

SISTEMA DE ACIONAMENTO DE CARGAS POR ACESSO REMOTO UTILIZANDO PROTOCOLO MQTT

José Wadson Oliveira Silva¹, Alexandre Magnus Fernandes Guimarães², Luiz Felipe Beserra da Silva³

Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, Brasil

¹wadsonoliveira@bct.ect.ufrn.br

²alexandremagnus@ect.ufrn.br

³luizsilva.ee@gmail.com

Resumo— Este trabalho visa mostrar a elaboração do protótipo de uma tomada de acesso remoto de baixo custo para acionamento de cargas em ambientes residenciais ou prediais, visando auxiliar o gerenciamento de consumo de energia elétrica bem como melhorar a comodidade das pessoas no tocante ao gerenciamento de dispositivos eletroeletrônicos presentes em seu cotidiano de forma remota. O protótipo se trata de um sistema embarcado que utiliza um microcontrolador ESP8266 para acionamento de um relé através um sistema web para interação com o usuário final utilizando protocolo MQTT, dispondo de gráficos de potência e de corrente em tempo real bem como um sistema de agendamento do funcionamento da carga que está conectada. Desta forma, será mostrado o passo a passo da elaboração desse sistema, que, ao final, se mostrou como uma forma de automação de baixo custo.

Palavras-chave— Automação de baixo custo, ESP8266, Protocolo MQTT, Sistema embarcado, Tomada de acesso remoto.

I. INTRODUÇÃO

A descoberta da energia elétrica, definida como a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho, foi, sem dúvidas, um fator importantíssimo para o desenvolvimento da sociedade contemporânea. Até o século passado não se existia uma preocupação minuciosa da sociedade em geral de se saber o consumo instantâneo de cada equipamento conectado à rede elétrica a fim de se evitar gastos desnecessários. Ligar ou desligar um equipamento era realizado exclusivamente de forma manual, ou nos melhores casos poderia se ter um controle remoto que daria a opção de realizar o acionamento do dispositivo a alguns poucos metros de distância.

A partir da segunda metade do século XX com o advento da Internet cabeada (*Ethernet*) e posteriormente com o advento da Internet sem fio (*Wireless*), houve uma revolução na forma de comunicação na sociedade como um todo. Essa revolução trouxe novos conceitos e tendências tecnológicas como a Internet das Coisas (em inglês: *Internet of Things*, abreviadamente, IoT).

A IoT, proposta por Kevin Ashton do MIT em 1999, pode ser definida como uma rede de objetos habilitados para a

Internet em um mundo onde objetos físicos são perfeitamente integrados à rede de informações e onde os objetos físicos podem se tornar participantes ativos dos processos de negócios [1]. Em outras palavras, é uma imensa rede de coisas conectadas, incluindo também pessoas. Assim, tem-se a relação coisas-coisas, coisas-pessoas e pessoas-pessoas. Nesse contexto, o MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport Protocol*) desempenha um papel importante na troca de dados ou informações entre os dispositivos na IoT sem conhecer as identidades um do outro [2].

Nesse âmbito, é esperado que todo e qualquer eletroeletrônico seja num ambiente residencial ou predial possa estar conectado à Internet, uma vez que a imensa maioria dos produtos entregues pela indústria ainda não está integrada à Internet das Coisas. Em outras palavras, para evitar o descarte desnecessário de produtos eletroeletrônicos para se utilizar produtos com tecnologias de acesso à IoT (na imensa maioria dos casos em preços ainda não acessíveis aos diversos tipos de consumidores, principalmente aqueles de classes sociais menos favorecidas), uma tomada de acesso remoto pode fazer a integração entre a indústria antiga, que não visava a IoT, e a nova indústria de coisas conectadas, com certo poder de processamento agregado.

Waka em seu trabalho de conclusão de graduação desenvolveu um controle remoto de tomadas de energia elétrica, utilizando a plataforma de prototipagem Intel Galileo e tecnologias de software livre como o openHAB, um framework para automação residencial, e o middleware de comunicação Mosquitto utilizando o protocolo MQTT para envio e recebimento de mensagens [3].

Soares et al desenvolveram um circuito para leitura, monitoramento e cálculo do consumo de energia elétrica de equipamentos conectados a uma tomada de uso geral com o objetivo de ser um protótipo de baixo custo e de tamanho físico pequeno a fim de poder ser inserido nas tomadas residenciais convencionais [4]. Para isso, utilizaram um microcontrolador da família PIC, o DSPIC3012, um sensor de corrente ACS712 e um módulo Xbee Pro 900HP S3B, para transmitir os dados sem a

necessidade de fios e possibilitar o controle e monitoramento à distância. Tudo isso conectado a um software desenvolvido de autoria própria dos autores, baseado na linguagem de programação LabVIEW.

Este trabalho visa demonstrar uma tomada de acesso remoto como um elemento a ser utilizado em uma automação residencial/predial a fim de posteriormente estar conectada a um medidor de energia inteligente, que incorpora recursos para monitorar parâmetros de energia de equipamentos e realizar funções como monitoramento de energia em tempo real, fator de potência e alertas contra sobretensão e sobrecorrente [5].

II. MONTAGEM DO PROTÓTIPO

O processo de montagem da tomada de acesso remoto contou com a presença de equipamentos para medição e análise de circuitos eletrônicos. A parte de montagem do hardware foi composta de: uma placa NodeMCU 1.0, que utiliza o microcontrolador ESP8266; um sensor de corrente ACS712; uma fonte regulada de transformação de tensão de 220 V para 5 V; um relé eletromecânico de 1 canal optoacoplado; uma caixa de montagem para embarcar todo o sistema; cabos com fio de proteção; um plug de tomada macho e um plug fêmea. Todos esses materiais custaram pouco menos de 100 reais, conforme Tabela 1 com base de preços entre os anos de 2018 e 2019.

Tabela 1: Relação de preço dos materiais utilizados.

Material	Preço (em reais)
1 NodeMCU 1.0 (ESP12-E)	42,90
1 Relé optoacoplado de um canal	11,00
1 Sensor de corrente ACS712	5,40
1 Fonte regulada 220V/5V	12,00
1 Caixa de montagem	10,00
Fio condutor (2 m)	7,00
2 plugues (macho e fêmea)	10,80

A parte de software contou com softwares livres e de código aberto em sua imensa maioria, apenas foi utilizado o broker *CloudMQTT*, mas em versão não paga.

O protótipo em versão final pode ser visualizado na Fig. 1.



Fig. 1: Protótipo da tomada de acesso remoto.

Foram utilizados dois cabos (com plug macho e com plug fêmea) a fim de melhor compreensão do projeto elaborado. No entanto, a intenção é que a tomada de acesso remoto aqui desenvolvida possa ser inserida dentro de tomada convencionais a fim de se otimizar espaço e estética da utilizada do sistema como um todo.

A. Calibração do sensor de corrente

Uma das primeiras tarefas na montagem do protótipo da tomada de acesso remoto foi calibrar o sensor de corrente ACS712, invasivo, a fim de ter seus valores de corrente medidos pelo ESP8266 e enviado para a aplicação, a qual irá gerar os gráficos de corrente e potência da carga inserida no sistema. O ACS712 utilizado tem sensibilidade de 185 mV/A, pois faz leitura de correntes de -5 A 5 A, conforme Gráfico 1 disponível em seu datasheet:

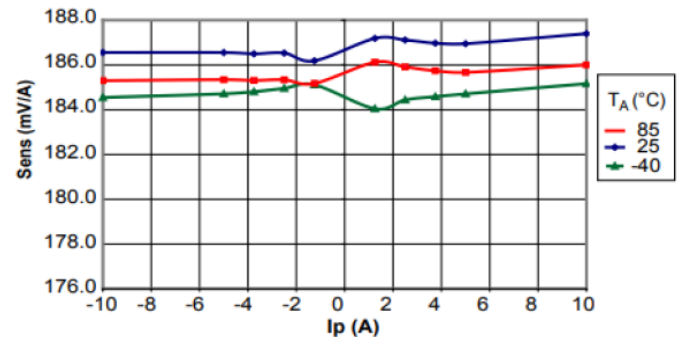


Gráfico 1: Relação de sensibilidade e corrente do sensor ACS712.

A Fig. 2 ilustra o processo de calibração do sensor de corrente realizado em laboratório:



Fig. 2: Calibração do sensor de corrente.

Inicialmente, foi conectado o ACS712 ao ESP8266 e à uma fonte de tensão ajustável no valor de 3 V a fim de verificar se a curva teórica de tensão em função da corrente mostrada no datasheet realmente estava de acordo com o circuito utilizado aqui, conforme Fig. 3. Lembrando que a tensão foi mantida constante nos cálculos utilizados, no valor de 220 V.

Visto que o sensor estava calibrado, foi feito um teste com um resistor de 300 ohms conforme Fig. 3, em que a diferença

entre o valor medido e o valor teórico mostrou-se aceitável conforme datasheet.

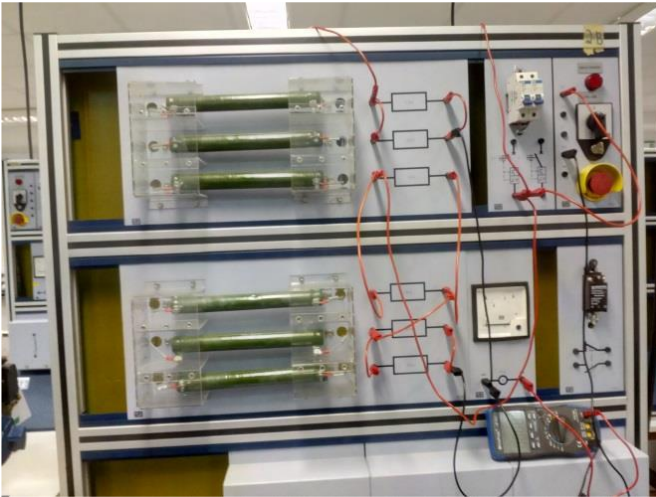


Fig. 3: Teste de precisão do sensor de corrente.

O Gráfico 2 mostra o gráfico da tensão de saída pela corrente percebida pelo sensor ACS712:

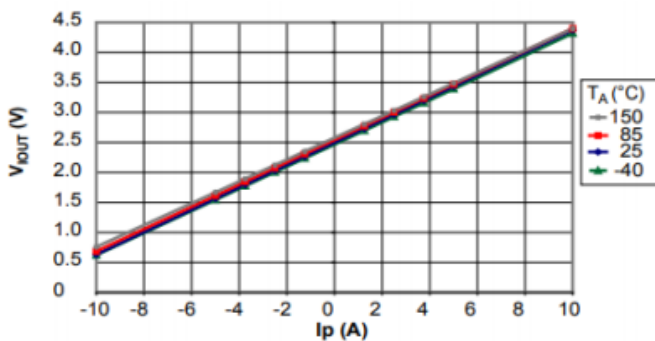


Gráfico 2: Relação tensão de saída e corrente percebida pelo sensor.

B. Embarcando o circuito na caixa de montagem

Na Fig. 3, tem-se o sistema referente à tomada de acesso remoto. Dentro da caixa de montagem está um cabo com fio de proteção que alimenta todo o sistema. Para alimentar a parte de controle, há uma fonte de regulada que, ao converter a tensão da rede elétrica para 5 V, alimenta a placa NodeMCU 1.0 através da porta USB. O sensor de corrente ACS712 é ligado em série com a fase do circuito, sendo conectado também à Placa do ESP8266, que receberá as informações de valor de corrente.

Nesse contexto, o ESP8266 através da placa NodeMCU aciona um relé, que está conectado em série com a fase de alimentação do circuito. Pelo fato de esse relé já possuir optoacoplador, há o isolamento da parte de potência da parte de controle. Por fim, os fios de fase, neutro e terra irão alimentar a carga a ser acionada, garantindo sua proteção, conforme indicado na Fig. 4.

O relé utilizado neste protótipo foi um relé eletromecânico optoacoplado de 1 canal. No entanto, devido às suas limitações de vida útil, sabe-se que é melhor se utilizar um relé de estado

sólido, que tem uma vida útil de 10 a 100 vezes maior que um relé eletromecânico [6]. Isso se deve aos arcos voltaicos (faíscas) gerados nos relés eletromecânicos que podem danificar seu próprio material, o que diminui sua vida útil.

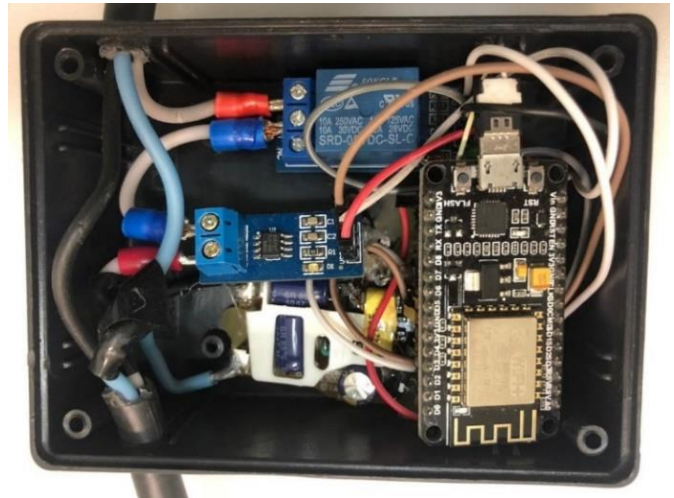


Fig. 4: Componentes eletrônicos embarcados no protótipo.

Quanto aos princípios de funcionamento, os relés eletromecânicos fazem a transmissão de sinal por meio de um circuito magnético com movimentação mecânica (bobina + armadura), enquanto os relés de estado sólido transmitem o sinal por meio de um circuito óptico com acionamento de cargas em um semiconductor (LED + fototransistor).

Assim, a utilização de um relé de estado sólido pode estender a vida útil do sistema embarcado, garantindo mais robustez e segurança à aplicação.

C. Interface gráfica de controle da tomada de acesso remoto

A fim de ser uma ferramenta de fácil uso, foi desenvolvida uma aplicação web utilizando o *framework* Angular, que utiliza a linguagem *JavaScript*. Nesta aplicação há a funcionalidade principal de acionamento da carga em que o usuário pode ligar ou desligar a carga que está sendo acionada pela tomada de acesso remoto, tendo a informação feedback do status da carga (ligada ou desligada), conforme Fig. 5.

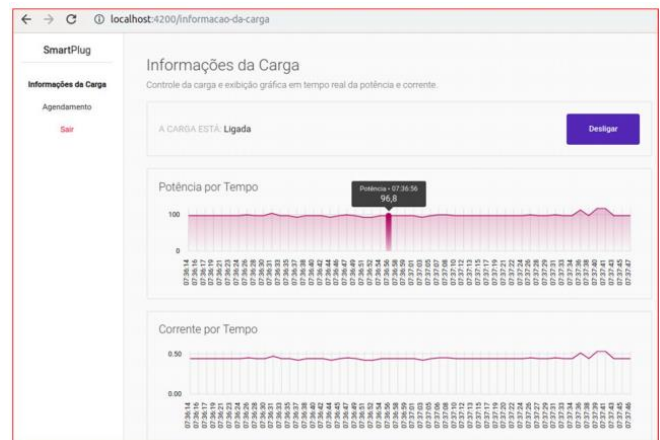


Fig. 5: Interface de informações da tomada de acesso remoto.

Além disso, há um sistema de agendamento em que é possível agendar um momento futuro para a carga ser acionada, consoante Fig. 6. Isso garante uma maior comodidade para o usuário final que poderá realizar o acionamento da carga via Internet, onde quer que esteja. Esse sistema também conta com gráficos de corrente e potência da carga acionada em tempo real, fornecendo, de forma intuitiva ao usuário, informações de consumo de energia elétrica e, consequentemente, seu gasto na conta mensal de energia do aparelho controlado. Nas Fig. 8 e 9 são exibidas as interfaces da aplicação web para uma determinada carga:

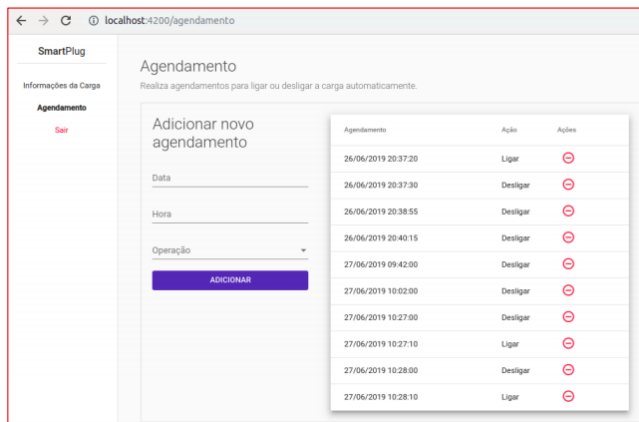


Fig. 6: Interface de agendamentos da tomada de acesso remoto.

D. Acessando a aplicação web através da Internet

Para se ter a comodidade de se acessar a aplicação web de qualquer lugar do mundo para acompanhar gráfico de consumo e agendamento da tomada aqui desenvolvida, é necessário hospedá-la em um sistema web de hospedagem como o *Firebase Hosting* do Google ou utilizar uma infraestrutura própria para inserir a aplicação na Internet.

Aqui, é enfatizado o uso de uma nuvem grátis para hospedagem da aplicação desenvolvida a fim de se obter maior segurança, disponibilidade e integridade do serviço.

O *Firebase Hosting* é um serviço de hospedagem totalmente gerenciado para conteúdo estático e dinâmico, além de microsserviços. O serviço é respaldado por armazenamento SSD e por uma CDN (*Content Delivery Network*) global. Todos os sites hospedados pelo *Firebase* também recebem um certificado SSL gratuito para que seu conteúdo seja sempre fornecido com segurança [7].

Devido ao sistema web aqui desenvolvido ter utilizado o *framework* Angular do Google, hospedá-lo no *Firebase* se torna algo ainda mais simples, uma vez que esse serviço do Google é otimizado para hospedar páginas estáticas e de uma só página, como a aqui abordada.

Assim, o serviço de hospedagem gratuita na nuvem do Google através do *Firebase Hosting* faz com que o usuário final não se preocupe com as ferramentas necessárias para se manter um serviço que atenda à tríade da informação: disponibilidade, integridade e disponibilidade. Isso se deve devido à versão gratuita do *Firebase Hosting* permitir aplicações de até 1 GB de armazenamento e além de implementar toda a parte de SSL, as questões de segurança envolvidas.

E. Protocolo MQTT utilizado na arquitetura do sistema web

Para explanar os tópicos MQTT utilizados no protótipo, a Fig. 7 mostra a relação *publish/subscribe* entre o NodeMCU 1.0, o broker *CloudMQTT* e a aplicação web desenvolvida com o *framework* Angular:

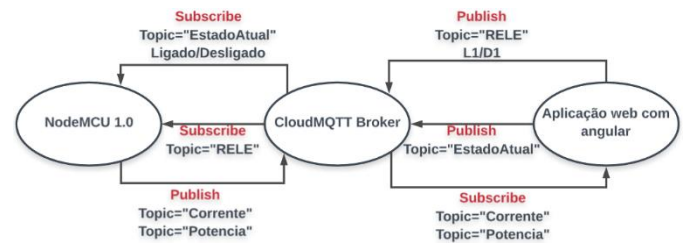


Fig. 7: Tópicos MQTT utilizados na aplicação web.

O botão *Ligar/Desligar* presente na aplicação web publica o tópico *RELE* passando o comando *L1* para ligar a carga (acionar o relé) ou *D1* para desligá-la. Des forma, o NodeMCU 1.0 devido estar subscrito nesse tópico recebe o comando *L1* ou *D1* e assim irá ligar ou desligar o equipamento controlado. O sensor de corrente envia os dados de corrente para o NodeMCU 1.0 através da porta ADC, que converte os dados analógicos em digitais e assim esse kit de desenvolvimento pode enviar tais dados para aplicação web através de dois tópicos: um para corrente e outro para potência. Assim sendo, a aplicação por estar subscrita nos tópicos *Corrente* e *Potencia* pode gerar os gráficos de corrente e de potência. Por último, a aplicação web publica um tópico chamado *EstadoAtual* a fim de saber qual é o estado atual da carga controlada pelo NodeMCU 1.0. Isso foi preciso pois a aplicação iniciava sem saber essa informação e sempre indicava que a carga estava desligada precisando que o botão *Ligar/Desligar* fosse clicado uma vez para que se sincronizasse de fato com o dispositivo. Isso também ocorria quando se alternava entre abas: da aba *Informações da Carga* para a aba *Agendamento*. Assim, como a aplicação sempre está perguntando o estado atual da carga, ela inicia sempre sincronizada informando o estado atual correto. Portanto, devido ao Kit de desenvolvimento estar subscrito no tópico *EstadoAtual* ele retorna a informação *Ligado* ou *Desligado*, o que possibilita também o preenchimento dos gráficos de forma sincronizada com o botão *Ligar/Desligar*.

III. RESULTADOS

O protótipo da tomada de acesso remoto aqui demonstrado mostrou-se válido no tocante ao baixo custo de sua implementação bem como no tocante de sua preocupação com o descarte prematuro de produtos eletroeletrônicos que podem ser substituídos por produtos que estão sendo desenvolvidos na indústria atual para dar acesso ao mundo das coisas conectas, de equipamentos inteligentes.

Esse descarte de produtos em plena vida útil pode ser evitado quando tomadas de acesso remoto são utilizadas para dar certa inteligência aos equipamentos tradicionais. Assim, quaisquer dispositivos podem ter seu consumo monitorado remotamente via internet, informando seus dados de consumo, status atual bem como poder ser gerenciado pelo usuário final, dando assim comodidade e melhorando o bem-estar.

O baixo custo aqui abordado é validado devido aos equipamentos de hardware e os softwares utilizados darem um custo de pouco menos de 100 reais, cotados entre 2018 e 2019. Desta forma, não foi considerado o custo de desenvolvimento do sistema web nem o custo de desenvolvimento do sistema embarcado. Levando o protótipo para fabricação em larga escala, pode-se diminuir ainda mais o valor unitário de uma tomada de acesso remoto como a aqui abordada.

Assim, um determinado ambiente (residencial ou não) pode ter dispositivos monitorados e gerenciados remotamente, e integrados entre si também, uma vez que o broker permite a comunicação entre os dispositivos de um mesmo ambiente, através do protocolo MQTT, que garante uma comunicação mais suave entre diversos dispositivos, desde os mais robustos até aquele com hardware de performance mais restrita, como aqueles que possuem baixa autonomia de energia por exemplo. Isso porque o MQTT foi projetado para ambientes hostis, sendo inicialmente projetado para ambientes espaciais como a comunicação entre satélites e estações de rastreamento de sistemas espaciais.

O protótipo da tomada de acesso remoto aqui descrito visa ser integrado em projeto posterior com um medidor de energia inteligente [5] capaz de gerenciar todos os dispositivos conectados a cada tomada de acesso remoto, como a deste trabalho. Tal medidor é descrito na Fig. 8, em que foi utilizado um microcontrolador Arduino junto a um chip ADE7758, o qual faz os cálculos necessários acerca da medição de energia dos dispositivos conectados.

IV. CONCLUSÕES

Concluída a elaboração do protótipo da tomada de acesso remoto, pôde-se constatar que este projeto é viável para a automação de residências ou edifícios a baixo custo. Para chegar a essa conclusão não se levou em consideração os possíveis custos de mão-de-obra intelectual pela elaboração da tomada de acesso remoto. Em análise, apenas se levou em consideração os custos das matérias-primas envolvidas. Pelo fato de chips e demais componentes eletrônicos estarem bem mais acessíveis nos dias atuais, é capaz de se elaborar projetos robustos com relativo custo/benefício.

Poder aproveitar os eletroeletrônicos atuais, que não dispõem de inteligência para serem gerenciados via Internet dentro de uma rede IoT, é poder contribuir para a preservação do meio ambiente também, uma vez que o consumo desenfreado de novos dispositivos de tecnologias inteligentes são minimizados através da introdução de tomadas inteligentes que agregam certo grau de inteligência aos dispositivos tradicionais, permitindo que não sejam descartados em plena vida útil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte por nos permitir a utilização de seu Laboratório de Eletrotécnica para que realizássemos nossas pesquisas acadêmicas e podermos gerar ciências e tecnologias para a sociedade brasileira.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Carretero, J. D. García. *The Internet of Things: connecting the world. Personal and Ubiquitous Computing*. Vol 18. Nº 2. Fev. 2014. DOI 10.1007/s00779-013-0665-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0665-z>. Acesso em: 13 jun. 2019.
- [2] M. Kashyap, V. Sharma, N. Gupta. *Taking MQTT and NodeMcu to IoT: Communication in Internet of Things*. Vol. 132. Pag. 1611-1618. Jun. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.126>. Acesso em: jun. 2019.
- [3] Waka, G. M. *Controle remoto de tomadas elétricas baseado nos conceitos da Internet das Coisas*. 2015. 54 f. Monografia (graduação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- [4] Soares, L. F.; Brandt, J.; Godinho, R. A.; Bertoncello, R. *Monitoramento de variáveis em uma tomada de uso geral – Smart Tug*. In: Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia, 2017, Belém. Anais. CONTECC, 2017.
- [5] Guimarães, A. M. F. ; Freitas, T. T. ; Griner, H. ; de Almeida, T. H. S. . *Smart energy monitoring system with ADE7758 IC*. In: 2015 5th. International Youth Conference on Energy (IYCE), 2015, Pisa. 2015 5th. p. 1-5.
- [6] Cozzo, R. *Relés eletromecânicos e de estado sólido. O setor elétrico*. Ed. 40, Maio 2009. Acesso em: 25 set 2019. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/relés-eletromecânicos-e-de-estado-sólido/>.
- [7] Documentação do Firebase. Acesso em 25 set 2019. Disponível em: https://firebase.google.com/docs/hosting/?authuser=0#how_does_it_work