EVOLUINDO O BRINQUEDO ROPE PARA SE TORNAR UM SMARTTOY

Luiz Fernando Noschang

Novembro/2020

Orientador: André Luís Alice Raabe, Dr.

Área de Concentração: Computação Aplicada

Linha de Pesquisa: Informática na Educação

Palavras-chave: pensamento computacional, aprendizagem, educação infantil, RoPE, IoT

Número de páginas: 11

**RESUMO**

O pensamento computacional é de extrema importância para a sociedade, pois capacita as pessoas a resolverem problemas complexos através do desenvolvimento de um conjunto útil de habilidades: decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e pensamento algorítmico. Por esse motivo, pesquisadores da área têm feito um grande esforço em promover o desenvolvimento do pensamento computacional o mais cedo possível, já nos primeiros anos da educação infantil. No entanto, desenvolver o pensamento computacional em crianças requer a utilização de instrumentos que levem em consideração as particularidades desse público, entre elas, a realização de atividades lúdicas, o trabalho em conjunto, o engajamento com o material didático, o feedback imediato das ações e a adoção de recursos visuais e auditivos. Nesse sentido, brinquedos de programar como a Bee-Bot, Kibo, Pro-Bot e o RoPE têm se mostrado excelentes ferramentas, pois conseguem atender a boa parte desses requisitos. Porém, tão importante quanto desenvolver o pensamento computacional é a capacidade de avaliar o grau desse desenvolvimento, uma vez que isso permite determinar o quão eficazes são as metodologias utilizadas e, assim, aperfeiçoá-las.

Sendo assim, existe a necessidade de se criar uma ferramenta que possa auxiliar no

Levando em conta esses fatores, escolheu-se para o desenvolvimento deste trabalho o

o RoPE, um robô programável educacional de baixo custo produzido no Brasil. O RoPE foi escolhido por ser um brinquedo que atende aos requisitos necessários ao se trabalhar com educação infantil: é um objeto tangível (palpável), é lúdico e promove o trabalho em conjunto

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é modificar o brinquedo RoPE

desenvolver uma métrica que permita fazer essa mensuração do pensamento computacional em crianças de 4 a 7 anos e que possa ser usada como um referencial pelos pesquisadores da área. Por se tratar da educação infantil, optou-se por utilizar como ferramenta para o desenvolvimento do trabalho o RoPE, um robô programável educacional de baixo custo produzido no Brasil. O RoPE foi escolhido por ser um brinquedo que atende aos requisitos necessários ao se trabalhar com educação infantil: é um objeto tangível (palpável), é lúdico e promove o trabalho em conjunto. Para viabilizar o desenvolvimento do trabalho, por consequência da pandemia do COVID-19, o RoPE será adaptado para incluir um módulo WiFI e permitir que os testes sejam executados na residência dos indivíduos objetos do teste, e que os dados coletados sejam enviados através da Internet para posterior análise usando técnicas de estatística aplicada à validação de instrumentos. Ao final do trabalho espera-se ter um conjunto de testes que possa ser reproduzido/aplicado por demais pesquisadores e que possa dizer o nível de desenvolvimento do pensamento computacional dos indivíduos em cada uma das habilidades citadas: decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e pensamento algorítmico

# PROJETO

O pensamento computacional é um assunto que vem sendo discutido há tempos pela comunidade científica, tendo sido abordado já na década de 80 por Seymour Papert. Em seu trabalho, [(PAPERT, 1980)](https://www.zotero.org/google-docs/?12sTHD), já defendia a importância do pensamento computacional ao perceber seus efeitos positivos no aprendizado. Segundo ele, ao programar um computador o indivíduo está ensinando a máquina a pensar e, ao fazer isso, passa a compreender a sua própria forma de pensar.

Após o trabalho de Papert outros pesquisadores abordaram o pensamento computacional de uma forma mais aprofundada gerando um maior interesse pelo tema. Em seu artigo, [(WING, 2006)](https://www.zotero.org/google-docs/?y3F90B) demonstra como o pensamento computacional pode ser aplicado em diversas áreas além da Ciência da Computação, citando, por exemplo, o uso do aprendizado de máquina na estatística e o uso de abstração na biologia para representar a estrutura de proteínas. Wing resume o pensamento computacional como a habilidade de reformular um problema complexo em um problema mais simples e possível de resolver, usando: redução, incorporação, transformação ou simulação.

Definir o conceito exato de pensamento computacional é uma tarefa desafiadora, pois o assunto é bastante abrangente e cada autor aborda diferentes aspectos do mesmo. No entanto, existe um consenso, e este é o principal ponto que precisa ser compreendido, apesar de o pensamento computacional estar relacionado aos computadores ele não se trata dos computadores em si, mas sim de solucionar problemas. De acordo com (CURZON; BLACK; et al, 2009) citado no trabalho de [(MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016)](https://www.zotero.org/google-docs/?rkiX98), "o pensamento computacional é uma coleção de múltiplas habilidades de resolução de problemas com base nos princípios fundamentais da Ciência da Computação".

Uma vez que o pensamento computacional se trata em resolver problemas

demonstra claros como ele pode ser aplicado em problemas em diversas disciplinas e do dia a dia em diversas áreas de conh

é de extrema importância para a sociedade, pois capacita as pessoas a resolverem problemas complexos através do desenvolvimento de um conjunto útil de habilidades: decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e pensamento algorítmico

De acordo com [(MOHAGHEGH; MCCAULEY, 2016)](https://www.zotero.org/google-docs/?UN56lE) o pensamento computacional

Falar sobre o pensamento computacional e porque ele é importante, principalmente na educação infantil. Falar sobre os esforços de pesquisa para introduzir o pensamento computacional na educação e onde esse trabalho se encaixa

Dentro deste contexto, este trabalho procura fazer uma contribuição na área de

## PROBLEMA DE PESQUISA

Verificar e validar se existem ou não métricas para avaliação do PC na educação infantil. Se não houver, salientar que esta é a proposta do trabalho. Se houver, discutir as soluções existentes e argumentar porque a nossa solução será diferente

Nesta seção, você deve descrever qual é o problema a ser resolvido. É necessário evidenciar que existem questões em aberto, que o tema é complexo e que há interesse na comunidade em resolver o problema. O texto deve responder às seguintes perguntas:

Qual a relevância e complexidade do problema apresentado?

Existe alguma solução consolidada ou o problema ainda está em aberto?

Nesta seção, você deve ainda indicar quais as perguntas de pesquisa que você buscará responder por meio do seu trabalho. Usualmente, as perguntas permitem a formulação de uma ou mais hipóteses que serão apresentadas na seção a seguir (Solução Proposta).

### Solução Proposta

Falar sobre a nossa solução. Citar o uso do RoPE e dos tapetes e o módulo WiFi

### Delimitação de Escopo

Delimitar o escopo a crianças de 4 a 7 anos apenas

### Justificativa

## OBJETIVOS

Esta seção formaliza os objetivos do trabalho, conforme descrito a seguir.

### Objetivo Geral

Avaliar o grau de impacto do idioma de uma linguagem de programação na aprendizagem da lógica de programação

### Objetivos Específicos

1. Avaliar trabalhos similares que relatem sobre a influência do idioma na aprendizagem de lógica;
2. Projetar o experimento;
3. Desenvolver um ambiente para teste que tenha a mesma IDE para ambos idiomas;
4. Realizar um experimento com turmas de graduação;

## METODOLOGIA

Nas seções seguintes a metodologia a ser utilizada nesta pesquisa é classificada e uma síntese dos procedimentos metodológicos utilizados é apresentada.

### Metodologia da Pesquisa

Neste trabalho será aplicado o método indutivo, o qual consiste em se estabelecer uma verdade universal ou uma referência geral com base em dados e fatos previamente conhecidos e comprovados. Nesta pesquisa parte-se do conhecimento prévio de que existe uma dificuldade no aprendizado de programação relacionada ao idioma no Brasil e busca-se verificar o grau de impacto do idioma nesse aprendizado. Para verificar este grau de impacto será usada uma técnica estatística denominada Propensity score matching, desta forma, a pesquisa utilizada a abordagem quantitativa.

Sob o ponto de vista da natureza da pesquisa, esta é uma pesquisa aplicada. A pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidos à solução de problemas. Neste trabalho o conhecimento gerado será o grau de impacto que o idioma exerce no aprendizado de programação e poderá ser aplicado em trabalhos futuros para solucionar esse problema.

Ainda, sob o ponto de vista do objetivo da pesquisa, esta é uma pesquisa exploratória. As pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses, com isso, buscam criar fundamento para pesquisas mais aprofundadas. Nesse sentido, esta pesquisa visa aplicar conhecimentos e técnicas existentes através de estudos de caso, onde serão confirmadas ou refutadas as hipóteses formuladas.

### Procedimentos Metodológicos

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa.

**Revisão bibliográfica:** Esta etapa tem como objetivo proporcionar a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento da pesquisa.

**Revisão sistemática da literatura:** Esta etapa tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura analisando os trabalhos similares que tratam do impacto do idioma no aprendizado de programação.

**Implementação do ambiente de testes:** Esta etapa tem como objetivo implementar o ambiente de testes que será usado no experimento.

**Realização do experimento:** Esta etapa tem como objetivo realizar o experimento com as turmas de graduação a fim de coletar os dados para análise.

**Análise dos dados coletados:** Esta etapa tem como objetivo aplicar a técnica de Propensity Score Matching nos dados coletados e analisá-los.

**Conclusão:** Esta etapa tem como objetivo analisar as contribuições da pesquisa e apresentar sugestões de trabalhos futuros relevantes.

## MÓDULO ESP8266

Um dos objetivos deste trabalho é adaptar o RoPE para que ele possa se conectar à internet através de uma rede WiFi e interagir com outros dispositivos e aplicativos remotamente. Para viabilizar essa conexão é necessário fazer alterações no *hardware* do brinquedo, pois o microcontrolador ATmega328p, usado atualmente, não oferece essa funcionalidade.

Uma das possibilidades seria substituir o ATmeg328p por um outro chip que possua essa função, no entanto, isso não é viável no momento, pois envolve ter que recodificar todo o *firmware* do RoPE para o novo microcontrolador, tarefa essa que poderá ser realizada em um trabalho futuro. Por esse motivo, se faz necessário usar no projeto um módulo que possa ser acoplado ao brinquedo e se comunicar com o ATmega através do barramento serial.

O módulo escolhido para o desenvolvimento do Smart RoPE foi o ESP8266 (Figura 1), amplamente utilizado em projetos IoT em conjunto com o Arduino (ATMega). Ele possui a funcionalidade de comunicação serial necessária ao projeto, além de vários outros recursos úteis que serão abordados nesse capítulo. Além disso, dentro do contexto de *smart toys* esse módulo já foi empregado com sucesso na construção do Dolphin Sam (COLOMBO et al., 2016), um brinquedo concebido com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de crianças com deficiência cognitiva.

O ESP8266 possui um baixo custo se comparado a outras opções. De acordo com (MEHTA, 2015) ele pode ser encontrado por menos de $5,00 enquanto outros módulos chegam a custar entre $30,00 e $60,00. Esse é um fator bastante decisivo para sua escolha, pois de acordo com (RAABE et al., 2017) “[...] os pesquisadores que construíram o RoPE priorizaram decisões que pudessem reduzir o custo e tornar o brinquedo aderente a realidade dos núcleos de educação infantil brasileiros”.



Figura 1. Módulo ESP8266

Outra principal preocupação deste trabalho é manter um baixo consumo de energia. O RoPE é um brinquedo amplamente utilizado em sala de aula em atividades que duram de 30 a 60 minutos em uso contínuo, portanto, é necessário garantir a autonomia da bateria durante este período. Atualmente o RoPE consegue manter essa autonomia acionando a função *Power-Down* presente no chip ATMega (MICROSHIP, 2020), nessa função o chip desliga a maior parte de seus recursos e aguarda até que seja recebida uma interrupção externa para então ligar e reiniciar sua atividade. No caso do RoPE essa interrupção ocorre quando um de seus botões é pressionado.

De forma similar, o ESP8266 também oferece funções de economia de energia, que conforme apresentado no trabalho de (MEHTA, 2015) podem reduzir o consumo de corrente para valores abaixo de 0.012mA. Este consumo é muito mais baixo do que do próprio ATMega328p, que segundo o datasheet da (MICROSHIP, 2020) consome entre 1.2mA a 2.7mA em modo de espera, quando conectado a uma fonte de energia de 5v e equipado com um cristal de 8MHz, configuração usada pelo RoPE. As capacidades de economia de energia do módulo já foram testadas por (MESQUITA et al., 2018) e os experimentos demonstraram que sob certas condições ele pode ser capaz de funcionar por até 4 dias consecutivos usando uma bateria de 1000mAh. Sendo assim, no quesito de consumo energia o ESP8266 se mostra uma ótima opção e deve atender à necessidade do projeto.

A partir do ano de 2017, em parceria com a Secretaria de Educação de Balneário Camboriú, pelo menos 30 unidades do RoPE foram construídas e distribuídas para vários núcleos de educação infantil da região, (RAABE et al., 2017). Desde então, com seu uso extensivo em sala de aula, os professores identificaram uma série de falhas de *software* que necessitavam de correção para que as unidades pudessem continuar operando. Ao identificar essas falhas o procedimento adotado para correção consistia em enviar as unidades defeituosas de volta ao setor de manufatura, aguardar a gravação de um *firmware* de correção e, após, reenviar as unidades para o núcleo de educação. Esse processo causa alguns problemas: (i) gera um custo de logística; (ii) aumenta o tempo de espera para a correção e; (iii) inviabiliza que a atualização seja aplicada nas demais unidades antes que os defeitos ocorram.

Com o ESP8266 todos esses problemas podem ser resolvidos de uma única vez, pois o módulo conta com um recurso de atualização *Over The Air* (OTA), o qual permite baixar e gravar uma nova versão do *firmware* a partir da nuvem. No caso do ESP8266, o conjunto de bibliotecas disponibilizado pela fabricante já implementa nativamente essa funcionalidade, facilitando muito o seu uso. Um exemplo de código para atualização OTA pode ser visto na Figura 2. Outro ponto positivo da atualização OTA é que ela permite gravar o *firmware* em várias unidades ao mesmo tempo, facilitando o processo de manufatura em maior escala.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2. Exemplo de código para atualização OTA

Em sua programação atual o RoPE possui alguns parâmetros de funcionamento que precisam ser ajustados de forma única para cada unidade produzida, devido à sutis diferenças existentes em seus componentes. Um destes componentes é o *buzzer* que, dependendo da unidade, não é capaz de reproduzir com clareza e intensidade suficiente algumas notas que compõem as melodias e sons do RoPE. Isso torna necessário usar uma combinação de notas musicais diferentes para cada unidade produzida. Outro componente problemático é o motor de passo modelo 28byj-48 que, por ser de baixo custo, apresenta uma folga em seu eixo. Essa folga gera uma imprecisão quando o RoPE realiza um movimento de giro para a esquerda e para a direita. Para corrigir isso, existe um parâmetro dentro do *firmware* que acrescenta ou diminui a quantidade de passos que o motor irá realizar a fim de compensar essa diferença.

O maior problema com a configuração destes parâmetros está no fato de que eles precisam ser alterados diretamente no código fonte do *firmware* antes da sua gravação e, qualquer ajuste posterior requer que o *firmware* seja regravado. Este problema pode ser resolvido usando 3 recursos disponíves no ESP8266. através do recurso de *Access Point* oferecido pelo

## PROTOCOLO MQTT

Ao trabalhar com IoT uma das etapas do desenvolvimento é escolher o protocolo de comunicação que será adotado para a troca de mensagens entre os dispositivos na camada de aplicação. Para este projeto, foi escolhido o protocolo MQTT, desenvolvido pela IBM. Neste capítulo é apresentado o funcionamento deste protocolo e os motivos que levaram à sua escolha.

O protocolo MQTT utiliza uma arquitetura baseada no modelo *publisher/subscriber* (editor/assinante), no qual os *editores* são os dispositivos que publicam informações e os *assinantes* são os dispositivos que as consomem. A troca de informações é coordenada por um servidor denominado *broker*, que recebe as mensagens dos *editores* e as encaminha para os *assinantes* correspondentes.

|  |
| --- |
| casa/garagem/portao  Assinante  Y  Fechar  Ligar  casa/garagem/portao  casa/cozinha/lampada  casa/cozinha/lampada  Broker  Assinante  X |

Figura 3. Arquitetura do MQTT

O encaminhamento das mensagens é realizado adotando um conceito denominado *topic* (tema), que nada mais é do que uma cadeia de caracteres contida no pacote MQTT, similar a uma URL, e que funciona como um canal de comunicação. Quando desejam transmitir uma informação os *editores* devem enviar uma mensagem do tipo *publish* ao *broker* com o conteúdo da mensagem (*payload)* e o *tema* no qual desejam publicar. Já os *assinantes* devem enviar uma mensagem do tipo *subscribe* contendo o *tema* no qual desejam se inscrever, assim receberão o conteúdo que os *editores* tiverem publicado neste mesmo *tema*.

Para uma melhor compreensão, o diagrama da Figura 2 ilustra uma aplicação hipotética em MQTT para automação residencial. Nesta aplicação o *editor A* publica uma mensagem no *tema* “casa/cozinha/lampada” para ligar a lâmpada da cozinha. O *assinante X*, que se inscreveu neste mesmo *tema*, recebe esta mensagem e atua para executar a ação, ligando a lâmpada. O *assinante Y*, por sua vez, não recebe a mensagem, pois está inscrito em outro *tema*. É importante salientar que um dispositivo pode se inscrever e/ou publicar em vários *temas* ao mesmo tempo, além disso, pode atuar simultaneamente como *editor* e *assinante* (SAHADEVAN et al., 2017).

De acordo com (MANANDHAR, 2017), ao empregar este modelo o MQTT permite que a comunicação ocorra de forma assíncrona, sem necessitar que *editor* e *assinante* estejam conectados no mesmo instante ou tenham conhecimento da existência um do outro. A possibilidade de funcionar de forma assíncrona é importante para este trabalho porque viabiliza a comunicação de dispositivos remotos com o RoPE em ambientes onde a infraestrutura de rede é precária e apresenta instabilidades, como é o caso de algumas escolas públicas. Ainda, segundo o autor, a intermediação do *broker* elimina a necessidade de os dispositivos conhecerem os endereços IP uns dos outros, permitindo que a comunicação ocorra mesmo em redes que mascaram os endereços IPs usando NAT.

Durante o encaminhamento das mensagens o MQTT permite escolher entre 3 níveis de QoS, conforme mencionado por (SHINHO LEE et al., 2013). No primeiro nível (level 0), as mensagens são transmitidas apenas uma vez e não há verificação de entrega, havendo possibilidade de perda. No segundo nível (level 1), as mensagens são enviadas no mínimo uma vez e há verificação de entrega, no entanto, pode haver duplicação caso o pacote contendo a confirmação do recebimento se perca. Já no terceiro nível (level 2), o *broker* usa uma verificação de 4 vias para garantir que as mensagens sejam entregues apenas uma vez, ao custo de uma maior latência na comunicação.

No contexto do RoPE a confiabilidade na entrega das mensagens é extremamente necessária. Considere um cenário no qual um dispositivo se conecta remotamente ao RoPE com o intuito de lhe enviar a seguinte sequência de comandos de movimento: 1) andar para frente; 2) girar à esquerda; 3) andar para trás. Se não houver um mecanismo que garanta a entrega das mensagens o RoPE irá executar uma sequência que não corresponde ao programa original, podendo haver falta de comandos ou comandos duplicados. O QoS level 2 do MQTT resolve este problema. No entanto, (HWANG; PARK; SHON, 2016) menciona que o MQTT não garante a ordem das mensagens. O autor sugere uma solução que consiste em acrescentar ao *payload* um campo que indica a sequência da mensagem. Esta estratégia, ou outra similar, poderá ser usada no trabalho para resolver o problema da ordenação.

A complexidade é outro ponto relevante para o projeto, pois interfere no tempo necessário para o desenvolvimento, além de impactar na manutenção do *firmware* conforme o RoPE for evoluindo. Neste quesito, o MQTT também se mostra uma ótima opção, pois segundo [(ELHADI et al., 2018)](https://www.zotero.org/google-docs/?dYH4o2) é um protocolo fácil de ser implementado e independe de linguagem de programação. É possível encontrar bibliotecas de MQTT em diversas linguagens, incluindo C e PHP que serão usadas nesse trabalho. A implementação em PHP será útil para desenvolver uma aplicação de estudo de caso ao final do trabalho. Já a implementação em C será usada no módulo ESP8266 e conta com mais de 10 opções de bibliotecas, conforme apontado por (OLIVEIRA et al., 2018).

Um dos objetivos do trabalho é permitir que o RoPE seja controlado remotamente através da Internet somente por dispositivos autorizados. Para isso o MQTT possui um mecanismo de segurança baseado em usuário e senha (SONI; MAKWANA, 2017) com suporte a TLS dependendo do *broker* utilizado. Esse sistema não é tão seguro quanto outros mecanismos de autenticação, mas é o suficiente para esta implementação. Trabalhos futuros poderão melhorar a camada de segurança do RoPE.

A escolha do protocolo MQTT requer que seja adotado também um *broker*. Dentre as diversas implementações de *broker* disponíveis, optou-se por usar nesse trabalho o *Mosquitto*, um *broker* de código aberto, escrito na linguagem C e mantido pela *Eclipse Foundation*. O *Mosquitto* se mostra uma boa escolha pois possui bom desempenho em relação a uso de CPU e memória (TORRES; ROCHA; DE SOUZA, 2016), além de suportar todos os níveis de QoS e a possibilidade de criação dinâmica de *temas* (SONI; MAKWANA, 2017).

Outro fator que pesou na escolha desse *broker* é o fato de ele já ter sido usado com sucesso em um trabalho similar. Em seu trabalho, (MARTINS, 2019) desenvolveu um sistema de automação residencial utilizando os mesmos componentes deste projeto, o módulo ESP8266 em conjunto com o protocolo MQTT e o *Mosquitto* atuando como *broker*.

**Plano de trabalho**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Quadro 1. Cronograma de execução para o segundo semestre do primeiro ano (2019/2)   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Atividade** | **Jul** | **Ago** | **Set** | **Out** | **Nov** | **Dez** | | Revisão bibliográfica | x | x |  |  |  |  | | Revisão sistemática |  |  | x | x |  |  | | Implementação do ambiente de testes |  |  |  |  | x | x | |
| Quadro 2. Cronograma de execução para o primeiro semestre do segundo ano (2020/1)   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Atividade** | **Jan** | **Fev** | **Mar** | **Abr** | **Mai** | **Jun** | | Implementação do ambiente de testes | x | x |  |  |  |  | | Realização do experimento |  |  | x | x |  |  | | Análise dos dados coletados |  |  |  |  | x | x |   Quadro 3. Cronograma de execução para o segundo semestre do segundo ano (2020/2)   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Atividade** | **Jul** | **Ago** | **Set** | **Out** | **Nov** | **Dez** | | Escrita da dissertação | x | x | x | x | x | x | |

**Análise de riscos**

Não existem riscos que impeçam o desenvolvimento deste trabalho

**REFERÊNCIAS**

COLOMBO, S. et al. **Dolphin Sam: A Smart Pet for Children with Intellectual Disability**. Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI ’16. **Anais**... In: THE INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE. Bari, Italy: ACM Press, 2016. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2909132.2926090>. Acesso em: 5 dez. 2020

HWANG, H. C.; PARK, J.; SHON, J. G. Design and Implementation of a Reliable Message Transmission System Based on MQTT Protocol in IoT. **Wireless Personal Communications**, v. 91, n. 4, p. 1765–1777, dez. 2016.

MANANDHAR, S. MQTT based communication in IoT. p. 56, 31 maio 2017.

MARTINS, V. F. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL USANDO PROTOCOLO MQTT, NODE- RED E MOSQUITTO BROKER COM ESP32 E ESP8266. p. 53, 2019.

MEHTA, M. ESP 8266: A BREAKTHROUGH IN WIRELESS SENSOR NETWORKS AND INTERNET OF THINGS. **International Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology**, v. 6, n. 8, p. 7–11, ago. 2015.

MESQUITA, J. et al. **Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things**. 2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). **Anais**... In: 2018 IEEE 23RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION (ETFA). Turin: IEEE, set. 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8502562/>. Acesso em: 5 dez. 2020

MICROSHIP. **ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P megaAVR Data Sheet**Microship, , 2020. . Disponível em: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061B.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2020

OLIVEIRA, G. M. B. et al. **Comparison Between MQTT and WebSocket Protocols for IoT Applications Using ESP8266**. 2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT. **Anais**... In: 2018 WORKSHOP ON METROLOGY FOR INDUSTRY 4.0 AND IOT. Brescia: IEEE, abr. 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8428348/>. Acesso em: 3 dez. 2020

RAABE, A. et al. **RoPE - Brinquedo de Programar e Plataforma de Aprender**. . In: XXIII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA. Recife, Pernambuco, Brasil: 27 out. 2017. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/7349>. Acesso em: 5 dez. 2020

SAHADEVAN, A. et al. **An Offline Online Strategy for IoT Using MQTT**. 2017 IEEE 4th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud). **Anais**... In: 2017 IEEE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER SECURITY AND CLOUD COMPUTING (CSCLOUD). New York, NY, USA: IEEE, jun. 2017. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7987225/>. Acesso em: 3 dez. 2020

SHINHO LEE et al. **Correlation analysis of MQTT loss and delay according to QoS level**. The International Conference on Information Networking 2013 (ICOIN). **Anais**... In: 2013 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION NETWORKING (ICOIN). Bangkok: IEEE, jan. 2013. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6496715/>. Acesso em: 3 dez. 2020

SONI, D.; MAKWANA, A. A SURVEY ON MQTT: A PROTOCOL OF INTERNET OF THINGS (IOT). p. 5, 2017.

TORRES, A. B. B.; ROCHA, A. R.; DE SOUZA, J. N. Análise de Desempenho de Brokers MQTT em Sistema de Baixo Custo. p. 12, 2016.