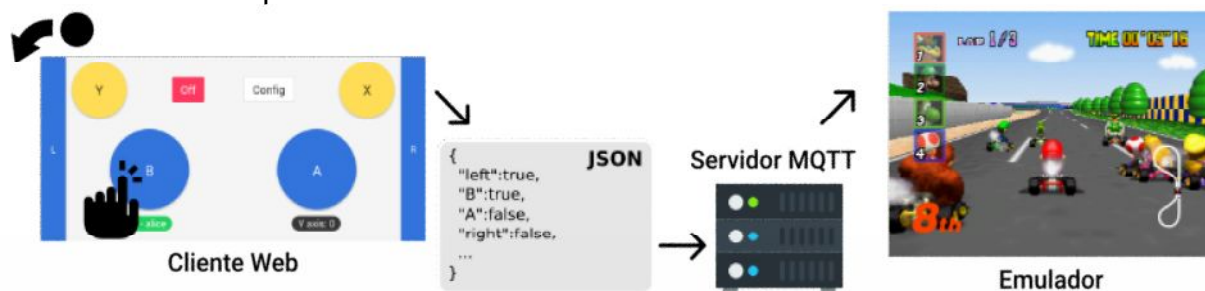
Seguindo a mesma linha, em outro trabalho realizado por (HONG *et al.*, 2016) foi feita uma pesquisa onde objetivo foi desenvolver uma ferramenta de avaliação para examinar os valores educacionais dos jogos digitais. Na primeira fase da pesquisa, a equipe de pesquisa desenvolveu os índices para avaliar os valores educacionais dos jogos digitais. Um grupo de especialistas composto por estudiosos do jogo e designers de jogos profissionais foi criado para construir os índices de avaliação digital de jogos em três discussões em grupo. Setenta e quatro índices de avaliação de jogos foram classificados em sete categorias: mudança de mentalidade, realização emocional, aprimoramento do conhecimento, pensamento, desenvolvimento de habilidades, desenvolvimento de habilidades interpessoais, desenvolvimento de habilidades espaciais e coordenação.

Envolvendo os mesmos conceitos (KE, 2014) propôs um jogo de matemática com o intuito de motivar o ensino da matemática dentro das escolas como também o da programação baseada em *scratch*. Sessenta e quatro alunos participaram do processo de desenvolvimento e os dados foram coletados por meio de atividades e conversas e pesquisas, onde notou-se que os alunos ganharam significativamente com todo o processo de criação e do contado de uma das disciplinas com a pratica

envolvendo assim a metodologia de aprendizagem baseada em projeto citada anteriormente.

O princípio de funcionamento do produto educacional Remote Pad segue o modelo das Figuras 2 e 3. O Cliente é uma página Web que tem por objetivo criar uma interface para interação com o usuário. Toda interação é convertida em comandos e enviada ao servidor através de uma conexão com o *Broker* MQTT. Atualmente o cliente web funciona no navegador Google Chrome 55 ou superior, devido a sua rápida implementação das recomendações feitas pela W3C sobre o HTML5, tais como detecção de eventos de orientação e movimento do dispositivo e implementação dos chamados *WebSockets*, que foram utilizados para a comunicação com o servidor (DEVERIA, 2017a, 2017b). Dessa forma, o Remote Pad funciona em qualquer plataforma móvel desde que seja usado o Google Chrome como navegador. A Figura 4 apresenta o conjunto de camadas para a execução do aplicativo cliente.

FIGURA 2 - Princípio de funcionamento.



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

FIGURA 3 - Ilustração do funcionamento do produto.



Fonte: Os autores.

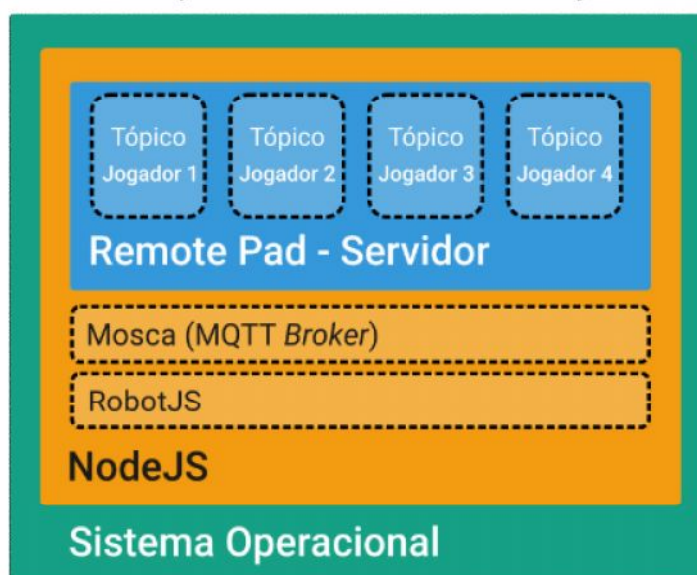
FIGURA 4 - Conjunto de camadas de execução do cliente web.



Fonte: Os autores.

No computador tem-se o Broker MQTT, um servidor HTTP que serve a página Web e um Emulador. No momento em que o cliente acessa a página Web uma conexão do tipo *Publish/Subscribe* com o Broker MQTT é criada através de *WebSockets*. Toda mensagem que chega no *Broker* é convertida em JSON e executada com o auxílio da biblioteca *robotjs*, que permite controlar mouse ou teclado via software (DEVERIA, 2018). A identificação do usuário é feita através de um tópico do MQTT. Cada usuário, antes de acessar o controle, passa por uma página de configuração em que ele indica que jogador ele será: Jogador 1, Jogador 2, etc. Um tópico é uma *string* em formato UTF-8, que é usada pelo Broker para filtrar mensagens de cada cliente conectado. A Figura 5 demonstra as camadas para a execução do servidor.

FIGURA 5 - Conjunto de camadas de execução do servidor.



Fonte: Os autores.

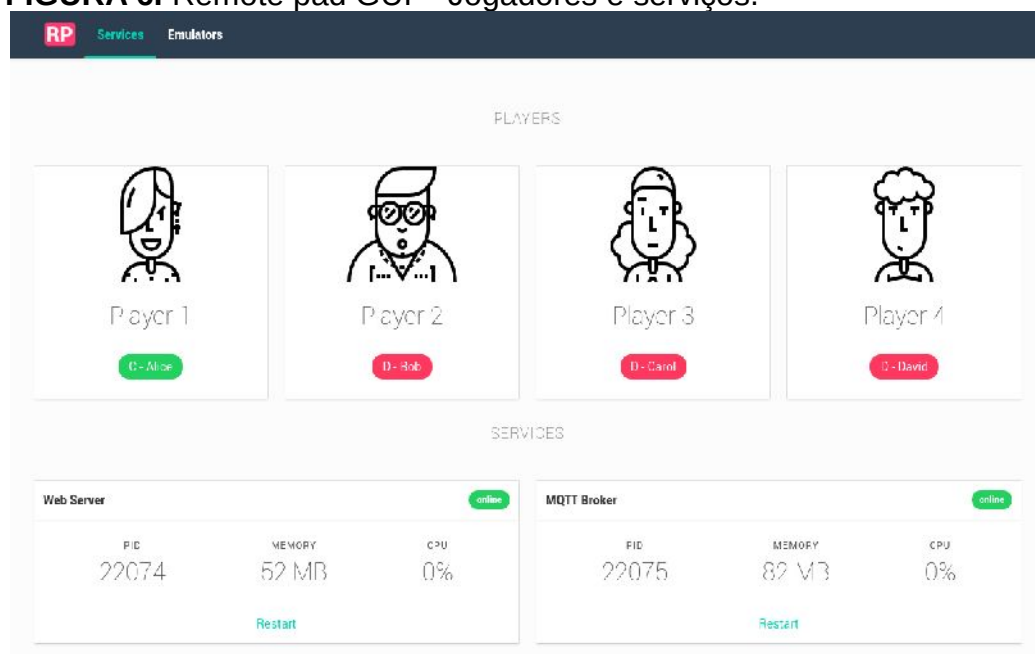
A arquitetura é baseada em um ambiente dirigido a eventos e de entrada e saída não bloqueantes. Isso permite que o cliente possa realizar diferentes gestos ao mesmo tempo sem que a aplicação fique bloqueada. De maneira semelhante,

permite que o servidor atenda várias requisições simultaneamente, de forma que cause o mínimo de impacto possível na jogabilidade, ou seja, que qualquer atraso pareça imperceptível aos olhos do usuário. Para isso foi usado o JavaScript como linguagem de programação, tanto no cliente como no servidor. Para o servidor foi usado o NodeJS, que é um invólucro (*wrapper*) do ambiente de execução JavaScript de alta performance chamado V8 usado no navegador Google Chrome. O NodeJS permite que o V8 funcione em contextos diferentes do navegador, principalmente fornecendo APIs adicionais que são otimizadas para casos específicos, como acesso ao disco, cliente e servidor HTTP, etc. (HUGHES-CROUCHER, et al., 2017).

Para a execução do projeto, foram desenvolvidas duas ferramentas base: *remote-pad* e *remote-pad-server*. A primeira é o *front-end*, ou seja, a interface que o cliente irá utilizar em seu navegador. A outra é o *back-end* que irá fazer o papel da execução dos comandos no computador onde deve estar operando um emulador de jogos (ALVES, 2019). Os jogos tendem a favorecer a aprendizagem, tornando as aulas atrativas aos estudantes ao estimular a competição entre os alunos, garantindo o interesse pelos temas abordados (BEVITÓRIO et. al, 2019).

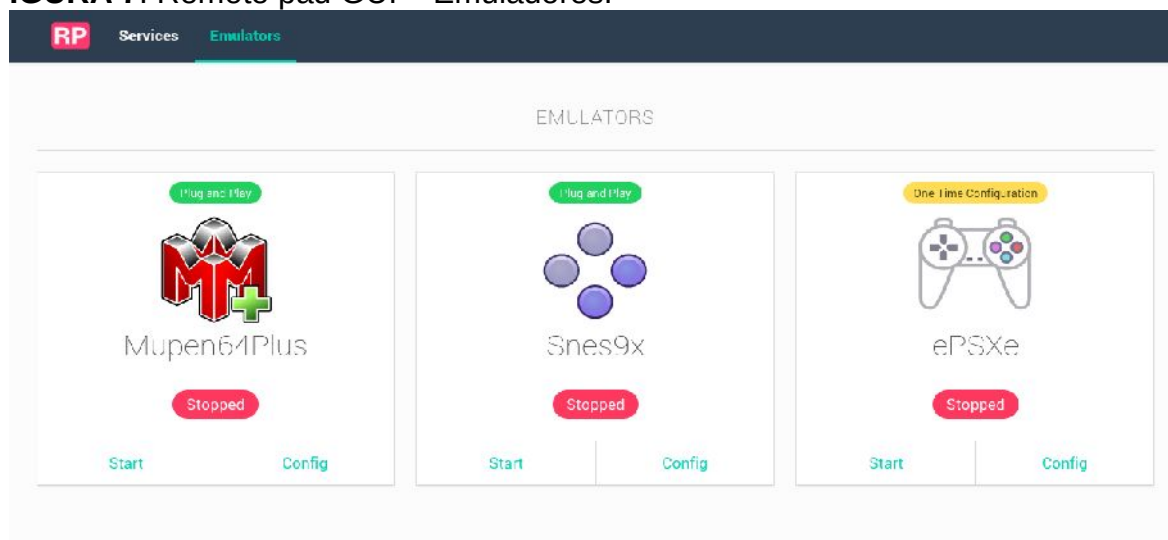
Como resultado do projeto notou-se que havia certa dificuldade na execução das ferramentas citadas acima por parte do usuário final, já que ambas possuem um processo pouco automatizado de instalação e são aplicativos de linha de comandos. Para auxiliar na execução, uma terceira ferramenta foi desenvolvida para iniciar e gerenciar as duas ferramentas anteriores chamada *remote-pad-gui*, como mostrado nas Figuras 6 e 7. Essa ferramenta é um aplicativo *desktop* desenvolvido para auxiliar no processo de instalação, já que para instalar as ferramentas acima é necessário um extenso processo de configuração (ALVES, 2019).

FIGURA 6. Remote pad GUI – Jogadores e serviços.



Fonte: Os autores

FIGURA 7. Remote pad GUI – Emuladores.



Fonte: Os autores.

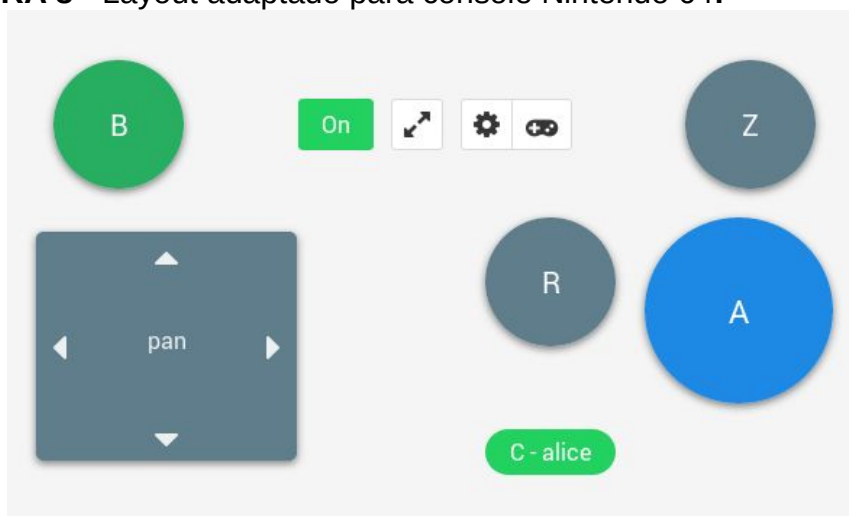
Todos os aplicativos desenvolvidos são livres, distribuídos pela licença GPLv3 (do inglês *General Public License*), que garante que o código possa ser estudado, que qualquer alteração deva ser compartilhada, que possa ser adaptado a uma necessidade específica e que possa ser redistribuído (FREE SOFTWARE FOUNDATION, 2016). Essa característica permite que o Remote Pad possa ser estudado e utilizado pelo máximo de pessoas, sem restrições.

O produto educacional foi demonstrado e apresentado em forma de palestra e nos eventos FLISoL (Festival Latino Americano de Instalação de Software Livre) e COMSOLiD (Comunidade Maracanauense de Software Livre e Inclusão Digital), com interação de usuários estudantes de informática. Esses eventos deram espaço a perguntas e sugestões sobre o produto educacional que foram coletadas e convertidas em tarefas futuras a serem desenvolvidas, tanto na jogabilidade quanto na interface com o usuário.

Uma das observações feitas no decorrer da interação com usuários finais foi a dificuldade em seguir instruções dos jogos com relação às teclas e sua nomenclatura. Internamente o Remote Pad possui suporte a 9 teclas (virtuais) diferentes, são elas *left*, *right*, *up*, *down*, B, A, Y, X e *start*. Entretanto, devido as diferenças entre os consoles, algumas teclas não correspondiam com o que estava sendo mostrado na tela. Por exemplo, no console Nintendo 64, não existem as teclas X ou Y, o que causou dúvidas aos usuários se deviam ser usadas.

A partir dessa observação foi desenvolvido uma forma de adaptação do *layout* do cliente web baseado no console que está em execução. A Figura 8 mostra um cliente com *layout* adaptado para o console Nintendo 64, em que, para o usuário, tem-se as teclas Z e R. Contudo elas foram apenas substituídas visualmente.

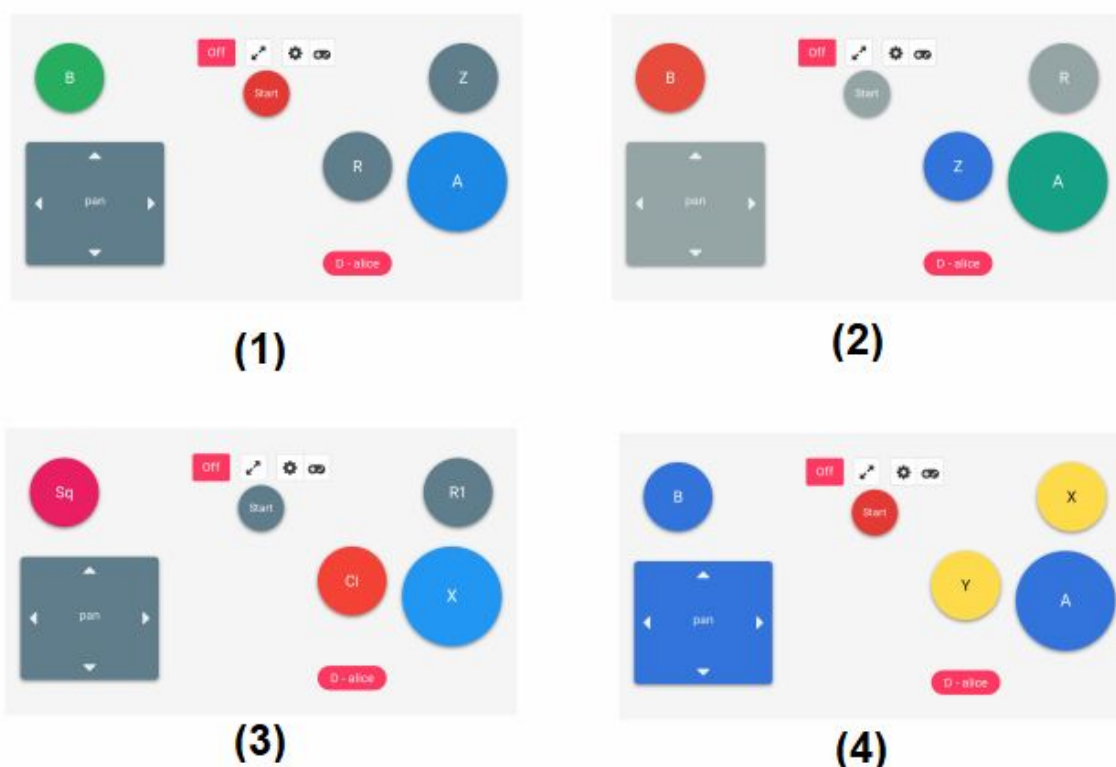
FIGURA 8 - Layout adaptado para console Nintendo 64.



Fonte: Os autores

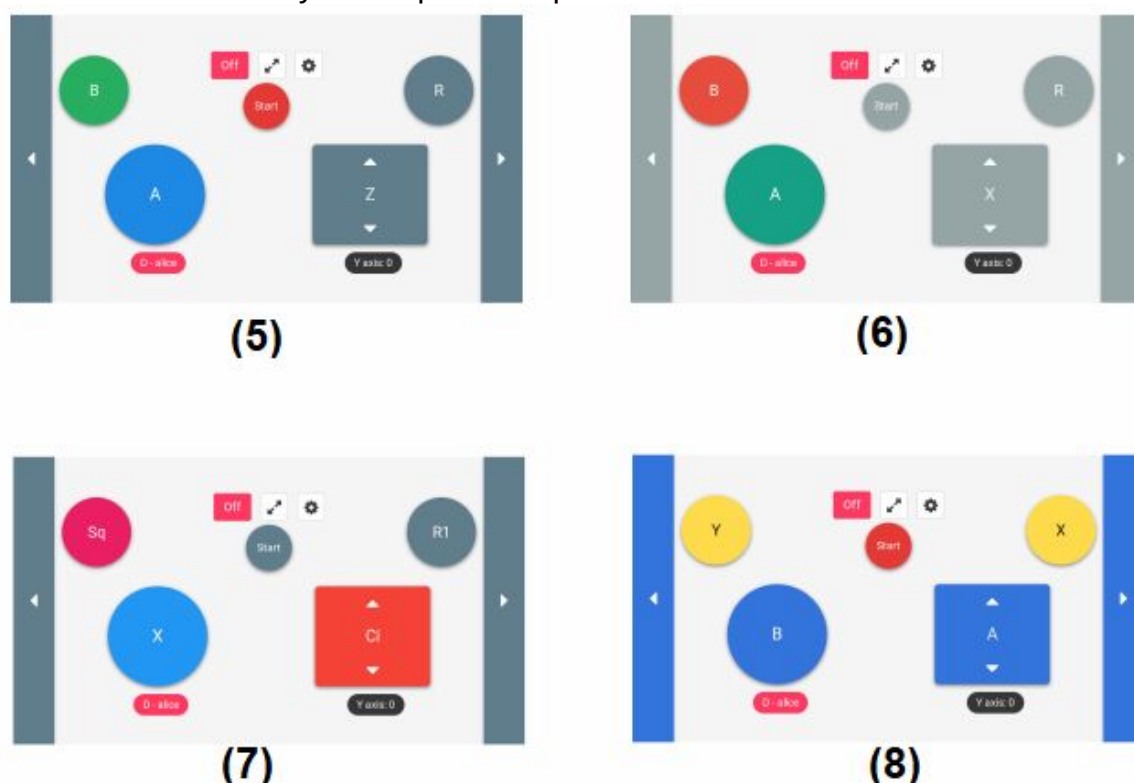
A fim de adaptar a nomenclatura dos botões, implementou-se cores de acordo com o console. Essa característica melhorou a experiência do usuário. Nas figuras 9 e 10 tem-se uma demonstração com a adaptação de cores para os consoles suportados. De (1) a (4) pode-se observar um controle com direcional para Nintendo 64, Nintendo *Game Cube*, Playstation One® e Super Nintendo, respectivamente. E de (5) a (8) o controle voltado para jogos de corrida na mesma sequência dos consoles citados anteriormente.

FIGURA 9 - Layouts específicos para cada console.



Fonte: Os autores

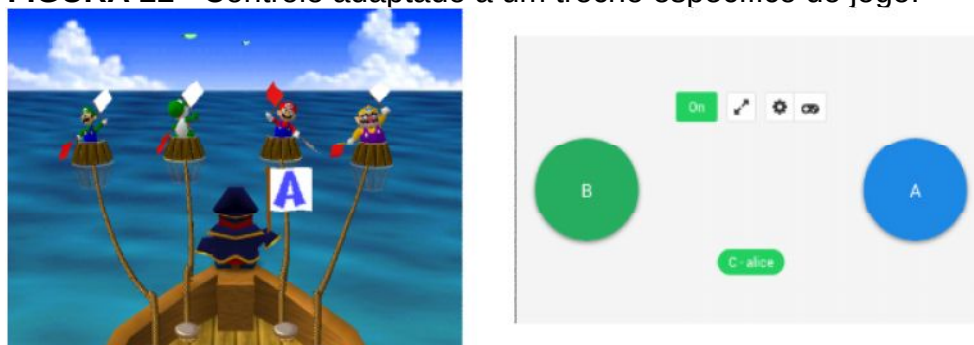
FIGURA 10 - Layouts específicos para cada console



Fonte: Os autores.

Durante o processo de aplicação do jogo no contexto da ABP, surgiu também a possibilidade de adaptar os botões a um trecho específico do jogo. Por exemplo, para o jogo *Mario Party 2* existe um mini jogo em que o usuário deve pressionar somente A ou B, de acordo com a dinâmica imposta pelo jogo. Na Figura 11 é mostrada uma imagem do jogo e o controle adaptado somente com as teclas necessárias, que permite que o usuário evite olhar para a tela do smartphone e dê atenção total ao jogo.

FIGURA 11 - Controle adaptado a um trecho específico do jogo.



Fonte: Os autores

Na Figura 12 tem-se uma interação dos alunos em sala de aula com o Remote Pad, em que eles utilizam seus próprios celulares para controlar um jogo de corrida. Como o produto educacional Remote Pad foi desenvolvido em formato sem fio, na foto aparece apenas um usuário, mas pelo monitor nota-se que há três jogadores em locais distintos da sala. Esse tipo de interação com os alunos,

proposta pela ABP, faz com que eles apreciem com evidente satisfação de serem participantes ativos de seu processo de aprendizagem (ALVES *et al.*, 2016; SALES *et al.*, 2021).

FIGURA 12 - Interação dos alunos de turma em sala de aula



Fonte: Os autores.

CONCLUSÃO

Este artigo mostrou a realização de um projeto de gamificação transformado em produto educacional usando a metodologia ABP, em que a teoria e a prática são inseparáveis.

A partir da busca por conhecimentos necessários para alcançar objetivos foi possível criar um emulador de controle de jogos que utiliza o protocolo MQTT para envio de dados em tempo real.

O ABP provou-se positivo na aplicação em projeto tecnológico, onde mais do que uma base teórica, é necessário a participação coletiva dos alunos para a concretização de um produto educacional.

É importante salientar que o principal objetivo desse projeto didático-pedagógico foi a transposição lúdica dos conceitos e técnicas de programação e configuração de jogos.

Esse projeto mostrou que o desenvolvimento coletivo e a implementação de jogos de computadores nos processos de ensino-aprendizagem utilizando software livre podem ser excelentes ferramentas para motivação dos alunos da área de informática.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. C. Remote Pad: Aplicativo web capaz de enviar dados para um Broker MQTT e controlar jogos em emuladores. **GITHUB**, 2019. Disponível em: <https://github.com/comsolid/remote-pad>. Acesso em: 4 ago. 2021.

ALVES, V. A. S.; COSTA, D. R. M.; MARTINS, V. W. B.. Identificação de competências docentes para o uso do ABP no ensino de química. **Scientia Plena**, v. 12, n. 6, 2016. Disponível em: <https://www.scienciaplenu.org.br/sp/article/view/3080>. Acesso em: 4 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.069917>.

ARAÚJO, P. H. M.; JUCÁ, S. C. S.; GONÇALVES, D. L. C.; SILVA, V. F.; PEREIRA, R. I. S. *et al.* Cloud-based RFID access control using lightweight messaging protocol. **International Journal of Advanced -Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 6, n. 1, p. 7-17, 2019. Disponível em: <https://ijaers.com/detail/cloud-based-rfid-access-control-using-lightweight-messaging-protocol/>. Acesso em: 4 ago. 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.6.1.2>.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Penso Editora, 2015.

BEVITÓRIO, L.; GOMES, M.; PIROVANI, J.. USO DE JOGOS DIDÁTICOS COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE EDUCAÇÃO SEXUAL NO ENSINO MÉDIO. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 16, n. 30, 2019. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/155>. Acesso em: 4 ago. 2021. DOI: 10.18677/EnciBio_2019B57

CROCKFORD, D. JSON (JavaScript Object Notation). **JSON.org**, 2015. Disponível em: <http://www.json.org/>. Acesso em: 4 ago. 2021.

DEVERIA, A. Can I Use - DeviceOrientation & DeviceMotion events. **Can I Use**, 2017a. Disponível em: <http://caniuse.com/#feat=deviceorientation>. Acesso em: 4 ago. 2021.

DEVERIA, A. Can I Use - Touch events. **Can I Use**, 2017b. Disponível em: <http://caniuse.com/#feat=touch>. Acesso em: 4 ago. 2021.

DEVERIA, A. Mobile Browsers Comparative HTML5 and JS Features. **Can I Use**, 2018. Disponível em: https://caniuse.com/#compare=ios_saf+11.3,android+66,and_chr+66,and_ff+60&compare_cats=HTML5,JS,JS%20API. Acesso em: 4 ago. 2021.

FREE SOFTWARE FOUNDATION. GNU general public license. **Free Software Foundation**, 2016. Disponível em: <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>. Acesso em: 4 ago. 2021.

GODOI, M. G.; ARAÚJO, L. S. A INTERNET DAS COISAS: evolução, impactos e benefícios. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 19-30, 2019. Disponível em:

<<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/538/363>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

HONG, J. CHENG, C-L.; HWANG, M-Y.; LEE, C-K.; CHANG, H-Y. *et al.* Assessing the educational values of digital games. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 25, n. 5, p. 423-437, 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2729.2009.00319.x>>. Acesso em: 4 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00319.x>.

HUGHES-CROUCHER, T.; WILSON, M. **Node: Up and running**: Scalable server-side code with JavaScript. O'Reilly Media, Inc., 2017. Disponível em: <<http://chimera.labs.oreilly.com/books/1234000001808/index.html>>. Acesso em: 4 ago. 2021.

KE, F.. An implementation of design-based learning through creating educational computer games: A case study on mathematics learning during design and computing. **Computers & Education**, v. 73, p. 26-39, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131513003345>>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.12.010>.

KURIHARA, K.; DOI, N. GameControllerizer: Middleware to Program Inputs for Augmenting Digital Games. **arXiv preprint arXiv:1810.01070**, 2018. Disponível em <<https://arxiv.org/abs/1810.01070v1>>. Acesso em: 4 ago. 2021.

LIMA, C. C.; SCHLEMMER, E.; MORGADO, L. Internet das Coisas e Educação: uma revisão sistemática da literatura. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e6039119674-e6039119674, 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9674>> Acesso em: 28 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9674>.

PIPER, A. MQTT: Software [online]. **GITHUB**, 2015. Disponível em: <<https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki/software?id=software>>. Acesso em: 4 ago. 2021.

MAGALHÃES, A.; ALVES, J. M.; ANDRADE, A. As dimensões inovadoras da prática da internet das coisas na educação. **Revista Portuguesa de Investigação Educacional**, n. 20, p. 74-96, 2020. Disponível em: <<https://revistas.ucp.pt/index.php/investigacaoeducacional/article/view/9685>> Acesso em: 28 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.34632/investigacaoeducacional.2020.9685>.

MAGRANI, E. **A INTERNET DAS COISAS**. 1. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2018.

RODRIGUES, B. S.; MARTINS, V. F. Uso de PBL no ensino de IoT: Um Relato de Experiência. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. E28, p. 42-55, 2020. Disponível em: <<http://www.risti.xyz/issues/ristie28.pdf>> Acesso em: 28 ago. 2021.

SALES, A. B.; SERRANO, M.; SERRANO, M. Aprendizagem baseada em projetos na disciplina de interação humano-computador. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. 37, p. 49-64, 2020. Disponível em:

<http://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-98952020000200005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 28 ago. 2021. DOI:10.17/risti.37.49-64

SANJUAN, E. B.; CARDIEL, I. A.; CERRADA, J. A.; CERRADA, C. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) Security: A Cryptographic Smart Card Approach. **IEEE Access**, v. 8, p. 115051-115062, 2020. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9121966>>. Acesso em: 28 ago. 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3003998.

SANTOS, L. C. A.; SILVA, E. O. Desenvolvimento de uma aplicação móvel para manipulação de documentos utilizando o banco de dados MongoDB. **Caderno de Estudos em Sistemas de Informação**, v. 5, n. 2, 2019. Disponível em: <<https://seer.cesjf.br/index.php/cesi/article/view/1686>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

SANTOS, M. M.; FRANCO, M. L.; ALVES, W. M.; SOUZA, M. C.; BARROS, G. F. *et al.* Internet das Coisas: a busca do conceito e as perspectivas futuras sobre sua aplicabilidade. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e140101018504-e140101018504, 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18504>> Acesso em: 28 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18504>.

SILVEIRA JUNIOR, C. R.; BARRA, A.; ARAÚJO, W. INFORMÁTICA APLICADA À EDUCAÇÃO NAS ESCOLAS PÚBLICAS: A REALIDADE DO INTERIOR DO ESTADO DE GOIÁS. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 11, n. 22, 2015. Disponível em: <<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1416>>. Acesso em: 3 ago. 2021.

SMITH, B. **JSON básico: conheça o formato de dados preferido da web**. São Paulo: Novatec Editora, 2020.