



# SUPERVISÓRIO PARA CONTROLE E MONITORAMENTO DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS UTILIZANDO O PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO MQTT

Matheus Bueno de Siqueira Pinto, Getúlio Santiago dos Santos Júnior, Ghunter Paulo Viajante

Instituto Federal de Goiás - Departamento de áreas acadêmicas - NuPSE - Núcleo de Pesquisa em Sistemas de Energia

**Resumo** – Internet das Coisas (IoT) e a Indústria 4.0 tende a ser discutido com mais frequência ao passar dos anos e não são termos novos. A IoT foi criada no início dos anos 2000, e a Indústria 4.0 foi idealizada no início de 2011 abordando conceitos da automação industrial juntamente com a evolução da computação, dessa forma o presente trabalho tem a intenção de apresentar ao público a introdução do protocolo MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) no ramo industrial para controle e supervisão de processos.

**Palavras-Chave** – Indústria 4.0, internet das coisas (IoT), MQTT, redes industriais.

## SUPERVISORY CONTROL AND MONITORING OF INDUSTRIAL APPLICATIONS USING THE COMMUNICATION PROTOCOL

**Abstract** - Internet of Things (IoT) and Industry 4.0 tends to be discussed more frequently over the years and are not new terms. IoT was created in the early 2000s and Industry 4.0 was conceived at the beginning of 2011, addressing concepts of industrial automation together with the evolution of computing, so the present work intends to present to the public the introduction of the MQTT protocol (*Message Queue Telemetry Transport*) in the industrial branch for control and supervision of processes.

**Keywords** – Industrial Networks, industry 4.0, internet of things (IoT), MQTT.

### I. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de expandir e desenvolver a produção tem levado a indústria passar por várias revoluções. A primeira revolução aconteceu no século 18 com o advento da máquina a vapor, impulsionando a produção têxtil. A segunda revolução industrial final do século 19, foi datada pelo desenvolvimento da energia elétrica e da produção em larga escala

Já no final do século 20 a evolução da tecnologia da informação e da eletrônica na indústria provocou a terceira revolução industrial. Dessa forma, a indústria tem sempre evoluindo incorporando as novas tecnologias e maximizando a sua produtividade [1]. Esta nova revolução está ligada aos conceitos de Internet das Coisas e Indústria 4.0.

A Indústria 4.0, também chamada de quarta revolução industrial, é uma expressão que representa a evolução dos sistemas produtivos atuais a partir das novas tecnologias de automação industrial juntamente com a evolução da computação [2]. Ela se destaca principalmente pela evolução da comunicação entre sistemas e equipamentos, disponibilizando para os usuários diversas informações úteis para o gerenciamento e aperfeiçoamento dos sistemas de produção, com a finalidade de melhorar a produtividade e qualidade do sistema [3].

A Internet das Coisas (IoT), tem como princípio básico a presença de uma variedade de objetos – como Radio Frequency Identification (RFID), Near Field Communication (NFC), sensores, atuadores, telefones celulares, etc., que, através de esquemas de endereçamento únicos, são capazes de interagir uns com os outros [4]. Essas informações são compartilhadas entre todos os dispositivos conectados na rede, possibilitando que o operador consiga realizar controle e diagnóstico do sistema remotamente [5].

Neste sentido, O trabalho proposto neste artigo tem como objetivo empregar os conceitos e IoT e Indústria 4.0, possibilitando realizar pesquisa sobre a área e simular uma aplicação de um processo em um ambiente industrial, onde pode promover mais confiança a empresa e a possibilidade de automação e supervisão do processo em tempo real.

Assim será apresentado no trabalho uma aplicação do Message Queue Telemetry Transport (MQTT) em um ambiente industrial, contendo um supervisório para monitorar e controlar o processo.

### II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta Seção será apresentado, o protocolo de comunicação MQTT juntamente com o conceito de *Internet of Things* (IoT), que são essenciais para a compreensão do conteúdo presente neste artigo.

#### A. O Protocolo MQTT

MQTT é um protocolo de mensagens desenvolvido pela IBM em 1999. Ele foi planejado para trabalhar em redes com

\* mathheusbueno@gmail.com

latência alta e uma baixa largura de banda, entregando os dados enviados com precisão e confiabilidade, sendo sua principal aplicação em sensores e dispositivos móveis [6].

1) *Publicar/Assinar*: no MQTT, o editor publicando mensagens e usuários assinando tópicos comumente considerados como um modelo de publicação/assinatura. Assinante se inscreve para tópicos específicos que estão relacionados a eles e que recebem todas as mensagens são publicados para esses tópicos [7]. Por outro lado, os clientes podem publicar mensagens em tópicos, de modo que todos os assinantes possam acessar mensagens desses tópicos.

2) *Tópicos e inscrições*: No MQTT, o editor publica mensagens em tópicos que podem ser considerados como assunto da mensagem. Assinante, portanto, se inscrever em tópicos para obter mensagens específicas. As Subscrições de tópicos podem ser expressas, restringindo os dados que são coletados para o tópico em particular [7].

3) *Qualidade dos níveis de serviço*: Este protocolo descreve os níveis de Qualidade de Serviço (QoS) que são os tratamentos que uma mensagem irá passar para garantir a distribuição de dados [8]. O protocolo suporta três níveis de Qualidade de Serviços, descritos abaixo:

a) QoS0: A mensagem é enviada no máximo uma vez e não fornece garantia de entrega de uma mensagem.

b) QoS1: Os dados são enviados pelo menos uma vez e é possível entregar uma mensagem mais de uma vez, definindo o valor do sinalizador duplicado em 1.

c) QoS2: A mensagem é enviada exatamente uma vez usando handshaking ‘aperto de mãos’ de 4 vias.

A seleção do nível de QoS depende da aplicação do sistema, pois impactara a para transmissão de dados, causando maior atraso de tempo dependendo do tipo de transmissão [9].

4) *Mensagens Retidas*: No MQTT, as mensagens são retidas no *broker* após distribuí-lo para todos os clientes presentes. No ponto em que outra filiação é obtida para o assunto idêntico, as mensagens retidas desses tópicos são transmitidas para o novo cliente [7].

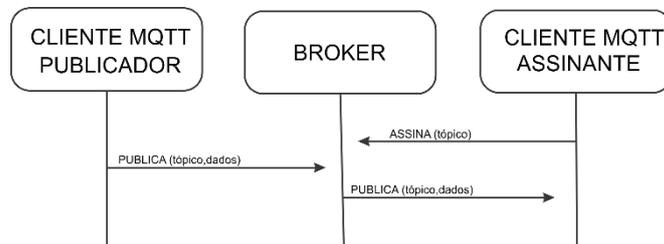
5) *Sessões limpas e conexões confiáveis*: Quando um assinante se associa ao *broker*, sua sessão limpa, não contendo nenhuma informação anterior dos tópicos. As mensagens consecutivas irão ser transmitidas com uma atribuição de QoS mais alta são reservadas para entrega quando a associação é retomada [10].

6) *Vontades*: Um cliente pode informar ao *broker* que ele contém uma mensagem que deve ser distribuída para um tópico ou para tópicos específicos [7]. Essa vontade é especialmente valiosa no sistema, pois o sistema é capaz de alertar todo sistema caso esteja acontecendo algum problema.

O MQTT foi criado com a ideia de reunir os dados de vários dispositivos e transmitir eles um banco de dados. Por ser um protocolo muito leve, ele se torna ideal para utilização como

supervisório por meio de monitoramento remoto, especialmente em conexões máquina para máquina. A Figura 1 mostra de forma resumida estrutura básica do protocolo MQTT.

Figura 1: estrutura básica do protocolo MQTT.



A implementação de uma rede industrial em MQTT traz uma série de benefícios:

- Maior eficiência na distribuição de informações
- Reduz drasticamente o consumo de banda na rede
- É um protocolo extremamente leve e de fácil implementação [6].
- Segurança baseada em permissão.
- Baixa sobrecarga do servidor.

## B. IoT

Há vários anos que somos deslumbrados por dispositivos que funcionam em grandes redes de comunicação e que realizam funções em larga escala em processos industriais, mas a pouco tempo que presenciamos o verdadeiro potencial da Internet das Coisas (IoT), esse termo foi criado em 1990 pelo empresário Kevin Ashton e um de seus grandes feitos foi a fundação do Auto-ID Center no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e a descoberta de como conectar objetos à Internet através das TAGs de *Radio-Frequency IDentification* (RFID).

O conceito de IoT descreve a prática de aparelhos conectados uns aos outros através da internet em redes industriais.

A IoT tem como objetivo conectar todos os hardwares e softwares presentes em uma rede de automação industrial através da internet, permitindo com que seja realizado uma automação inteligente da rede, onde todos os dispositivos podem compartilhar informações, notificar uns aos outros sobre todos os eventos que ocorrem ao seu redor e realizar uma otimização, minimizando desconexões e outros problemas recorrentes [7].

A Internet das Coisas (IoT) abre um mar de oportunidades e conexões quando pensamos em automação tanto residencial como industrial uma vez que se realiza o primeiro comando para o dispositivo e ele consegue se comunicar com outros dispositivos como sensores, interruptores e motores por exemplo e assim atuar em uma parte da produção mostrando e alertando o operador de todos os fatos.

## C. Industria 4.0

O termo Industria 4.0 surgiu a partir de um projeto de estratégia do governo alemão para a tecnologia e hoje é um

conceito novo sobre a indústria que engloba as principais e mais recentes inovações tecnológicas no ramo da automação, tecnologia da informação (TI) e diferentes técnicas de controle aplicada aos processos de produção e com a utilização da Internet das Coisas esses processos tendem a se tornar cada vez mais eficientes, autônomos, estáveis e customizados.

Assim podemos dizer que a Indústria 4.0 é o mais novo marco da revolução industrial hoje, em um futuro breve surgiram fabricas mais inteligentes, diversas mudanças no cenário industrial ocorrerão nas formas de como os produtos serão manufaturados.

Dentre os princípios de funcionamento se destacam:

- Virtualização;
- Capacidade de operação em tempo real e autônoma;
- Orientação de serviço;
- Modulação de produção de acordo com a demanda do mercado.

Com a Indústria 4.0 surgiram grandes impactos como a criação de novos modelos de negócios e um mercado exigente cada vez mais, tanto na qualidade como na velocidade de entrega.

### III. DISPOSITIVOS E SERVIÇOS

Nesta Seção será apresentado, o dispositivo ESP8266 juntamente com o *Broker* da Cloud MQTT, eles são responsáveis por transmitir, processar e atuar no sistema presente neste artigo.

#### A. ESP8266

O ESP8266 é um dispositivo microcontrolador criado pela empresa Espressif Systems. Um dos maiores diferenciais entre os demais microcontroladores é que ele possui WiFi integrado que facilita e aperfeiçoa a sua comunicação, e por esse motivo ele é geralmente utilizado como módulo WiFi para outros microcontroladores, como o Arduino, por exemplo, a pesar de ter seu próprio processador, onde podemos confirmar em algumas bibliografias já publicadas [11], [12]. O ESP8266 ele pode ser usado em vários tipos de linguagem de comunicação e objetivos, além disso o ESP8266 se torna bem atrativo por ter um preço reduzido no mercado em relação aos PICs e Aduinos, podendo ter uma ampla faixa de preço que é devido à variação de um modelo para outro, onde podemos ter alguns mais robustos ou com módulos extras.

Ainda que o ESP8266 tenha vários pontos positivo e esteja no mercado desde 2014 a princípio podemos ter dificuldades de obter exemplos de trabalho devido a escassez de projetos publicados então faz o livro [13] ser a publicação de maior peso para o público e nele podemos encontrar diferentes formas de programar o ESP8266 e exemplos de utilidades.

Hoje temos diferentes modelos de ESP como por exemplo o ESP-1, ESP-12, ESP32, Esp Olimex. Como o processador é o mesmo o que muda entre eles são a quantidade de pinos de entrada e saídas(GPIO) disponíveis, memória reservada e módulos instalados como o WiFi citado acima nas vantagens do ESP8266.

A Tabela 1 mostra os dados específicos do ESP8266 que podem ser encontrados no datasheet do mesmo[14].

Tabela 1: Folha de dados ESP8266.

Tensão de operação	3.3V
Corrente	10 $\mu$ A
Memória Flash	16MB max
Processador	Tensilica L106 32 bit
Velocidade do processador	80-160MHz
RAM	32K + 80K
GPIOs	17(multiplexadas com outras funções)
Analogico para digital	1 entrada com 1024 de resolução

#### B. Cloud MQTT

O Cloud MQTT é *broker* (banco de dados) na nuvem que utiliza o protocolo MQTT onde tem a função de poupar tempo e recursos para que eles possam agir somente em sua área de atuação e ainda facilitando a automação e reduzindo programações e custos. Com uma pesquisa rápida pode-se encontrar servidores gratuitos que fornecem esse serviço com funções limitadas e contratando um plano é possível ter acesso a todo o poder Cloud Broker.

Com tudo ele funciona como agente intermediário em uma negociação entre cliente e um fornecedor e para isso os clientes devem estar inscritos no servidor para que possam receber as devidas informações e dessa forma podendo realizar o controle de relés, sensores e outros diferentes hardwares.

O serviço conta com suporte aos *WebSockets* que é uma tecnologia que permite a comunicação bidirecional em um único soquete *Transmission Control Protocol* (TCP). Ele é projetado para ser executado em servidores web e browser que tenha suporte para a quinta versão da linguagem de marcação HTML.

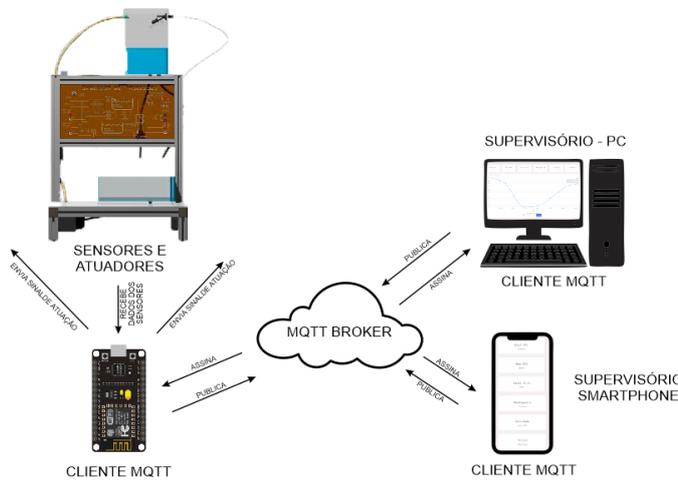
### IV. TOPOLOGIA DA REDE EM MQTT E APLICAÇÃO

Com o propósito de utilizar o MQTT nos conceitos de Indústria 4.0 e IoT, foi desenvolvida uma aplicação pratica para simular um processo similar ao de um ambiente industrial. Utilizando os conceitos abordados em II e os dispositivos e serviços da Seção III, foi desenvolvido uma aplicação para realizar controle de um reservatório, nesta aplicação é utilizado o dispositivo ESP8266 para fazer a leitura e atuação dos dispositivos conectados na planta. O microcontrolador está conectado ao *Broker* MQTT é ele e responsável por publicar e receber as informações do sistema para realizar o controle.

#### A. Aplicação

Para realizar o teste do protocolo MQTT na pratica foi utilizado uma bancada didática de um processo para controle de nível de um tanque de água. A bancada contém uma bomba 24vdc, uma válvula solenoide e uma chave de nível, na qual é responsável por encher o reservatório, esvaziar o reservatório e limitar o limite de água do tanque respectivamente. A representação do sistema e mostrada na Figura 2.

Figura 2: Representação do sistema industrial do trabalho.



O diagrama demonstra o funcionamento da rede de forma simplificada. Para realizar o acompanhamento e controle de processo foi desenvolvido um supervisor web que pode ser acessado por qualquer dispositivo que tenha suporte ao HTML5 desde que possua as credenciais para se conectar ao servidor. O supervisor foi construído basicamente com JavaScript e HTML, estas linguagens possibilitam desenvolver sistemas que demonstrem para o usuário as informações em tempo real. A Figura 3 ilustra a interface do supervisor.

As informações contidas no *broker* são designadas pelos tópicos. Estes tópicos são informações que designam a atuação dos dispositivos sendo enviados ou recebidos as

informações. Para a automatização da planta foi definido cinco tópicos sendo eles:

- */SetNivel/*, este tópico representa no sistema o ponto de referência para qual o sistema deve convergir, o valor é inserido no supervisor da *World Wide Web (WEB)* e transmitido para o ESP8622 através do *broker*.
- */Vazao/*, o tópico é responsável por transmitir a vazão em tempo real do sistema.
- */Nivel/*, através do sensor de pressão utilizado no processo o microcontrolador identifica o valor do nível e repassa ele para o *broker*.
- */Mensagens/*, informa o número de mensagens que foi transmitida pelo *broker*.
- */Conexao/*, demonstra se a conexão entre o supervisor da WEB e o *broker* foi realizada com sucesso.

Com as informações presentes nos tópicos o microcontrolador faz a assinatura dos tópicos, recebendo e processando os dados contidos em cada um. Com isso com a lógica embarcada o microcontrolador atua no sistema fazendo o seu controle.

Figura 3: Interface do supervisor na WEB.



## V. CONCLUSÕES

Existe uma infinidade de aplicações utilizando o conceito da Indústria 4.0, essa revolução já movimentou o mercado mundial, causando impactos principalmente no setor acadêmico e a indústria. Com a expansão dessas aplicações e tecnologias, é possível desfrutar de um cenário com dispositivos inteligentes espalhados por todo o globo terrestre capazes de transmitir e receber informações de forma instantânea de qualquer parte do mundo.

Por meio desse trabalho foi possível desenvolver e implementar uma comunicação básica em uma rede industrial utilizando o protocolo de comunicação MQTT. Nessa comunicação foram utilizadas aplicações escritas em linguagem JavaScript e C++ que executam funções de clientes ligados aos servidores responsáveis por atuar diretamente no sistema.

A aplicação proposta obteve resultados satisfatórios, atendendo de forma precisa o problema proposto. O broker também atendeu o problema, enviando e recebendo os dados através da comunicação via MQTT e roteando elas de forma satisfatória sem erros.

## REFERÊNCIAS

- [1] SAUTER, Thilo et al. The evolution of factory and building automation. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, v. 5, n. 3, p. 35-48, 2011.
- [2] DEL VAL ROMÁN, José Luis. Industria 4.0: la transformación digital de la industria. In: Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII. 2016.
- [3] MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype, 2015
- [4] GIUSTO, D.; A.LERA; L.ATZORI, G. Morabito. Análise de sistemas e gerência de operações. Berlin Heidelberg: Springer, 2010. 129 p. ISBN 978-3-642-11710-7.
- [5] GUBBI, Jayavardhana et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, v. 29, n. 7, p. 1645-1660, 2013.
- [6] KRAIJAK, Surapon; TUWANUT, Panwit. A survey on internet of things architecture, protocols, possible applications, security, privacy, real-world implementation and future trends. In: 2015 IEEE 16th International Conference on Communication Technology (ICCT). IEEE, 2015. p. 26-31.
- [7] HUNKELER, Urs; TRUONG, Hong Linh; STANFORD-CLARK, Andy. MQTT-S—A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. In: 2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWARE'08). IEEE, 2008. p. 791-798.
- [8] HWANG, Hyun Cheon; PARK, JiSu; SHON, Jin Gon. 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, 2016.
- [9] LUZURIAGA, Jorge E. et al. Handling mobility in IoT applications using the MQTT protocol. In: 2015 Internet Technologies and Applications (ITA). IEEE, 2015. p. 245-250.
- [10] LEE, Shinho et al. Correlation analysis of MQTT loss and delay according to QoS level. In: The International Conference on Information Networking 2013 (ICOIN). IEEE, 2013. p. 714-717.
- [11] DE OLIVEIRA, Sérgio. Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI. Novatec Editora, 2017.
- [12] YULIANSYAH, Harry. Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture. *Electrician*, v. 10, n. 2, p. 68-77, 2016.
- [13] KOLBAN, N. Kolban's Book on ESP8266. 2016. Disponível em: <[https://leanpub.com/ESP8266\\_ESP32](https://leanpub.com/ESP8266_ESP32)>
- [14] Datasheet ESP8266. Acessado em 2019. Disponível em: <[https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)>