

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LUIS GUILHERME FURNIELIS DA SILVEIRA

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO PROTOCOLO MQTT E
PROGRAMAÇÃO NODE-RED**

Ilha Solteira, SP

2023

LUIS GUILHERME FURNIELIS DA SILVEIRA

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO PROTOCOLO MQTT E
PROGRAMAÇÃO NODE-RED**

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro

Ilha Solteira, SP

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

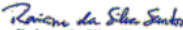
S587a Silveira, Luis Guilherme Furnielis da.
Automação residencial utilizando protocolo MQTT e programação Node-Red
/ Luis Guilherme Furnielis da Silveira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
39 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Jean Marcos de Souza Ribeiro

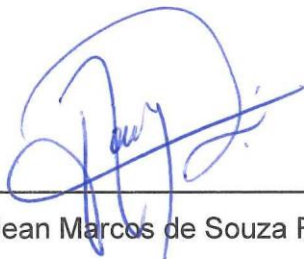
Inclui bibliografia

1. Automação. 2. Protocolo MQTT. 3. Node-Red.

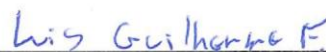

Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Gestão
Serviço Técnico de Biblioteca, Atendimento ao usuário e Documentação
Biblioteca Técnica de Biblioteca e Documentação
CSB/8 - 9999

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos vinte dias do mês de abril do ano de dois mil e vinte e três, o discente **Luis Guilherme Furnielis da Silveira**, matriculado sob o nº 152054782, tendo como banca examinadora o seu orientador, o Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro, o Doutorando Rodrigo Serra Daltin e o Doutorando Lucas do Carmo Yamaguti, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "**Automação Residencial utilizando o Protocolo MQTT e Programação Node-Red**" obtendo a nota 9,0 (NOVE) e conceito aprovado.



Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro
- orientador-



Luis Guilherme Furnielis da Silveira
- discente-



Doutorando Rodrigo Serra Daltin
- Membro da Banca -



Doutorando Lucas do Carmo Yamaguti
- Membro da Banca -

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho especialmente a minha família. Dedico também a todos os professores e amigos que tiveram uma grande contribuição na minha formação pessoal e profissional durante o período de graduação, sem os quais não seria possível realizar este sonho.

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram na caminhada até aqui, foram muitos, mas em especial:

Primeiramente a Deus, por permitir a conclusão desta jornada, colocando em meu caminho pessoas maravilhosas e que só agregaram em minha formação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jean Ribeiro, por ter me acolhido como orientado e pelos ensinamentos para a realização deste trabalho. Muito obrigado pela orientação, paciência e dedicação para a minha formação acadêmica.

A todos os meus amigos que sempre me apoiaram e nunca me deixaram desistir, em especial a minha república que teve grande importância em moldar a pessoa que sou hoje.

A todos os professores que tive durante a graduação. Conhecimento é o bem mais valioso do ser humano e vocês fizeram parte da construção do meu.

À toda minha família, por todo carinho, por sempre estarem ao meu lado e nunca pouparem esforços e trabalho para que meus sonhos fossem realizados. Obrigado por todo apoio no início e continuidade da minha formação acadêmica. Vocês são os maiores exemplos de força e superação que eu poderia ter e graças a vocês, concluí mais esse trabalho com muito amor e dedicação.

A todas estas pessoas e todos que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho, meu muito obrigado. A conclusão dele só foi possível graças ao apoio de cada um de vocês.

RESUMO

Neste trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas e implementações de um sistema de automação residencial utilizando um protocolo de comunicação para dispositivos conectados a internet das coisas, denominado MQTT, como também um programa “*open source*” que permite a programação por blocos, voltado para automações, chamado Node-Red. O projeto abordou a automação de eletrodomésticos como ar-condicionado e cafeteira, como também a parte de iluminação de uma residência, dividindo-se em três cômodos de uma residência: Quarto, cozinha e jardim. O trabalho possibilita ao usuário acompanhar cada aparelhos através de um dashboard, acionando a distância para mudar seu status sempre que tiver necessidade e receber mensagens no celular sempre que esa alteração de status é feita.

Palavras-Chave: Automação, Protocolo MQTT, Node-Red

ABSTRACT

In this work, bibliographic research and the implementation of a home automation system were carried out using a communication protocol for Internet of Things devices called MQTT, as well as an open-source program that allows block programming, aimed at automation, called Node-Red. The project addressed the automation of appliances such as air conditioning and coffee maker, as well as the lighting part of a residence, divided into three rooms: bedroom, kitchen, and garden. The work allows the user to monitor each device through a dashboard, remotely triggering a change in its status whenever necessary, and receiving messages on their phone whenever such a status change is made.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Arquitetura MQTT	16
Figura 2 - Comunicação MQTT	17
Figura 3 - Hierarquia MQTT	18
Figura 4 - Quality of Service	19
Figura 5 - Node-Red.....	21
Figura 6 - Aedes MQTT Broker	22
Figura 7 - Teste MQTT	23
Figura 8 - Cozinha: Esquema Geral	24
Figura 9 - Alarme de Incêndio	25
Figura 10 - Código de Autorização.....	26
Figura 11 - Cafeteira	27
Figura 12 - Quarto: Esquema Geral	28
Figura 13 - Jardim: Esquema Geral	30
Figura 14 - Alarme de Presença.....	30
Figura 15 - Irrigação	31
Figura 16 - Dashboard	34
Figura 17 - Alarmes Desativados	35
Figura 18 - Sensores Ativados	35
Figura 19 - Sensores Acionados	36
Figura 20 - Mensagens Recebidas no WhatsApp	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo	12
1.2 Estrutura do Trabalho	12
2 REVISÃO TEÓRICAS.....	14
2.1 Automação Residencial.....	14
2.2 MQTT	15
2.2.1 MQTT e suas vantagens	19
2.4 Node-Red	20
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
3.1 Cozinha	24
3.1.1 Alarme de Incêndio.....	24
3.1.2 Cafeteira.....	27
3.2 Quarto	28
3.3 Jardim.....	29
3.3.1 Alarme de Presença	30
3.3.2 Irrigação	31
3.4 Nós Utilizados	32
3.5 Dashboard.....	34
3.5.1 Sensores	34
4. CONCLUSÃO.....	38

1 INTRODUÇÃO

A internet das coisas (IoT – *Internet of Things*), tida como uma ideia futurística há alguns anos, atualmente é uma realidade presente no cotidiano, mesmo que imperceptível (CARVALHO, 2021).

Pode-se definir IoT como a habilidade que os mais variados objetos, desde uma simples fechadura até carros têm de se conectar à internet, de modo que estes itens conseguem comunicar-se entre si e transmitir dados através da nuvem (CARVALHO, 2021).

A utilização da IoT está presente em diversas áreas, na área da saúde, por exemplo. Hoje é possível que pacientes utilizem os chamados marcapassos inteligentes, de modo que, estes aparelhos conseguem enviar em tempo real informações sobre o quadro clínico do usuário, assim um médico pode acompanhar os dados e agir conforme necessidade (MORCH, 2019).

Outra área que faz grande uso desta tecnologia de modo muito interessante é a área de saneamento básico, contribuindo para resolver um problema grande no país, o desperdício e perda de água. Pode-se usar de exemplo a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), a qual utiliza de sensores conectados a nuvem que disponibilizam dados sobre a pressão e qualidade da água, podendo acompanhá-los em tempo real. Por meio destes dados é possível verificar vazamentos, reduzir o consumo, entre outras vantagens (EOSCONSULTORES, 2022).

Tem-se também uma grande utilização da IoT na automação residencial, trata-se da utilização deste recurso dentro das residências. O termo, muito comum no exterior começou ganhar moldes no Brasil por volta de 2013, oriunda do termo *Home Automation*, segundo Muratori e Dal Bó (2014).

Encontrar os benefícios da utilização da automação residencial não é uma tarefa árdua, pode-se ressaltar a segurança, conforto e a economia de energia.

Para a segurança, é possível que os moradores da residência acompanhem qualquer movimentação que ocorra, utilizando sensores de presença, sonoros, entre outros. É possível programar para que ao ativar algum destes sensores, uma mensagem seja enviada para o dono da casa ou até mesmo para a polícia.

Quando se trata de conforto, pode-se pensar facilmente em muitos benefícios, como acender lâmpadas e ligar objetos, por comando de voz, apertando um simples

botão ou até mesmo de forma automática. É possível também programar aquecedores e ares-condicionados, conforme a temperatura do ambiente.

Como dito anteriormente, é possível programar de forma automática as iluminações e aparelhos eletrônicos de uma residência, sendo assim, evitando luzes acesas quando não há ninguém no local, ou colocando em modo descanso os aparelhos quando não utilizados, proporcionando assim uma economia que a princípio pode parecer pequena, mas que feita diariamente representa uma grande quantia.

1.1 Objetivo

Tem-se como objetivo primordial do trabalho, elaborar uma automação residencial, unindo um alarme de segurança e os circuitos de acionamentos remotos para ligar e desligar lâmpadas e tomadas, um sensor de presença, que indicará no aparelho do usuário qualquer presença, permitindo ao usuário tomar ações conforme sua vontade. Assim é possível unir três vertentes importantes: segurança, conforto e economia de energia.

Através de uma ferramenta *open source*, chamada *Node-RED*, conseguiu-se visualizar a programação e criar um aplicativo, utilizando para comunicação o protocolo MQTT através do Mosquitto Broker.

1.2 Estrutura do Trabalho

No trabalho em questão, distribuiu-se a automatização em três cômodos, buscando exemplificar as três vertentes citadas como foco das automações, é importante citar que se escolheu uma automação para cada cômodo, mas que para não tornar repetitivo, não se utilizou uma lâmpada automática na cozinha, como utilizado no quarto.

Seguindo a linha de segurança, adotou-se a esquematização de dois sensores, sendo um sensor de fumaça e um sensor de presença. O primeiro sensor, localizado na cozinha, recebe o sinal de fumaça, testado pelo envio via mqtt utilizando o MQTTBox, assim, uma notificação é enviada ao celular do usuário informando a condição do sensor, como também um aviso sonoro. Tratando-se do sensor de presença, localizado no jardim, programou-se este semelhante ao alarme de incêndio,

com envio de mensagem ao usuário ao detectar alguma presença, no entanto, se acionado, o sensor enviara um sinal que automaticamente acenderá a luz da entrada da residência.

Tratando-se do conforto, três fluxos de programação funcionaram para esta vertente. Na cozinha tem-se a utilização de uma cafeteira automática, programada para iniciar em dias úteis em determinado horário, trazendo maior agilidade e comodidade, podendo ser expandido para outros eletrodomésticos como torradeiras e afins. No quarto, a automatização de lâmpadas e ar-condicionado permite ao usuário acioná-los sem estar na residência, no caso do ar-condicionado, há ainda uma programação para ligá-lo de forma automática, assim, é possível programar para encontrar uma temperatura agradável, assim que chegar na residência. No jardim, através do irrigador, uma atividade rotineira e facilmente esquecível tornou-se automática, assim, em horários específicos, um sinal é enviado e o irrigador é ativado, aguçando as plantas.

Dentro da economia, cita-se novamente o ar-condicionado, com sua programação para desligar, não há riscos de esquecê-lo ligado, configurando assim uma grande economia. Pode-se citar o irrigador como uma economia de água, pois com sua programação automática de funcionamento, toda utilização da água é estritamente o necessário para as plantas.

2 REVISÃO TEÓRICAS

Neste capítulo serão apresentados os conceitos aplicados durante o desenvolvimento deste trabalho, assim foi possível aprofundar-se no assunto e desenvolver todo o projeto.

2.1 Automação Residencial

Em 2014, Muratori e Dal Bó definiram a automação residencial com a seguinte frase “É um processo que, usando diferentes soluções e equipamentos, possibilita ao usuário usufruir o máximo de qualidade de vida na sua habitação”.

Esta análise pertinente, indica que ao passar dos anos pode-se usufruir de acomodações com maior conforto, aproveitando ao máximo todos os benefícios possíveis. Há alguns anos, essa visão era inimaginável e graças ao avanço exponencial da tecnologia, hoje tudo se encontra na palma da mão.

É explicado também, por Muratori e Dal Bó, em 2014, que a automação residencial apresenta três níveis, sendo eles: autônomo, integrado e complexo. O nível autônomo trata-se de sistemas que não conversam entre si, sistemas isolados, quando não há um centro de controle, por exemplo uma lâmpada inteligente. Quando esta lâmpada conversa com algum outro sistema, por exemplo um sensor de movimento, que a aciona, já pode-se dizer que se trata de um nível integrado. Por fim, tem-se o nível complexo, onde tem-se o mais alto grau de tecnologia, muitas ainda em fase de pesquisa, não abertas e testadas pelo grande público.

Como dito por Souza (2016), o tema automação residencial ainda é carente de soluções no mercado, de forma que nem todas as pessoas têm acesso ou conhecimento sobre o tema e suas praticidades, possibilitando uma ótima oportunidade de negócio.

Foi baseado nisso que em 2016, Souza, apresentou um projeto que utilizava placas com microcontroladores, como ESP8266, Arduino mega e Arduino uno. No entanto, para tal projeto, utilizou-se comunicação por rádio frequência, ao contrário da comunicação utilizada neste trabalho.

Em Rodrigues (2017), apresentou-se, um projeto de automação com sensores de temperatura e umidade. Durante o desenvolvimento, o autor utilizou o protocolo MQTT, indicando todas suas vantagens, tal protocolo também será utilizado no

desenvolvimento deste projeto. Fazendo uso da IoT, Rodrigues a define como um paradigma de consumo entre dispositivos ou até mesmo objetos, quando estes possuem eletrônica embarcada. (Rodrigues, 2017)

2.2 MQTT

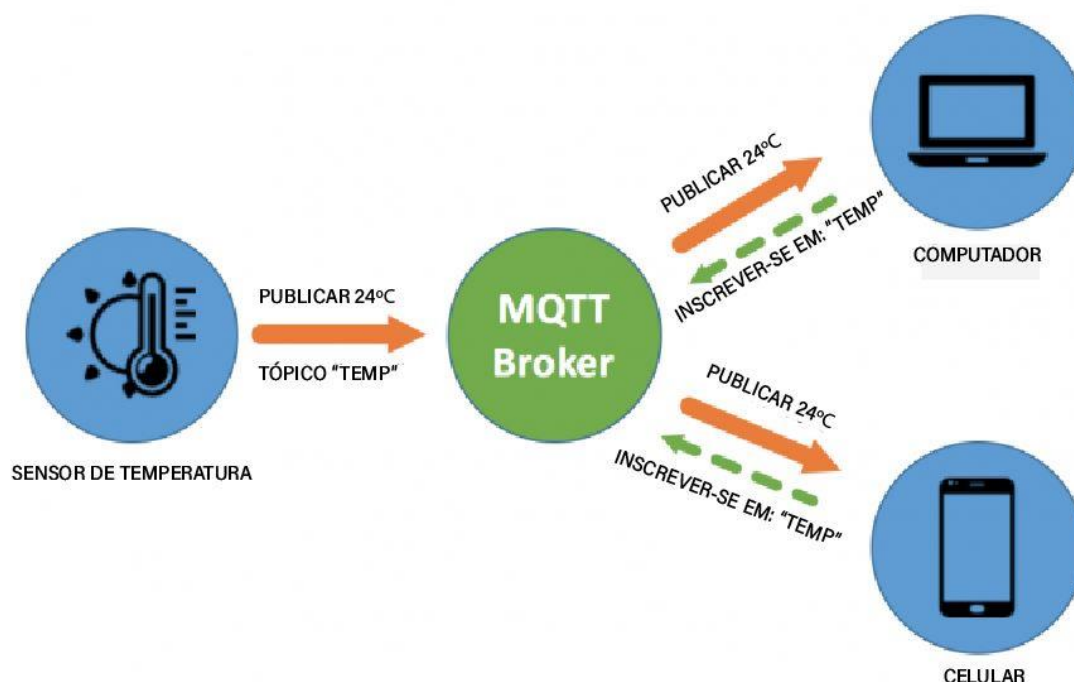
O *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) ou em português, Transporte de Filas de Mensagem de Telemetria, surgiu pela IBM e Eurotech, em meados da década de 90, pode ser resumido em um protocolo de mensagens, utilizando o formato cliente/servidor, oferecendo um baixo custo de recursos de software, como banda e rede (ELEMENT14, 2022).

Sendo o *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) o protocolo mais conhecido e utilizado atualmente, este exerce sua função de proporcionar uma comunicação entre um navegador e um servidor web, no entanto, mesmo sendo o mais utilizado, isto não o torna o mais seguro e menos complexo, sendo assim, foi esse cenário que surgiu o MQTT (ELEMENT14, 2022).

O MQTT é extremamente utilizado em processos de *Machine to Machine* (M2M), que corresponde a comunicação entre as máquinas, como também na utilização em projetos que utilizam IoT, a excelência na utilização do MQTT nesses processos dá-se pelos motivos mencionados acima, como também pelos seus fundamentos na pilha TCP/IP (ELEMENT14, 2022).

O formato publicação/assinatura do MQTT facilita a interação entre os dispositivos. Pode-se dizer que os dispositivos se comunicam através de assinaturas, ou seja, quando um aparelho deseja receber uma informação, ele torna-se assinante (*subscriber*). Quando é preciso enviar informações, estas são publicadas, tornando o dispositivo um publicador (*publisher*). A Figura 1 apresenta a estrutura do MQTT (YUAN, 2021).

Figura 1 - Arquitetura MQTT

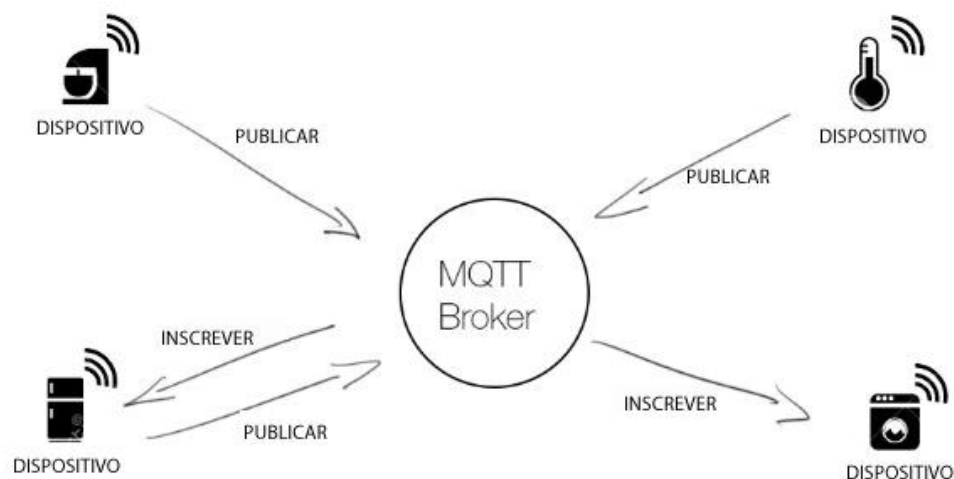


Fonte: (Adaptada de CONCEIÇÃO, 2018)

O modelo de publicação/assinatura permite na rede dois membros, o cliente e o broker. O cliente é o dispositivo que consegue se conectar com o sistema, podendo enviar/receber informações. Já o broker, é o responsável por fazer a comunicação entre o envio e o recebimento da informação, ou seja, este recebe a publicação e faz o envio aos assinantes.

Pode-se dividir o modelo de publicação/assinatura em 3 principais modelos, segundo Hunkeler, Truong e Stanford-Clark (2008), são eles: Tipo, conteúdo e tópico. No modelo de tópico (utilizado no MQTT), conforme apresentado na Figura 2, a arquitetura de funcionamento (CONCEIÇÃO, 2018).

Figura 2 - Comunicação MQTT



Fonte: (Adaptada de REZENDE, 2019)

Os publicadores enviam mensagens em tópicos, como observa-se na Figura 2, estes tópicos são enviados aos assinantes, sendo que cada assinante decide qual tópico deseja assinar (CONCEIÇÃO, 2018).

Vê-se na Figura 2 que há dispositivos que funcionam apenas como publicadores, como o sensor de temperatura representado. Alguns aparelhos exercem a função apenas de assinantes, como um smartphone que recebe a informação da temperatura. Por fim, é possível também que aparelhos funcionem como assinantes e publicadores, no exemplo, têm-se uma geladeira, esta que pode receber a informação da temperatura, ajustando seu termostato e enviar informações de sua própria temperatura, por exemplo (CONCEIÇÃO, 2018).

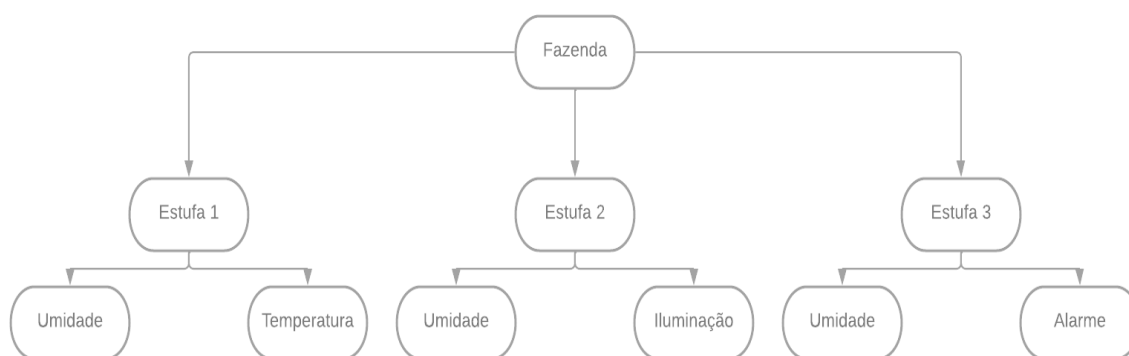
É importante ressaltar também que os assinantes podem ser alterados a qualquer momento, sem que o publicador saiba, isto ocorre devido a intermediação do broker na comunicação entre o publicador e o assinante (CONCEIÇÃO, 2018).

Outra particularidade da comunicação via MQTT é que esta funciona por níveis hierárquicos por tópicos. Assim, um dado que é captado e enviado para o broker estará em apenas 1 tópico, já um outro dado diferente, fará parte de outro tópico.

Pode-se citar como exemplo, a utilização de dois sensores em uma plantação, enquanto um mede a temperatura do ambiente, o outro informa a umidade do solo. Ambos funcionam como publicadores, seus dados são enviados ao broker, porém ficaram armazenados em locais (tópicos) diferentes.

As informações referentes a temperatura estarão presentes no tópico denominado temperatura, enquanto a umidade estará presente no tópico umidade, tais níveis hierárquicos podem ser separados utilizando barras invertidas “/”, conforme indicado na Figura 3.

FIGURA 3 - HIERARQUIA MQTT



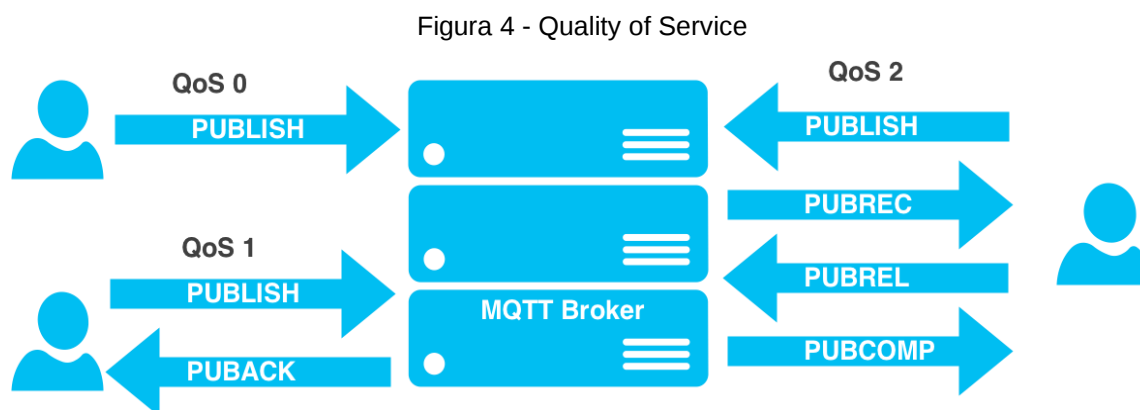
Fonte: O próprio autor

Um dispositivo consegue fazer a publicação de uma mensagem informando a umidade da primeira estufa, poderia fazer o envio para o tópico denominado “Fazenda/Estufa 1/Umidade” (RODRIGUES, 2017; CONCEIÇÃO, 2018).

Ainda é possível fazer a utilização de caracteres coringas, como são chamados, sendo eles o “#” e “+”, para representar um grupo. Pode-se utilizar o tópico “Fazenda+/Umidade”, assim recebe-se como informação a temperatura de todas as estufas presentes na fazenda. Ainda pode-se utilizar o “#” como “Fazenda/#”, desta forma recebe-se informações de todos os níveis hierárquicos abaixo do nível “Fazenda” (RODRIGUES, 2017; CONCEIÇÃO, 2018).

Um tópico muito importante já citado, é em relação a segurança dos dados que este protocolo apresenta, sendo um diferencial na hora de escolhê-lo. O MQTT

apresenta três níveis de segurança (*Quality of Service*), responsável por organizar a troca de dados na internet. Pode-se variar entre os três níveis, conforme apresentado na Figura 4 (APRIENDEDOARDUINO, 2022).



Fonte: (APRENDIENDOARDUINO, 2022)

No nível mais baixo (QoS 0) não se tem a garantia de recebimento da mensagem, ou seja, a mensagem é enviada apenas uma vez e espera-se que tenha sido entregue ao receptor, ou seja, não há retransmissão. Já no próximo nível (QoS 1) a mensagem é enviada até que aconteça uma confirmação de recebimento dos receptores, nesse caso há retransmissão e a certeza de que a mensagem será entregue, porém, há probabilidade de ser recebi mais de uma vez. O último nível (QoS 2) é o mais complexo, este além de garantir que as mensagens são entregues ao receptor, garante que apenas uma mensagem chegue até ele (APRIENDEDOARDUINO, 2022).

2.2.1 MQTT e suas vantagens

Quando se fala de IoT, sabe-se que ela atua em locais que apresentam inúmeros dispositivos, os quais, apresentam na maioria dos casos, baixa confiabilidade e alta latência. Estas particularidades tornaram o MQTT um protocolo com alto desempenho em comparação com outros modelos mais conhecidos (SEROZHENKO, 2017; SANTOS, 2022).

Como mencionado, sabe-se que o HTTP se tornou o protocolo mais utilizado em diversas áreas por muitos desenvolvedores, mas quando se trata de IoT, seu uso

não é recomendado. Conforme Serozhenko (2017), ao comparar o MQTT com o HTTP, vê-se sua principal vantagem, enquanto o primeiro é leve, tornando a comunicação mais rápida, o segundo é mais pesado, contendo muitas informações que no contexto de IoT, não é necessário. Em termos de segurança, verifica-se também as vantagens do protocolo, tendo a garantia de entrega, recurso não presente no HTTP (SEROZHENKO, 2017).

Tem-se que no protocolo push, a informação, como o termo já diz, é “empurrada” até o usuário, de modo que o receptor fornece uma autorização prévia para o recebimento da mensagem, mas no momento do recebimento, não há nenhuma solicitação. Já o protocolo pull, pode-se relacionar com o termo “puxar”, pois o usuário está puxando/solicitando a informação, como uma pesquisa no google, por exemplo. Dentro da IoT, o protocolo push apresenta melhor performance, quando comparado ao protocolo tipo pull, conforme Soni e Makwana (2017).

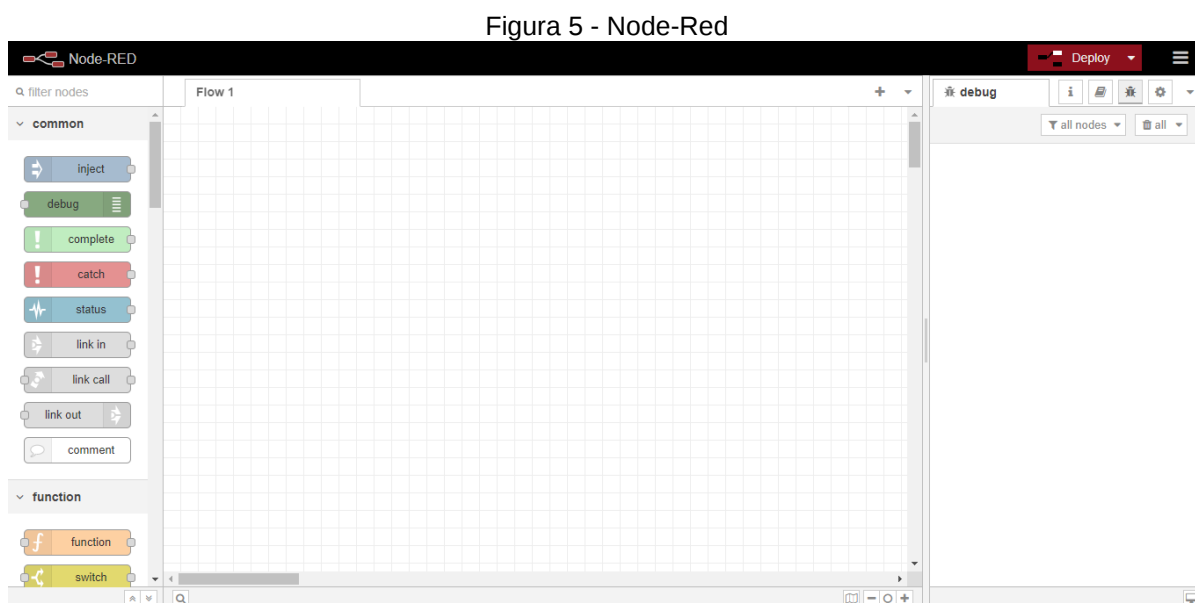
Como referência na utilização do protocolo *push*, têm-se o protocolo XMPP (*Extensible Messaging and Presence Protocol*), projetado em XML aberto, este protocolo apresenta um mecanismo push para troca de mensagens síncronas, sendo utilizado em aplicativos de troca de mensagens instantâneas como WhatsApp, no entanto este protocolo espera mais recursos do que os encontrados em IoT (ELEMENT14, 2022).

O protocolo AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*) também faz uso das notificações push, este modelo é utilizado para notificações ponto-a-ponto confiáveis, permitindo uma troca de mensagens segura entre os dispositivos e a nuvem, mas assim como o exemplo anterior, este protocolo necessita de mais recursos, tornando sua utilização menos plausível que utilizar o MQTT (ELEMENT14, 2022).

2.4 Node-Red

Pode-se definir o “Node-Red” como uma ferramenta visual baseada em fluxo que apresenta código aberto, desenvolvida originalmente pela IBM, assim como o protocolo MQTT. Pela sua programação ser em blocos, o processo é simplificado e de fácil compreensão, sendo ideal para aplicações em sistemas que utilizam IoT. A conexão dos blocos é chamada de nós, ou “nodes”, do inglês, cada bloco apresenta

uma função diferente. A junção destes nós, na realização de uma atividade dão um fluxo ou “*flow*”, como observa-se na Figura 5 (BASÍLIO, 2021).

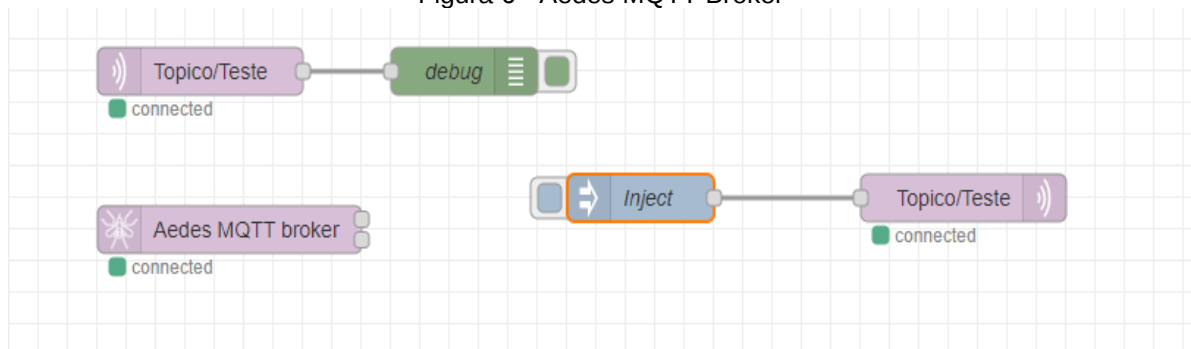


Fonte: O próprio autor

Pode-se visualizar no espaço central, o espaço onde construiu-se os fluxos de nós, é neste local que ocorre as conexões de forma simples. No menu localizado a esquerda têm-se os nós que podem ser utilizados, este menu pode ser modificado pela necessidade do usuário, podendo incluir ou não, outros nós. Por fim têm-se a parte lateral a direita, onde navega-se pelas configurações do programa, informações dos nós selecionados, dashboard e outras funções.

Há vários meios de utilizar o “*Node-Red*” junto com o protocolo MQTT, como a utilização do Mosquitto Broker, um broker de código aberto que permite a conexão com computadores de placas únicas a servidores. No entanto, neste trabalho optou-se pela utilização de um broker MQTT próprio da “*Node-Red*”, denominado Aedes MQTT Broker. Sendo desenvolvido justamente para a utilização conjunta com o “*Node-Red*”, problemas de conectividade são evitados. Para testar a funcionalidade do Aedes, foi montado o sistema indicado na Figura 6.

Figura 6 - Aedes MQTT Broker



Fonte: O próprio autor

Pode-se identificar na Figura 6 a utilização do Aedes, os nós utilizados, de forma simples permitem testar a publicação/assinatura do broker. Os nós utilizados no teste e um resumo de suas funções estão presentes no Quadro 1.

Quadro 1 – Funções dos Nós de Teste

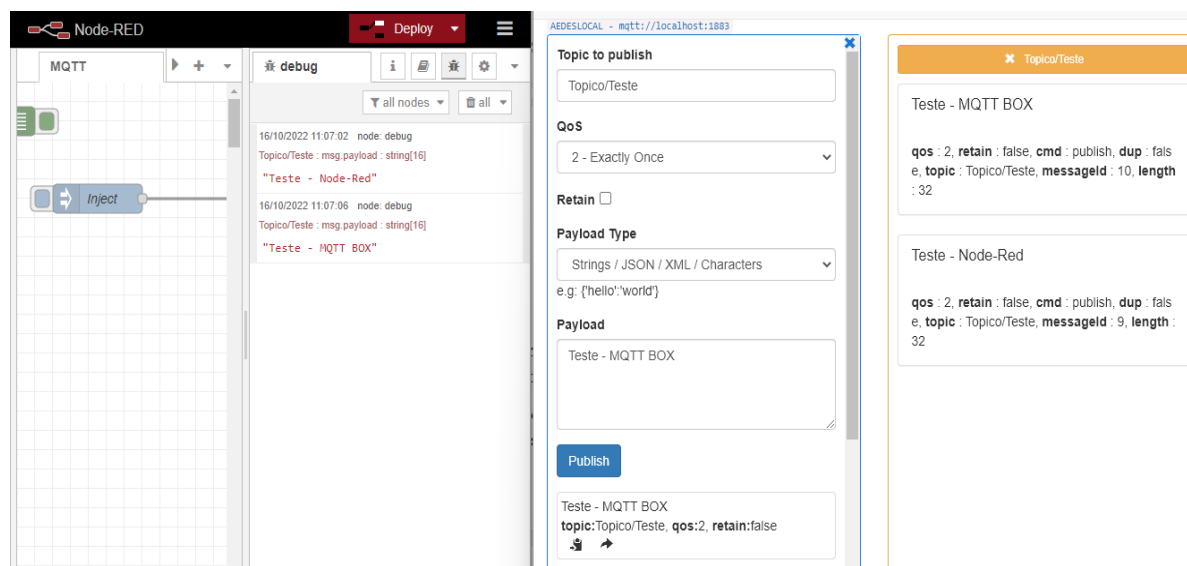
Nó	Função
 aedes broker	Brokker
 mqtt in	Funciona como assinatura do broker
mqtt out 	Funciona como publicação do broker
debug 	Permite visualizar uma mensagem na barra lateral
 inject	Permite inserir uma mensagem que será publicada

Fonte: O próprio autor

Optou-se pela utilização do nível de segurança 2, sendo possível definir qual nível utilizar dentro das configurações do próprio broker.

Para realizar o teste de fato utilizou-se o programa MQTTBox, criado para testar a conexão de protocolos MQTT, na Figura 7 têm-se o teste realizado.

Figura 7 - Teste MQTT



Fonte: O próprio autor

No quadro a esquerda tem-se o Node-Red, pode-se identificar a aba “*debug*” aberta, é nela que se visualiza a mensagem. No Quadro a direita está aberto o aplicativo MQTT Box, nele têm-se a opção de publicar e de assinar, sendo que a primeira se encontra em azul, enquanto a assinatura está na cor laranja, é importante notar a utilização do QoS 2, o maior nível de segurança.

Ao clicar no nó “*inject*”, insere-se a mensagem “Teste – Node-Red”, pode-se visualizá-la tanto no “Node-Red”, na aba de debug, quanto no MQTT Box, na parte de assinatura.

Ao clicar em “*Publish*”, dentro do programa de testes, enviou-se a mensagem “Teste – MQTT BOX”, pode-se notar que a mensagem é visualizada tanto na parte de assinatura no programa, quanto na aba de debug no Node-Red.

Deste modo é possível identificar que o protocolo MQTT, presente no Node-Red, está funcionando de forma adequada, pois conseguiu-se publicar a mensagem, sendo possível assiná-la de forma externa, e conseguiu-se assinar mensagens, podendo visualizá-las quando estas são publicadas pelo MQTT BOX.

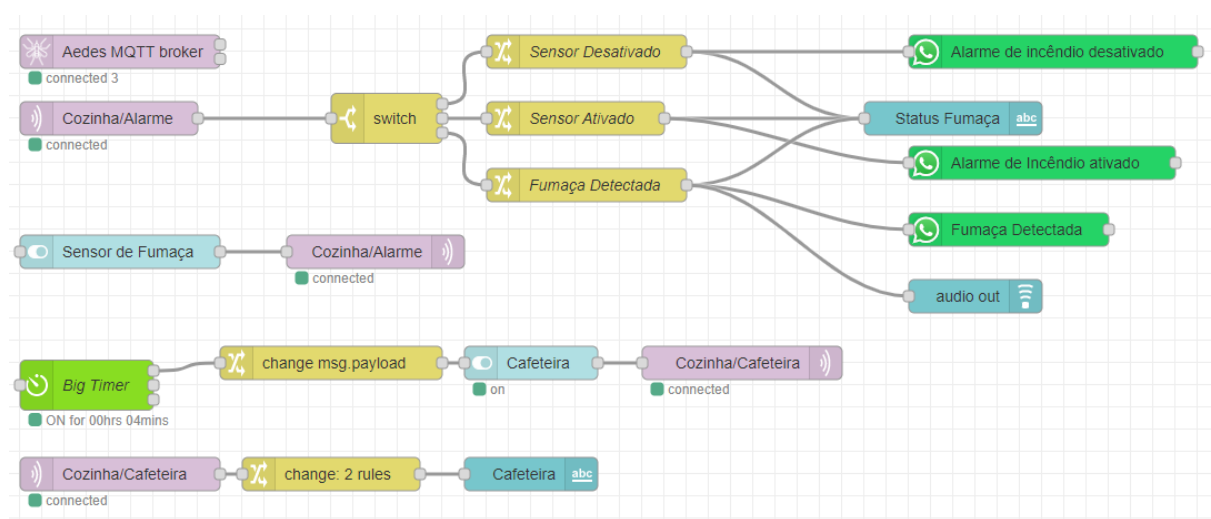
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo os três pilares apontados (segurança, conforto e economia), montou-se um projeto que envolva três tópicos, dividindo-os em cômodos para melhor exemplificar.

3.1 Cozinha

O primeiro espaço onde utilizou-se a automação é a cozinha, tido como um local passível de muitos acidentes, decidiu-se então colocar um sistema que torna mais seguro o ambiente, assim como deixa mais prático, funções rotineiras, na Figura 8 é possível visualizar o esquema geral deste cômodo.

Figura 8 - Cozinha: Esquema Geral



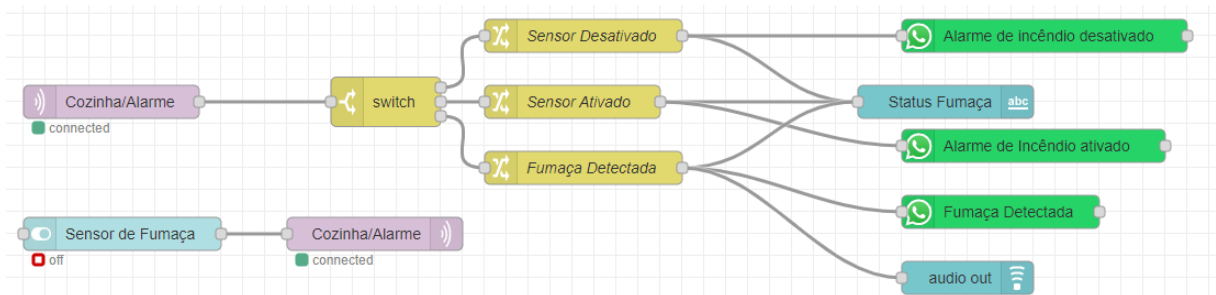
Fonte: O próprio autor

No esquema acima, tem-se a visão total da programação para o ambiente, nota-se os nós MQTT apresentados na sessão anterior, através deles ocorre a comunicação assinatura/publicação.

3.1.1 Alarme de Incêndio

Na parte superior, apresentada na Figura 9, têm-se um sistema de alarme de incêndio, onde é possível oferecer maior segurança a quem instalá-lo.

Figura 9 - Alarme de Incêndio



Fonte: O próprio autor

O sistema apresentado funciona de forma simples, no lado esquerdo têm-se um nó *switch*, nomeado como “Sensor de Fumaça”, funcionando como um botão, onde é possível ligar ou desligar o alarme de incêndio, nota-se que na Figura 9 apresentada o alarme está desligado, pois embaixo do nó têm-se a palavra *off*, indicando seu status.

O sinal enviado pelo botão é publicado no MQTT, e na parte superior têm-se a assinatura, recebendo o status do botão. É importante ressaltar que a publicação e assinatura devem conter o mesmo nome no protocolo MQTT, neste caso “Cozinha/Alarme”.

A seguir têm-se um outro nó com o mesmo nome, neste caso, sua função é diferente, responsável por identificar o sinal recebido e de acordo com ele efetuar uma ação. Nesta situação têm-se três status, alarme desligado, alarme ligado e fumaça detectada.

Foi estabelecido números para diferenciar cada status, então para alarme desligado é recebido o sinal 0, para alarme ligado o sinal 1 e quando há alguma fumaça detectada recebe-se o sinal 2. Assim, o próximo nó, chamado “*change*” tem a função de modificar esses números para mensagens, como pode-se ver o nome de cada nó deste tipo na Figura 9.

Os dois primeiros status são enviados através do botão de ativação do alarme, enquanto o status que indica fumaça detectada é externo, neste caso utilizou-se o MQTT BOX, apresentado na seção anterior para simular um sinal enviado, assim que ele publica, o assinante recebe e identifica.

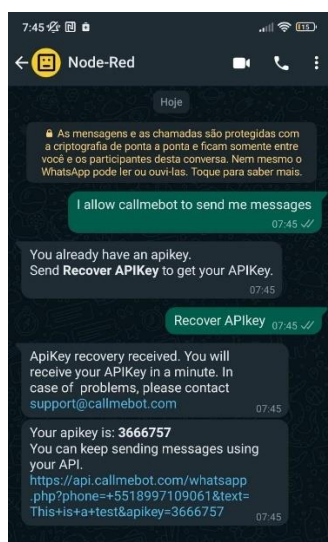
A seguir têm-se a parte principal da esquematização, onde o usuário consegue visualizar estes sinais. Têm-se o nó “*Text*”, denominado “Status Fumaça”, que recebe

a mensagem e a mostra num painel, possibilitando o usuário identificar o status do alarme. Como também um nó de *WhatsApp*, enviando mensagens para o celular do usuário.

Por último, tem-se um nó denominado *“Audio Out”*, pensando na possibilidade de o assinante não visualizar seu celular, incluiu-se um nó que emite um aviso sonoro, assim sempre que uma fumaça for detectada, um áudio irá informar, é possível definir qualquer mensagem emitida, quanto ao idioma, pode-se escolher entre os idiomas presentes no google tradutor, sendo que a voz é a mesma desta ferramenta da google.

O nó do *“WhatsApp”* necessita de uma explicação a parte, para ativá-lo é preciso que o assinante envie mensagens para um número específico do Node-Red, com a seguinte frase *“I allow callmebot to send me messages”*, traduzindo para português seria uma espécie de autorização para receber mensagens. Neste caso, um código é enviado e deve-se utilizá-lo na hora de programar o nó, informando-o juntamente com o número de celular que se deseja enviar a mensagem. Esta condição torna mais seguro a utilização do Node-Red, impossibilitando receber mensagens indesejadas. Na Figura 10 é possível identificar a interação entre o usuário e a API.

Figura 10 - Código de Autorização



Fonte: O próprio autor

Na ilustração mostrada optou-se por mostrar uma interação diferente onde pode-se abranger duas situações. A mensagem de solicitação do código é enviada, porém como o usuário já tem um código, sendo este único e não mutável, uma

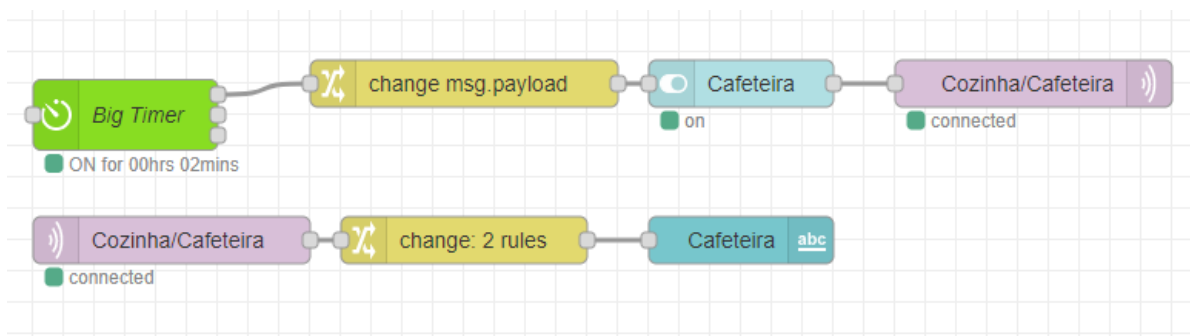
mensagem com esta informação é enviada, possibilitando a recuperação do mesmo. Assim, na última mensagem visualiza-se o código do usuário cadastrado no número de telefone.

3.1.2 Cafeteira

Complementando o espaço cozinha, pensou-se em algo simples, mas de grande utilidade atualmente. É comum na sociedade contemporânea um mundo cada vez mais acelerado, desta forma atividades rotineiras acabam demandando um tempo precioso que poderia ser utilizado para outras atividades.

Pensando nisso e em como as manhãs são corridas, entre levantar-se, tomar um café da manhã e correr para o trabalho que se elaborou o sistema apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Cafeteira



Fonte: O próprio autor

Nesta configuração têm-se os nós de publicação/assinatura de MQTT, já apresentados e exercendo a mesma função, assim como os demais nós.

Nota-se a presença do nó “*Switch*”, novamente funcionando como um botão, possibilitando ligar e desligar a cafeteira a distância, sem a necessidade de ir até a cozinha, no entanto, esta atividade pode ser facilmente esquecida e por isso e pela praticidade que o incluiu-se o nó “*Big Timer*”.

Este nó possibilita configurar um horário que o sinal será publicado, então a partir disso é possível programar a cafeteira para ligar e desligar no horário desejado, podendo colocá-la para funcionar entre as 07:00 e 07:15, assim ao levantar-se o café já estará pronto.

Ainda sobre este nó, sua configuração é complexa, permitindo sua programação nas mais variadas maneiras, é possível definir quais dias da semana e

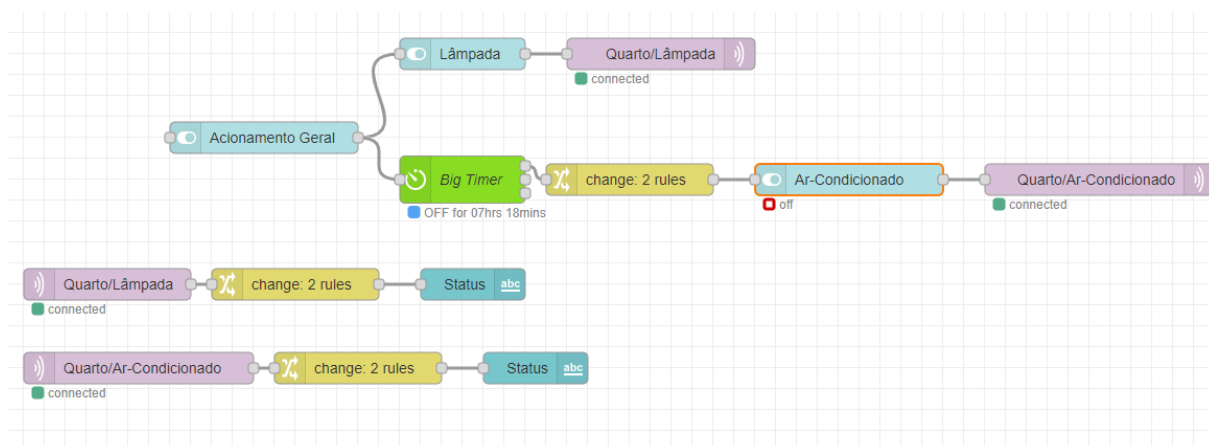
quais meses a automatização funcionará, como também especificar alguma função especial para dias específicos, ou seja, pode-se colocar para ativar as 09:00 horas aos finais de semana e desativar em feriados.

O restante do fluxo é semelhante ao fluxo apresentado anteriormente na seção 4.1.1, onde os nós “*Change*” exercem a função de alterar um sinal, no primeiro caso modificando a mensagem enviada pelo “*Big Timer*” em um número, para que o nó “*Switch*” possa ler e no segundo caso transformando 0 em desligada e 1 para ligada, possibilitando a visualização no painel pelo nó “*Text*”.

3.2 Quarto

Pensando no maior conforto, para este cômodo utilizou-se duas automatizações voltadas para a praticidade, tornando possível acionar eletrodomésticos a distância, neste caso utilizou-se um ar-condicionado como exemplo, como também ligar e desligar lâmpadas. A Figura 12 exemplifica o esquema montado para este espaço.

Figura 12 - Quarto: Esquema Geral



Fonte: O próprio autor

É importante ressaltar que o nó principal do broker MQTT não é necessário em todos “*Flows*”, ou ambientes de trabalho, estando apenas no primeiro e configurado de modo a comunicar-se entres todos os ambientes.

Neste ambiente pode-se ver os nós especificados na seção anterior, esta automação utiliza o simples para tornar a vida do usuário mais confortável, na parte superior têm-se a parte de publicação da estrutura.

Têm-se o acionamento da lâmpada através de um botão e do ar-condicionado, de modo separados, possibilitando acioná-los de forma independente, colocou-se também um sistema interligando ambas as funções, assim é possível acioná-las ao mesmo tempo.

O sinal publicado é recebido na parte inferior pelo assinante, então através do nó *“Change”*, a mensagem é alterada para ser visualizada no painel, através do nó *“Text”*.

Uma particularidade da automação do ar-condicionado é a utilização novamente do nó *“Big Timer”*, configurou-se para ser acionado diariamente em dois horários, pensando em chegar em casa e encontrar um ambiente já climatizado, o primeiro horário programado é as 18:00 horas, encerrando as 20:00 horas, já o segundo horário é entre as 22:00 horas e 06:00 horas. Desta forma, o usuário ao é recebido por uma temperatura agradável e ao sair de casa pela manhã não há problema em esquecer de desligar o ar-condicionado, sendo que sua programação já garante que este parará de funcionar em determinado horário.

É interessante observar que embaixo do *“Timer”* pode-se visualizar quanto tempo falta para a mudança de status, ou seja, neste caso, em aproximadamente 07 horas e 18 minutos, o ar-condicionado começara a funcionar.

3.3 Jardim

O último ambiente utilizado foi a parte da frente de uma residência, ou como chamou-se aqui, o jardim. Neste local optou-se por uma automatização voltada para a segurança, onde têm-se um sensor de presença e uma lâmpada de acionamento automático ou manual, como também a irrigação automática do jardim, como ilustra a Figura 13.

3.3.1 Alarme de Presença

Na parte de cima da esquematização têm-se a parte da assinatura, que recebe as informações, novamente têm-se três status, sendo 0 e 1 para desativar ou ativar o alarme, respectivamente e 2 quando uma presença é detectada.

O fluxo segue de forma semelhante, com o nó “Switch”, direcionando qual atividade deve ser realizada a depender do sinal recebido, o nó “Change”, transformando o sinal em mensagens e assim esta mensagem é apresenta no painel pelo nó “Text” e enviada para o celular cadastrado do assinante.

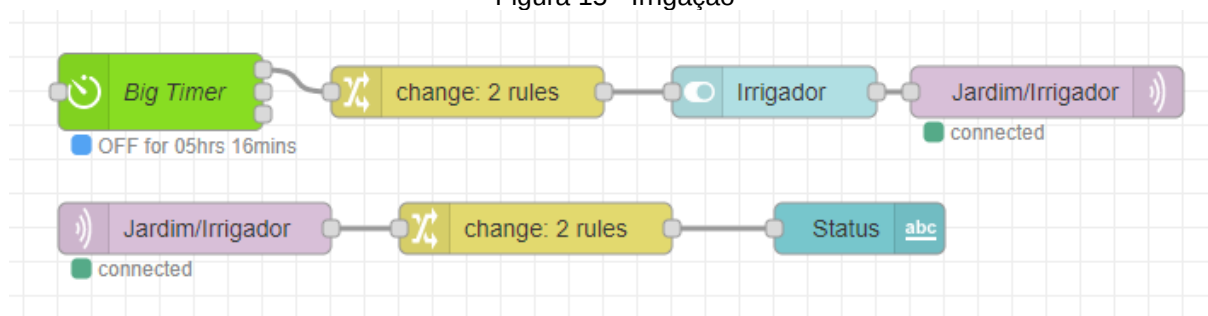
No entanto, para este caso há uma diferença pensada na melhoria da segurança, quando o sensor de presença detecta algum movimento um sinal também é enviado para a iluminação, de modo que a lâmpada acenderá assim que alguém estiver no local, tornando o jardim iluminado.

Estas medidas de segurança tornam o local mais seguro e diminuem a chance de invasores na residência, ao receber o sinal no celular, o usuário pode optar por chamar a polícia caso a presença detectada seja indesejada.

3.3.2 Irrigação

A segunda parte foi pensada para melhorar o ambiente e deixar uma paisagem mais agradável na residência. Ter um jardim bem cuidado é uma ótima forma de receber visitas, no entanto, demanda tempo e muitas vezes pode-se esquecer de regá-lo, seguindo esta linha que a Figura 15 apresenta um esquema de automatização para irrigar automaticamente o jardim.

Figura 15 - Irrigação



Fonte: O próprio autor

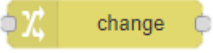
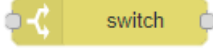
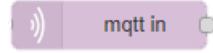
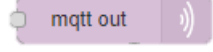
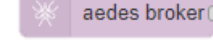
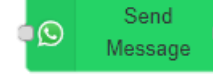
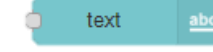
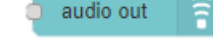
Seguindo o princípio da automatização apresentada no ar-condicionado, este modelo permite o acionamento do irrigador em horários específicos, neste caso programou-se o irrigador para ser acionado as 09:00 horas e as 18:00 horas, atuando por 15 minutos antes de ser desligado.

O sinal recebido é modificado e enviado para o botão, acionando-o, assim, é publicado e o MQTT de assinatura recebe, onde uma nova mudança na mensagem ocorre, tornando-a visível para ser lida no painel.

3.4 Nós Utilizados

No Quadro 2 é possível identificar todos os nós que foram utilizados para a elaboração das automações, assim como a descrição de sua função dentro do Node-Red.

Quadro 2 – Nós Utilizados

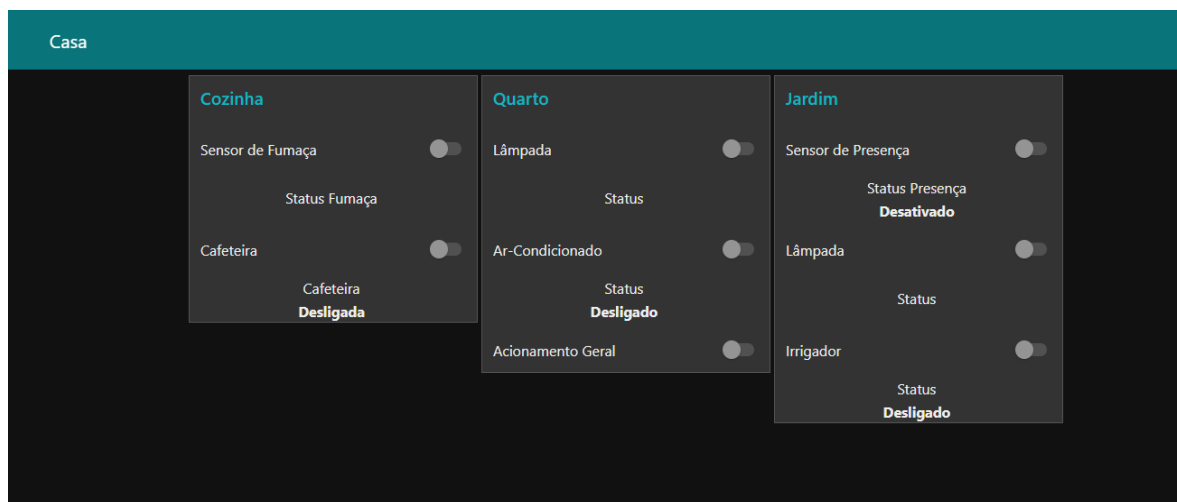
Nós Utilizados	
Função	
	Recebe uma variável, identifica e a transforma em outra variável
	Direciona o sinal para uma saída diferente, dependendo da entrada
Network	
	Funciona como assinante do broker
	Funciona como publicação do broker
	Broker MQTT
WhatsApp	
	Envia uma mensagem específica para o WhatsApp programado
Advanced	
	Permite configurar de forma avança horários e dias que um sinal será enviado
Dashboard	
	Botão Liga/Desliga
	Permite a visualização de um texto no Dashboard
	Reproduz uma mensagem em áudio

Fonte: O próprio autor

3.5 Dashboard

Dentro do “Node-Red” é possível criar um dashboard visual, onde consegue-se visualizar os dados programados no programa. O “layout” é simples e intuitivo, permitindo o usuário acionar os botões sem nenhuma dificuldade. Na Figura 16 é possível visualizar o painel.

Figura 16 – Dashboard



Fonte: O próprio autor

Pode-se observar na Figura 16 a separação dos cômodos por cada fluxo de nós que se criou, o programa permite transitar entre cores e temas específicos, no caso escolheu-se o tema “Dark”.

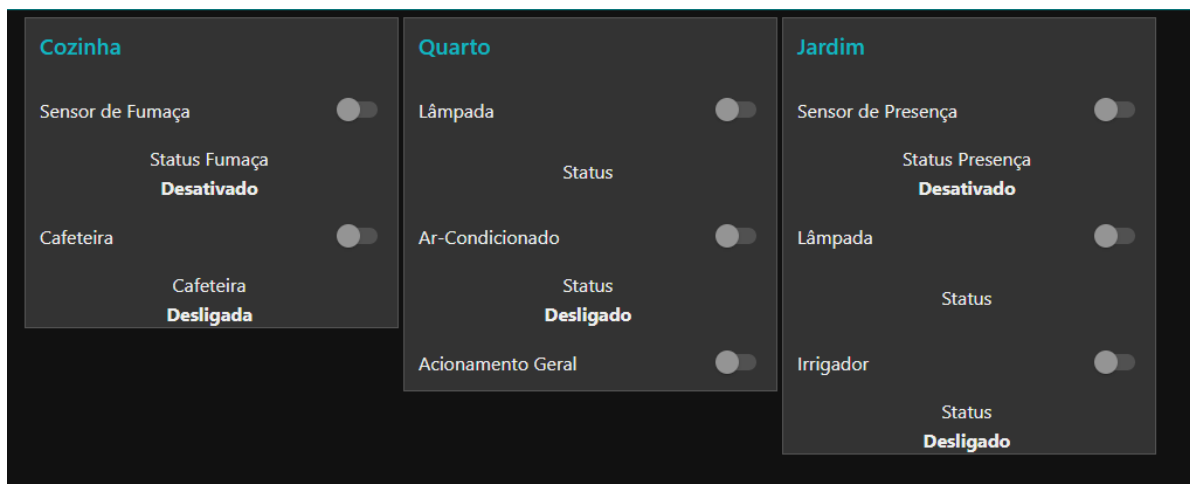
Os botões do “dashboard” têm conexão direta com o programa, então ao acioná-los todas as configurações estipuladas são executadas, na próxima sessão a utilização dos sensores através do painel será mais explorada.

3.5.1 Sensores

Como relatado anteriormente, os sensores programados apresentam três status, sendo desligados, ligados e quando há a detecção de algo, seja de fumaça para o alarme de incêndio ou de movimento para o alarme de presença, na Figura 15 pode-se visualizar o painel na inicialização do programa, quando não há nenhum status ainda definido para quaisquer fluxos de programação,

Então, o primeiro status que se têm ao iniciar a programação é quando os alarmes estão desligados, como pode-se visualizar na Figura 17.

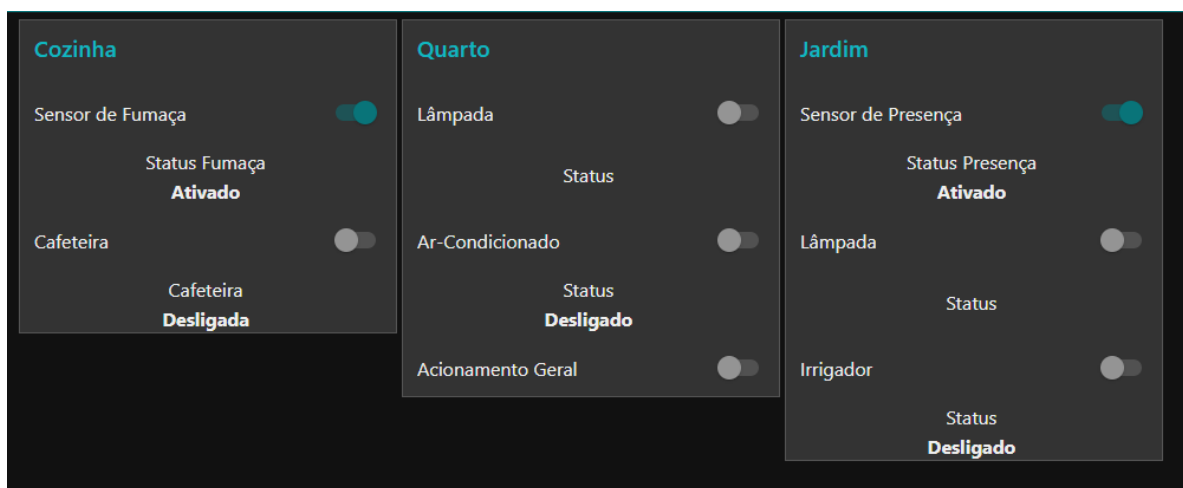
Figura 17 - Alarmes Desativados



Fonte: O próprio autor

Assim que se aciona o botão no painel, ativa-se os sensores, é importante ressaltar que qualquer alteração de status é informada via WhatsApp para usuário, para sempre estar alinhado com a situação de sua residência. Na Figura 18, pode-se ver ambos os sensores ativados, através do botão presente no painel.

Figura 18 - Sensores Ativados

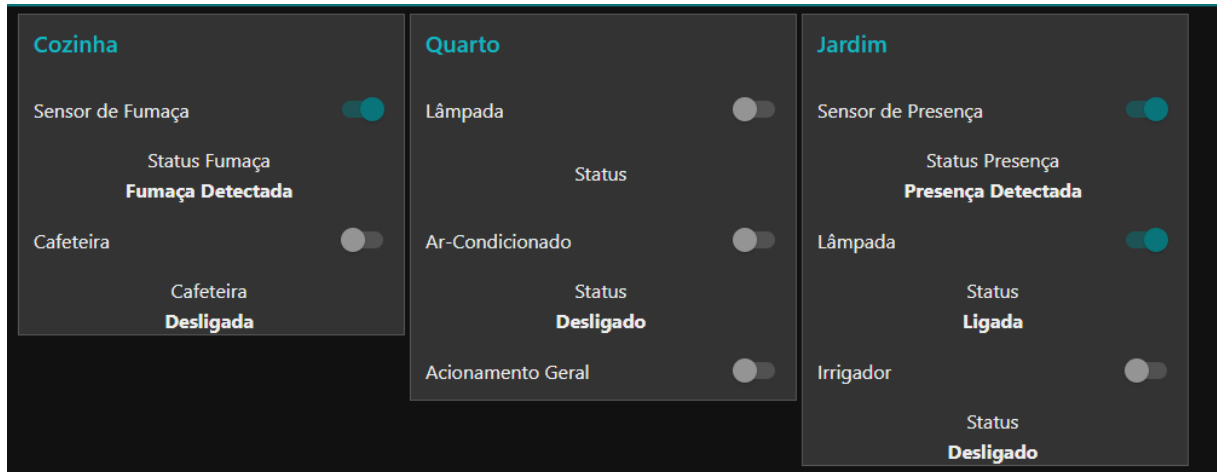


Fonte: O próprio autor

Pode-se notar, no alarme de presença do jardim que a lâmpada continua apagada, apenas o sensor está ativado.

Para o próximo status, utiliza-se o MQTTBox para simular um sinal enviado, indicando a percepção de fumaça e de presença, na residência, na Figura 19 é notado esta alteração de status.

Figura 19 - Sensores Acionados

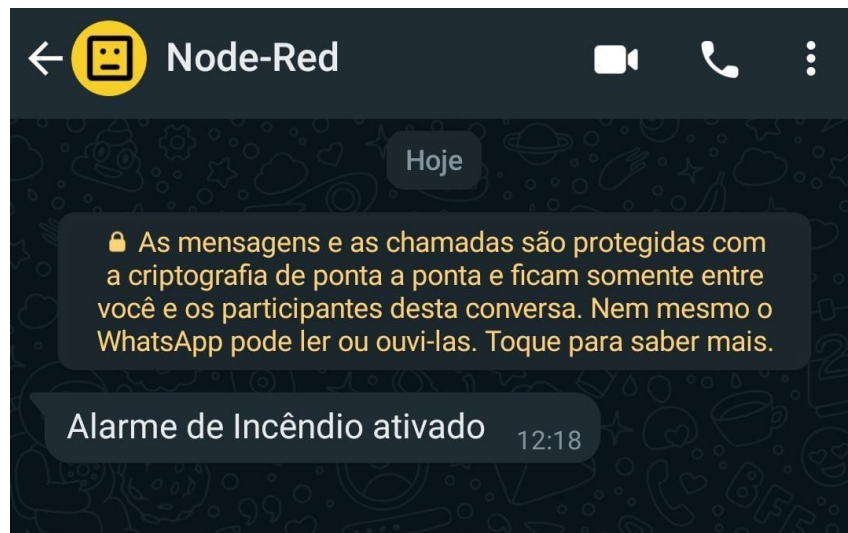


Fonte: O próprio autor

É possível visualizar que na Figura 19, a lâmpada do jardim já está ligada, assim que o sensor é ativado por algum movimento, automaticamente um sinal é enviado e a luz acionada.

Assim, no instante que se aciona o sensor, o programa envia uma mensagem no celular do usuário, avisando o novo status que se encontra o alarme. Na Figura 20, pode-se visualizar a mensagem recebida no celular, através do “WhatsApp”.

Figura 20 - Mensagens Recebidas no WhatsApp



Fonte: O próprio autor

O envio da mensagem ocorre de forma instantânea, com poucos segundos de diferença entre o acionamento e o recebimento.

4. CONCLUSÃO

Na evolução da humanidade nota-se que cada vez mais o ser humano busca reduzir o tempo com atividades rotineiras e focar em atividades que realmente necessitam de atenção, em conjunto com isso, inúmeras alternativas surgiram com o tempo para facilitar e tornar mais seguro as atividades diárias e em especial, as residências.

Com o intuito de automatizar residências, seguindo a tendência atual e futura que este trabalho focou em buscar maneiras alternativas e promissoras de tornar uma casa automatizada, focando em três principais pilares, segurança, conforto e economia.

Iniciou-se então, seguindo o princípio de Internet das Coisas, um estudo sobre os meios necessários para a realização do trabalho, em especial o protocolo MQTT e o programa “*open source*” Node-Red.

Através deste estudo foi possível concluir que protocolos com configuração “*push*” apresentam melhor desempenho quando comparados com aqueles de configuração “*pull*”, isto ocorre porque a velocidade e dinamismo da primeira opção é maior, sendo que basta uma autorização prévia para que ocorra a visualização das notificações.

Aprofundando o estudo nos protocolos de notificação “*push*”, pode-se comparar o protocolo utilizado (MQTT) com os demais protocolos disponíveis no mercado, em detrimento com os outros, provou-se a versatilidade e leveza de utilizar a comunicação via MQTT. A facilidade da comunicação pode ser vista com a utilização do MQTTBox, a publicação feita de forma externa e recebida instantaneamente pelo Aedes Broker.

A utilização do Aedes Broker é outra prova da praticidade deste protocolo, dentro do próprio Node-Red é possível sua utilização sem necessitar de serviços externos.

A segurança do protocolo também foi considerada, sendo uma vantagem quando colocada em prova com outros protocolos, foi possível verificar a existência dos três níveis de segurança, optando pelo último nível, que garante o recebimento da mensagem pelo assinante, sem que inúmeras notificações cheguem.

A segunda parte principal do projeto consistiu na utilização da programação por nós, utilizando o programa Node-Red, tendo uma grande versatilidade e permitindo os mais variados modelos de fluxos de nós, desde a simples comunicações até envios de mensagens para celulares, especificar horários para uma automação iniciar, entre outros modelos.

É possível concluir então, através desta análise a automação de baixo custo e alta eficácia utilizando o protocolo MQTT e Node-Red, ambos apresentam uma ótima comunicação e permitem explorar de inúmeras maneiras o conceito de IoT, tornando as residências cada vez mais autônomas, possibilitando a tecnologia trabalhar de forma harmônica com o homem, auxiliando nas tarefas do dia a dia e tornando a vivência cada vez mais segura.

BIBLIOGRAFIA

AprendiendoArduino, **Aprendiendo Arduino**, 2022. Disponível em: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/mqtt-qos/>. Acesso em: 01 ago. 2022

BASÍLIO, S. **O que é Node-RED? Conhecendo e instalando**. 2021. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/outros/o-que-e-node-red-conhecendo-e-instalando>. Acesso em: 01 ago. 2022.

CARVALHO, C. **Internet das coisas: Entenda o que é e como funciona**. 2021. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/internet/230884-internet-coisas-entenda-funciona.htm>. Acesso em: 11 jul. 2022

CONCEIÇÃO, W. N. E. **Análise do Protocolo MQTT para Comunicação IoT através de um Cenário de Comunicação**. 2018. Disponível em: <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/cesi/article/view/1688>. Acesso em: 20 jul. 2022.

Element14. **IoT Wireless Network Protocols**, 2022. Disponível em: <https://embarcados.com.br/protocolos-de-rede-sem-fio-de-iot/>. Acesso em: 01 ago. 2022.

Eosconsultores. **IoT no saneamento básico: Conheça seus benefícios**. 2022. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/iot-no-saneamento-basico/>. Acesso em: 11 jul. 2022.

HUNKELER, U.; TRUONG, H. L.; STANFORD-CLARK, A. **MQTT-S – A Publish/Subscribe Protocol For Wireless Sensor Networks**. 2008. Disponível em: <https://sites.cs.ucsb.edu/~rich/class/cs293b-cloud/papers/mqtt-s.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2022.

Leadforce. **Notificações Push: Porque você deveria usar**, 2019. Disponível em: <https://blog.leadforce.com.br/notificacoes-push/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MORCH, J. A. **9 exemplos de como a internet das coisas avança na saúde**. 2019. Disponível em: <https://telemedicinamorsch.com.br/blog/iot-na-medicina>. Acesso em: 11 jul. 2022.

MURATÓRI, J. R.; BÓ, P. H. d. **Automação Residencial: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. Belo Horizonte - Mg: Educere, 2014. Acesso em: 11 jul. 2022.

REZENDE, H. **Tutorial: Configurar e criar uma dashboard no Grafana usando ESP8266 e MQTT**. 2019. Disponível em:

<https://hugorezende.com.br/blog/tutorial-configurar-e-criar-uma-dashboard-no-grafana-usando-esp8266-e-mqtt/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

RODRIGUES, M. G. **REDE DE SENSORES E ATUADORES SEM FIO UTILIZANDO O PROTOCOLO MQTT**. 2022. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica de Santa Catarina, Florianópolis - Rs, 2017. Acesso em: 20 jul. 2022.

SANTOS, G. **Protocolo MQTT: O Que é, Como Funciona e Vantagens**. 2022. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/mqtt/>. Acesso em: 03 ago. 2022.

SEROZHENKO, M. **MQTT vs. HTTP: which one is the best for IoT?**. 2017. Disponível em: <https://medium.com/mqtt-buddy/mqtt-vs-http-which-one-is-the-best-for-iot-c868169b3105>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SILVA FILHO, J. G. **DETECÇÃO DE ANOMALIAS NO TRÁFEGO MQTT DE REDES IOT UTILIZANDO TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA**. 2021. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Departamento de Computação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Cap. 5. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58596/3/2021_tcc_jgsilvafilho.pdf. Acesso em: 09 ago. 2022.

SONI, D.; MAKWANA, A. **A SURVEY ON MQTT: A PROTOCOL OF INTERNET OF THINGS(IOT)**. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Dipa-Soni/publication/316018571_A_SURVEY_ON_MQTT_A_PROTOCOL_OF_INTERNET_OF_THINGSIOT/links/58edafd4aca2724f0a26e0bf/A-SURVEY-ON-MQTT-A-PROTOCOL-OF-INTERNET-OF-THINGSIOT.pdf. Acesso em: 03 ago. 2022.

SOUZA, M. V. **Domótica de baixo custo usando princípios de IoT**. 2016. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Software, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - Rn, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/22029/1/MarceloVarelaDeSouza_DISSERT.pdf. Acesso em: 11 ago. 2022.

YUAN, M. **Getting to know MQTT**. 2021. Disponível em: https://developer.ibm.com/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/?mhsrsrc=ibmsearch_a&mhq=mqtt. Acesso em: 09 ago. 2022.