



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

IoT EM PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE BANCADA DIDÁTICA

IoT IN TEACHING BENCH WATER TREATMENT PROCESS

Marcos Leandro Rossa Pontes^{1, i}

Thiago Tadeu Amici^{2, ii}

Murilo Torres de Oliveira^{3, iii}

Thiago Leite de Almeida^{4, iv}

Data de submissão: (11/02/2025) Data de aprovação: (17/05/2025)

RESUMO

Este artigo ressalta a necessidade premente de reavaliar os sistemas de tratamento de água devido às deficiências generalizadas em várias cidades. A proposta inovadora visa automatizar integralmente as plantas de tratamento, permitindo a transmissão de dados dos sensores para a nuvem. Além de corrigir falhas existentes, busca-se otimizar a eficiência operacional, reduzindo drasticamente a necessidade de deslocamentos e manutenções físicas. A estratégia proativa e baseada em dados visa superar as limitações dos sistemas convencionais, garantindo uma gestão mais eficaz e ágil das demandas do tratamento de água. A iniciativa é liderada pela unidade do SENAI em Caçador-Santa Catarina (SC), onde uma planta simuladora de tratamento de água integra tecnologias avançadas, como o dispositivo de Internet das Coisas (IoT) 2040 da Siemens, que possibilita o envio contínuo de dados para a nuvem. A implementação do protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) e do sistema de supervisão na plataforma TagIO ampliam a capacidade de monitoramento, permitindo análises abrangentes desde a temperatura e nível dos tanques até a gestão dos ciclos de recirculação e dosagem de insumos. A intervenção remota, incluindo o controle de bombas à distância, destaca-se como componente crucial para impulsionar a eficiência operacional e a economia de recursos. Essa proposta não apenas busca modernizar o tratamento de água, mas também se posiciona como um paradigma transformador, antecipando-se às limitações dos sistemas convencionais, promovendo uma abordagem proativa e tecnologicamente avançada para garantir a qualidade e sustentabilidade do abastecimento de água em todas as cidades.

¹ Pós-graduando em Smart Factory na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: marcos.pontes@edu.sc.senai.br

² Docente e Me. em Automação e Controle de Processos Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP. E-mail: thiago.amici@sp.senai.br

³ Professor de Educação Profissional Tecnológica da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: murilo.torres@sp.senai.br

⁴ Coordenador Técnico da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: thiago.leite@sp.senai.br

Palavras-chave: IoT; internet das coisas; MQTT; computação em nuvem; tratamento de água.

ABSTRACT

This article highlights the pressing need to reevaluate water treatment systems due to widespread deficiencies in several cities. The innovative proposal aims to fully automate treatment plants, allowing the transmission of data from sensors to the cloud. In addition to correcting existing faults, the aim is to optimize operational efficiency, drastically reducing the need for travel and physical maintenance. The proactive strategy and data based aims to overcome the limitations of conventional systems, ensuring more effective and agile management of water treatment demands. The SENAI unit in Caçador-Santa Catarina (SC), leads the initiative, where a simulated water treatment plant integrates advanced technologies, such as Siemens Internet das Coisas (IoT) 2040 device, which enables the continuous sending of data to the cloud. The implementation of the *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) protocol and the TagIO platform with supervision system expands monitoring capacity, allowing comprehensive analyzes from tank temperature and level to the management of recirculation cycles and input dosing. Remote intervention, including remote pump control, stands out as a crucial component for boosting operational efficiency and saving resources. This proposal not only seeks to modernize water treatment, but also positions itself as a transformative paradigm, anticipating the limitations of conventional systems, promoting a proactive and technologically advanced approach to guarantee the quality and sustainability of water supply in all cities.

Keywords: IoT; MQTT; Cloud Computing; water treatment.

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário em que os sistemas de tratamento de água em muitas cidades apresentam deficiências decorrentes de diversas situações, surge a necessidade premente de repensar e aprimorar essas estruturas. Este artigo propõe uma abordagem inovadora ao vislumbrar a automação completa de plantas de tratamento de água, promovendo a transmissão de dados dos sensores para a nuvem. Essa iniciativa visa possibilitar o acesso remoto a informações cruciais a qualquer momento e de qualquer lugar, incluindo diagnósticos precisos e a capacidade de intervir no sistema de maneira remota.

A proposta não apenas almeja mitigar falhas nos sistemas existentes, mas também busca otimizar a eficiência operacional, reduzindo significativamente o tempo necessário para deslocamentos e manutenções físicas em equipamentos. Ao adotar uma abordagem mais proativa e baseada em dados, pretendemos superar as limitações dos sistemas convencionais, proporcionando uma gestão mais eficaz e uma resposta mais ágil às demandas do tratamento de água.

No âmbito da pesquisa e desenvolvimento, a unidade do Senai em Caçador-SC emerge como um ambiente propício para a materialização dessa visão inovadora. Utilizando uma planta simuladora de tratamento de água, incorporamos o dispositivo IoT 2040 da Siemens, uma tecnologia de ponta que possibilita o envio contínuo de dados para a nuvem. Este dispositivo é um catalisador essencial para a condução de estudos avançados, promovendo o monitoramento e desenvolvimento da planta em tempo real.

A implementação do protocolo MQTT e do sistema de supervisão da plataforma TagolO aprimora ainda mais a capacidade de monitoramento, permitindo análises abrangentes, desde a temperatura e nível dos tanques até a gestão dos ciclos de recirculação e dosagem de insumos. Além disso, a capacidade de intervenção remota, como o controle de bombas à distância, destaca-se como um componente crucial para a eficiência operacional e a economia de recursos.

Em suma, a proposta aqui apresentada não apenas aspira à modernização do tratamento de água, mas também se posiciona como um paradigma transformador, antecipando-se às limitações dos sistemas convencionais e promovendo uma abordagem proativa e tecnologicamente avançada para garantir a qualidade e a sustentabilidade do abastecimento de água em todas as cidades.

1.1 Problema de pesquisa

Aprimorar a eficiência do monitoramento em um sistema de tratamento de água, buscando soluções para prevenir a ocorrência de perdas de dados.

1.2 Objetivos

Desenvolver e implementar um sistema avançado de monitoramento do tratamento de água utilizando Internet das Coisas (IoT), com o objetivo de aprimorar a eficiência operacional, a qualidade do serviço e a segurança do abastecimento de água, garantindo uma gestão proativa e baseada em dados para atender às necessidades das comunidades de forma sustentável e eficaz.

Os objetivos secundários são:

- a) Enviar dados de processo para a nuvem sem perdas de dados;
- b) Monitoramento de todo o processo através da plataforma online;
- c) Geração de alarmes em tempo real para possíveis intervenções evitando imprevistos no sistema de tratamento de água.

1.3 Justificativa

Aprimorar o monitoramento remoto do sistema de tratamento de água das cidades é uma necessidade crucial para otimizar a eficiência dos recursos, equipamentos e insumos envolvidos. Essa iniciativa visa mitigar desperdícios, reduzir o tempo dedicado a manutenções e combater a ineficiência do sistema, fatores que frequentemente resultam em desafios e inconvenientes para a população. Ao fortalecer a supervisão remota, pretendemos não apenas garantir a qualidade do abastecimento de água, mas também contribuir significativamente para a sustentabilidade, economia de recursos e aprimoramento geral da infraestrutura hídrica, resultando em benefícios tangíveis para a comunidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Internet das Coisas

Conforme ressaltado pela *Amazon Web Services - AWS (2024a)*, a Internet das Coisas (IoT) concebe uma rede interconectada de aparelhos e tecnologias que facilitam a

comunicação tanto entre esses dispositivos quanto com a nuvem. O avanço significativo em chips de computador acessíveis e infraestrutura de telecomunicações de banda larga permitiu a conectividade de bilhões de dispositivos à Internet. Esse fenômeno não apenas redefiniu a interação cotidiana, mas também possibilitou que objetos comuns, como escovas de dentes, aspiradores de pó, veículos e máquinas, empregassem sensores para coletar dados e respondessem de maneira inteligente às necessidades dos usuários.

Conforme destacado pela AWS (2024b), a evolução da Internet das Coisas integra esses dispositivos comuns à rede mundial. Ao longo das décadas, engenheiros de computação têm progressivamente incorporado sensores e processadores a objetos de uso diário, enfrentando inicialmente limitações significativas devido ao tamanho considerável dos chips. O surgimento dos primeiros chips de computador de baixo consumo de energia, conhecidos como tags de *Radio Frequency Identification* (RFID), marcaram o início da rastreabilidade de dispositivos de alto valor. À proporção que os aparelhos de computação diminuíram em tamanho, esses chips evoluíram para se tornarem mais compactos, rápidos e inteligentes.

A AWS (2024c) e Yang (2028), destacam a relevância da redução de custos na integração de poder de computação em instalações de menor porte. Exemplificando, a adição de conectividade com recursos de serviços de voz, como a Alexa, pode ser realizada em Microcontroladores (MCUs) com menos de 1 MB de RAM integrada, presentes em elementos tão simples quanto interruptores de luz. Essa redução de custos impulsionou uma indústria dedicada a equipar residências, empresas e escritórios com dispositivos IoT. Esses componentes inteligentes, capazes de transmitir informações para a Internet e vice-versa, são coletivamente conhecidos como a Internet das Coisas, marcando um avanço significativo na interconexão e automação em diversos setores.

2.2 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

De acordo com a AWS (2024d), o MQTT é um protocolo de mensagens baseado em padrões, que consiste em um conjunto de regras para facilitar a comunicação entre computadores. Esse protocolo se destaca especialmente no contexto da IoT, onde sensores inteligentes, wearables e outros dispositivos frequentemente necessitam enviar e receber dados por meio de redes com restrição de recursos e largura de banda.

Os dispositivos IoT escolhem o MQTT como meio de transferência de dados devido à sua notável facilidade de implementação e eficiência na transmissão de informações. O MQTT se destaca ao oferecer suporte a mensagens bidirecionais, permitindo uma comunicação eficaz tanto entre dispositivo e nuvem, quanto entre nuvem e dispositivo. Essa flexibilidade é essencial para ambientes em que a comunicação eficiente e confiável é crucial para o funcionamento integrado de dispositivos inteligentes (Amazon Web Services, 2024e).

Além disso, é respeitável destacar que o MQTT opera de maneira assíncrona, possibilitando a comunicação eficiente mesmo em situações em que a conectividade pode ser intermitente. Essa característica é especialmente valiosa em cenários IoT dinâmicos, nos quais dispositivos podem entrar ou sair da rede de maneira fluida (Amazon Web Services, 2024f).

2.3 Tratamento de água

Segundo informações da BRK (2024), renomada empresa dedicada ao tratamento de água na cidade, o processo de tratamento é um pilar fundamental para garantir o fornecimento seguro e de qualidade à população de Caçador - SC. Após o tratamento, toda a água produzida é armazenada em vinte e sete reservatórios estrategicamente posicionados pela cidade, totalizando uma capacidade de armazenamento impressionante de aproximadamente sete milhões de litros. A distribuição dessa água é realizada de maneira eficiente, utilizando uma rede de tubulações com mais de 250 quilômetros, operando por meio de bombeamento e gravidade para abastecer toda a comunidade.

Conforme descrito pela SABESP (2024) e Botelho (2023), as etapas do tratamento de água seguem um processo meticuloso similar ao tratamento de efluentes, visando assegurar a pureza e potabilidade do recurso. O ciclo inicia-se com a Pré-Cloração, na qual o cloro é acrescentado à água assim que chega à estação, auxiliando na remoção de componentes orgânicos e metais indesejados. Em seguida, na etapa de Pré-Alcalinização, cal ou soda são introduzidos para adequar o pH da água às necessidades subsequentes do tratamento.

A etapa crucial de Coagulação envolve a adição de coagulantes como sulfato de alumínio, cloreto férrico, entre outros, seguida de agitação vigorosa para criar condições propícias à formação de flocos, facilitando a remoção de impurezas. A fase subsequente, Flocculação, consiste na mistura lenta da água, resultando na formação desses flocos.

No estágio de Decantação, a água passa por tanques que permitem a separação eficaz dos flocos de sujeira formados anteriormente. A etapa de Filtração acontece em seguida, onde a água passa por tanques contendo pedras, areia e antracite, responsáveis por reter partículas remanescentes da fase de decantação.

A Alcalinização entra em cena para fazer uma correção final no pH da água, evitando corrosão ou escamação dos tubos. Em seguida, a Desinfecção é realizada através da adição de cloro, garantindo que a água fornecida esteja livre de bactérias e vírus antes de chegar às residências dos consumidores.

Como toque final, a Fluoretação inclui a adição de flúor à água, contribuindo para a prevenção da cárie dentária e promovendo a saúde bucal da comunidade. Em suma, esse minucioso processo de tratamento de água é essencial para assegurar não apenas a pureza do recurso, mas também a saúde e bem-estar da população abastecida por esse sistema.

2.4 *Totally Integrated Automation Portal (TIA) Portal*

Conforme destacado pela Siemens (2024a), o TIA Portal, lançado em 2010, representa uma solução inovadora que capacita os usuários a executarem trabalhos de automação e acionamento de maneira eficiente e intuitiva, mediante configurações otimizadas. A arquitetura do software foi meticulosamente projetada, priorizando alta eficácia e facilidade de uso, tornando-o igualmente acessível para usuários iniciantes e experientes.

O TIA Portal apresenta um conceito de operação padronizada para controladores lógicos programáveis (CLP), Interfaces Homem-Máquina (IHM) e acionamentos. Destaca-se ainda por garantir armazenamento e consistência de dados compartilhados em diversas etapas do processo, incluindo configuração, comunicação e diagnóstico. Além disso, dispõe de bibliotecas robustas que abrangem todos os objetos de automação, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento de soluções avançadas (Siemens, 2024b).

A engenharia simplificada do TIA Portal proporciona acesso completo ao espectro de automação digitalizada, abrangendo desde o planejamento digital até a engenharia integrada e a operação transparente. Vale ressaltar que, no contexto mais amplo da Indústria 4.0, o TIA Portal complementa a variedade global de software da Siemens, incluindo o *Product Lifecycle Management* (PLM) e *Manufacturing Execution Systems* (MES) no Digital Enterprise Software Suite. Essa abrangência faz do TIA Portal uma ferramenta essencial para empresas que buscam uma transição eficiente para a era da Indústria 4.0, possibilitando maior integração, eficiência operacional e adaptabilidade às demandas em constante evolução do cenário industrial moderno (Siemens, 2024c).

2.5 IO-link

A tecnologia IO-Link conforme a IFM (2024a), emerge como uma solução avançada para a interface de sinais de entradas e saídas no ambiente de chão de fábrica, estabelecendo uma comunicação eficiente com o controlador do processo. Essa conexão ponto a ponto, independente do sistema de rede de comunicação artificial utilizado, propicia uma integração completa dos sensores de produção, eliminando perdas de dados decorrentes de interferências eletromagnéticas.

No cenário industrial contemporâneo, a tecnologia *IO-Link* se destaca ao oferecer uma variedade de soluções compatíveis, impulsionando a evolução dos processos fabris para níveis cada vez mais avançados e eficientes. Dentre as aplicações notáveis, destacam-se fontes de alimentação que garantem um fornecimento de tensão confiável e eficiente, enriquecido por diagnósticos avançados facilitados pela interface *IO-Link*. Além disso, dispositivos de monitoramento e visualização complementam esse ecossistema, proporcionando benefícios notáveis em termos de custo e desempenho (IFM, 2024b).

Esses dispositivos, ao serem integrados com a tecnologia *IO-Link*, não apenas agregam valor ao processo de produção, mas também oferecem uma gestão mais eficaz e econômica. A competência de amortizar o tempo de parada de máquinas é um exemplo concreto, permitindo uma operação mais contínua e produtiva. Além disso, ao proporcionar um controle mais apurado sobre os processos, esses dispositivos contribuem significativamente para a otimização operacional e a obtenção de melhores resultados (IFM, 2024c).

Portanto, a tecnologia *IO-Link* não só aprimora a conectividade e a comunicação na indústria, mas também se consolida como um facilitador crucial para processos mais eficientes, redução de custos operacionais e, em última análise, para o sucesso sustentável das operações fabris. Os sensores utilizados na implantação e testes na bancada se baseiam nos princípios de medição que serão abordados na sequência (IFM, 2024d).

2.6 TagoIO

Conforme a Xavier (2019a), a TagoIO se destaca como uma plataforma web de alto nível, totalmente baseada na nuvem e projetada para o monitoramento eficiente de ambientes por meio de dispositivos IoT conectados à sua rede.

Nas palavras de seu CEO, Fábio Rosa, a TagoIO apresenta dois diferenciais cruciais: a notável velocidade com que uma solução de IoT pode ser empregada no mercado e sua capacidade como uma ferramenta robusta, oferecendo uma ampla gama de funcionalidades essenciais para tais implementações (Xavier, 2019b).

A plataforma TagoIO proporciona ao usuário a visualização dos dados coletados por meio de um dashboard intuitivo, facilitando a construção de aplicações personalizadas. Com um painel simples e dinâmico, os usuários podem compartilhar e monitorar o uso da aplicação, ao mesmo tempo em que têm a flexibilidade de criar distintos níveis de acesso para vários usuários. Essa funcionalidade permite uma personalização detalhada, determinando o que cada usuário pode visualizar e editar (Xavier, 2019c).

Desenvolvida pela Tago, essa plataforma é especialmente indicada para aqueles que buscam uma solução breve, de configurações simples e pronta para iniciar um sistema de monitoramento. Seja para profissionais iniciantes ou experientes em IoT, a TagoIO oferece uma abordagem acessível e eficaz, proporcionando não apenas velocidade na implementação, mas também uma gama abrangente de recursos para atender às demandas específicas de monitoramento de ambientes conectados (Xavier, 2019d).

2.7 Node-RED

De acordo com a OpenJS Foundation (2024a), o Node-RED é uma plataforma de desenvolvimento panorâmica revolucionária, projetada para simplificar a criação de fluxos de trabalho automatizados. Utilizando uma abordagem baseada em nós, o Node-RED permite conectar de maneira intuitiva uma variedade de dispositivos e serviços, facilitando assim a construção de aplicativos para IoT e automação residencial.

Com sua interface gráfica intuitiva, o Node-RED capacita os usuários a projetar fluxos de trabalho complexos com facilidade, eliminando a necessidade de escrever extensas linhas de código. Simplesmente arraste e solte nós para criar conexões e configure os parâmetros conforme necessário. Isso não apenas agiliza o processo de desenvolvimento, mas também torna o processo de visualização e depuração mais acessível (OpenJS Foundation, 2024b).

Independentemente do seu nível de habilidade técnica, o Node-RED oferece uma abordagem acessível e influente para a criação de automações, permitindo que tanto iniciantes quanto especialistas desenvolvam soluções IoT e de automação residencial com eficiência e flexibilidade sem precedentes (OpenJS Foundation, 2024c).

2.8 Sistema operacional Linux

De acordo com a Oracle (2024a), o Linux é um sistema operacional renomado para computadores, construído a partir de um modelo de desenvolvimento de código aberto. Esse modelo traz consigo uma série de princípios fundamentais que impulsionam a colaboração e a evolução contínua do software:

- a) **Transparência:** Todos os feitos do desenvolvimento do software, desde o código-fonte até as discussões sobre sua evolução, são abertos e acessíveis à comunidade de desenvolvedores e usuários.
- b) **Colaboração:** O desenvolvimento de software de algoritmo aberto é caracterizado pela colaboração ativa entre indivíduos e organizações, que trabalham juntos para aprimorar e aperfeiçoar o sistema, compartilhando conhecimento e recursos.
- c) **Lançamentos antecipados e frequentes:** O modelo de código aberto prioriza lançamentos frequentes e iterativos, permitindo que novas funcionalidades e melhorias sejam disponibilizadas rapidamente para os usuários, que podem fornecer feedback valioso.

- d) Meritocracia inclusiva: No ambiente de código aberto, o reconhecimento e a influência são atribuídos com base no mérito e na contribuição efetiva para o projeto, independentemente de origem, afiliação ou cargo.
- e) Comunidade: O desenvolvimento de software de código aberto é impulsionado por uma comunidade diversificada e global de desenvolvedores, usuários e entusiastas, que compartilham um interesse comum em melhorar o software e torná-lo acessível a todos.

Além disso, o modelo de desenvolvimento de código aberto incentiva a participação de uma variedade de contribuintes, sejam eles indivíduos independentes ou empresas, o que enriquece ainda mais o processo de desenvolvimento e promove uma ampla adoção do produto. Dessa forma, o Linux e outros projetos de código aberto se beneficiam de uma abordagem colaborativa e transparente que impulsiona a inovação e a qualidade do software (Oracle, 2024b).

2.9 OPC UA

Conforme a OPC Foundation (2024), a *OPC Unified Architecture (UA)*, que teve seu lançamento em 2008, representa uma evolução significativa no universo da automação industrial. Esta arquitetura inovadora é uma plataforma orientada a serviços que transcende as barreiras das especificações individuais do OPC Classic, unificando todas as suas funcionalidades em uma estrutura extensível e independente de plataforma.

De acordo com Fernandes (2009), reforça essa ideia e divide a abordagem multicamadas da Arquitetura Unificada OPC para atender aos objetivos fundamentais estabelecidos durante o projeto da especificação original:

- a) Equivalência funcional: Todas as especificações COM OPC Classic são cuidadosamente mapeadas para a Arquitetura Unificada OPC, garantindo que as funcionalidades dos sistemas legados sejam totalmente preservadas e compatíveis.
- b) Independência de plataforma: Desde microcontroladores embutidos até infraestruturas baseadas em nuvem, a Arquitetura Unificada OPC apresenta suporte a uma ampla gama de plataformas, garantindo que os sistemas de automação possam ser implementados em diversos ambientes de hardware e software.
- c) Segurança: A segurança é uma prioridade na Arquitetura Unificada OPC, com recursos avançados de criptografia, autenticação e auditoria que garantem a integridade e a confidencialidade dos dados em todos os níveis do sistema.
- d) Extensibilidade: A estrutura da Arquitetura Unificada OPC é altamente extensível, permitindo a adição de novos recursos e funcionalidades sem impactar os aplicativos existentes, garantindo assim uma evolução contínua e adaptável do sistema.
- e) Modelagem de informações abrangente: A Arquitetura Unificada OPC oferece uma modelagem de informações abrangente que permite a definição de dados complexos de forma clara e precisa, facilitando a integração e a interoperabilidade entre sistemas de automação heterogêneos.

Com sua capacidade de unificar e aprimorar os padrões de comunicação na automação industrial, a Arquitetura Unificada OPC representa um marco importante na evolução da indústria, promovendo a conectividade, a segurança e a interoperabilidade em toda a cadeia de valor.

3 METODOLOGIA

O modelo de planta simulada nas instalações do Senai de Caçador – SC é composto por uma variedade de equipamentos estratégicos, conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 – Lista de componentes utilizados na maquete para simulação.

| Item | CPU | CÓDIGO | Versão de Firmware |
|------------------------------------|---|---------------------|--------------------|
| CLP 1 | CPU 1215C DC/DC/DC | 6ES7 215-1AG40-0XB0 | V4.4 |
| Cartão AI Automazoom | SM 1231 AI4 | 6ES7 231-4HD32-0XB0 | V2.1 |
| CLP 2 | CPU 1214C DC/DC/DC | 6ES7 214-1AG40-0XB0 | V4.4 |
| Cartão AI SOMA | SM 1234 AI4/AQ2 | 6ES7 234-4HE32-0XB0 | V2.0 |
| Drive 1 | CU240E-2 PN | 6SL3244-0BB12-1FA0 | 4.7.9 |
| Módulo de potência | PM240-2 IP20 | 6SL3210-1PB13-0ULx | - |
| Drive 2 | CU240E-2 PN | 6SL3244-0BB12-1FA0 | 4.7.10 |
| Módulo de potência | PM240-2 IP20 | 6SL3210-1PB13-0ULx | - |
| Remota 2 | IM 155-6 PN ST | 6ES7 155-6AU01-0BN0 | V4.1 |
| Módulo DI SOMA | DI 8x24VDC BA | 6ES7 131-6BF01-0AA0 | V0.0 |
| Módulo DO SOMA | DQ 8x24VDC/0.5A BA | 6ES7 132-6BF01-0AA0 | V0.0 |
| Módulo AI SOMA | AI 4xU/I 2-wire ST | 6ES7 134-6HD01-0BA1 | V2.0 |
| Módulo IO-LINK SOMA | CM 4xIO-Link | 6ES7 137-6BD00-0BA0 | V2.2 |
| Módulo fim de barramento | Server module | 6ES7 193-6PA00-0AA0 | V1.1 |
| Remota IO-LINK AL1100 | IO-Link Master StandardLine Profinet 4 Ports IP67 | | |
| IOT 2040 Siemens | 6ES7 647-0AA00-1YA2 | | |
| Switch Siemens com 6 portas | - | | |

Fonte: Elaborado pelo autor.

O diagrama de rede meticulosamente elaborado para estabelecer a comunicação entre todos os componentes adota uma topologia específica. Neste contexto, será implementado um *Switch* como ponto central da rede. Esse switch será conectado ao IOT 2040, que executará um sistema operacional armazenado em um cartão de memória. Este dispositivo desempenha um papel crucial ao facilitar a comunicação entre os diversos elementos do sistema, agindo como a ponte entre os sensores e componentes da planta simulada, e a nuvem.

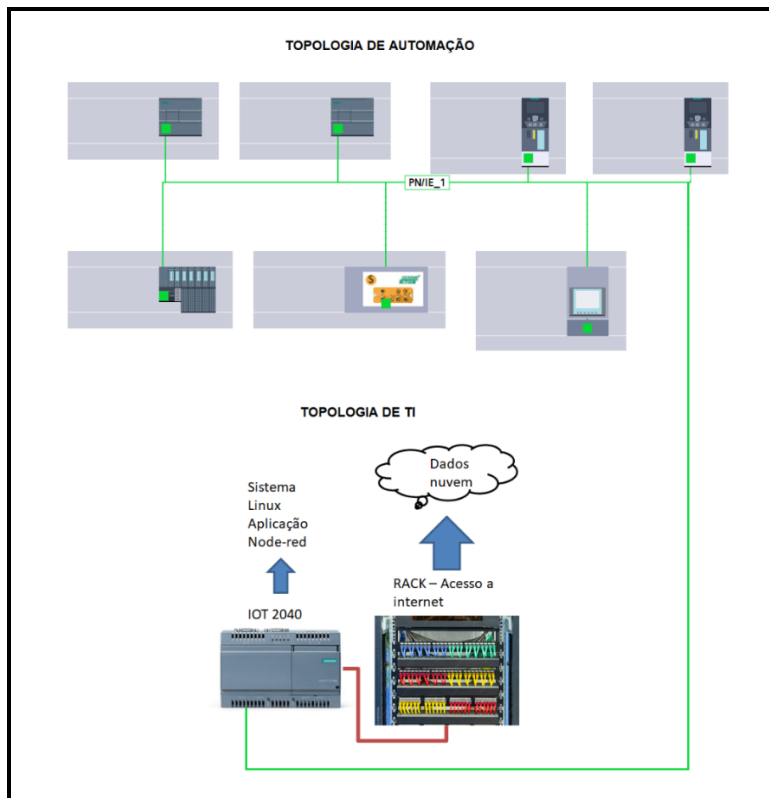
A comunicação com a nuvem é vital no contexto da IoT. O IOT 2040 será responsável por enviar dados coletados pelos sensores e componentes para a nuvem, permitindo um monitoramento remoto e em tempo real. Além disso, a plataforma TagoIO desempenha um papel fundamental nesse ecossistema, facilitando não apenas o recebimento de dados, mas também possibilitando a transmissão de comandos remotos e intervenções no sistema de tratamento. Essa integração entre o IOT 2040 e a TagoIO é essencial para garantir a eficácia e a eficiência do sistema global.

O IOT 2040 é equipado com duas portas Ethernet que desempenham papéis cruciais na integração e comunicação de dados. Uma dessas portas é dedicada à comunicação com os controladores da planta, permitindo a coleta de dados através do protocolo *Open Platform Communications Unified Architecture* (OPC UA), e a outra porta é responsável por comunicar com a rede Internet para envio dos dados. Esses dados são então processados e gerenciados

por uma máquina virtual que opera dentro do dispositivo, aproveitando o sistema operacional Linux como plataforma robusta e flexível. Nessa máquina virtual, uma aplicação em Node-RED é executada, fornecendo uma interface intuitiva e poderosa para a criação de fluxos de trabalho automatizados. Um dos principais recursos do Node-RED é sua envergadura de associar diferentes sistemas e protocolos, o que permite que os dados coletados via OPC UA sejam facilmente encaminhados para outras plataformas e serviços. No caso do IOT2040, os dados são enviados para a plataforma na nuvem utilizando o protocolo MQTT garantindo uma comunicação eficiente e confiável.

A Figura 1 detalha a topologia de rede de automação e tecnologia da informação (TI), ilustrando visualmente a interconexão entre os componentes e a nuvem. Essa representação gráfica oferece uma compreensão clara da infraestrutura de comunicação, destacando a importância estratégica de cada elemento no fluxo de dados e controle do sistema de tratamento da planta simulada.

Figura 1 – Topologia de rede da aplicação

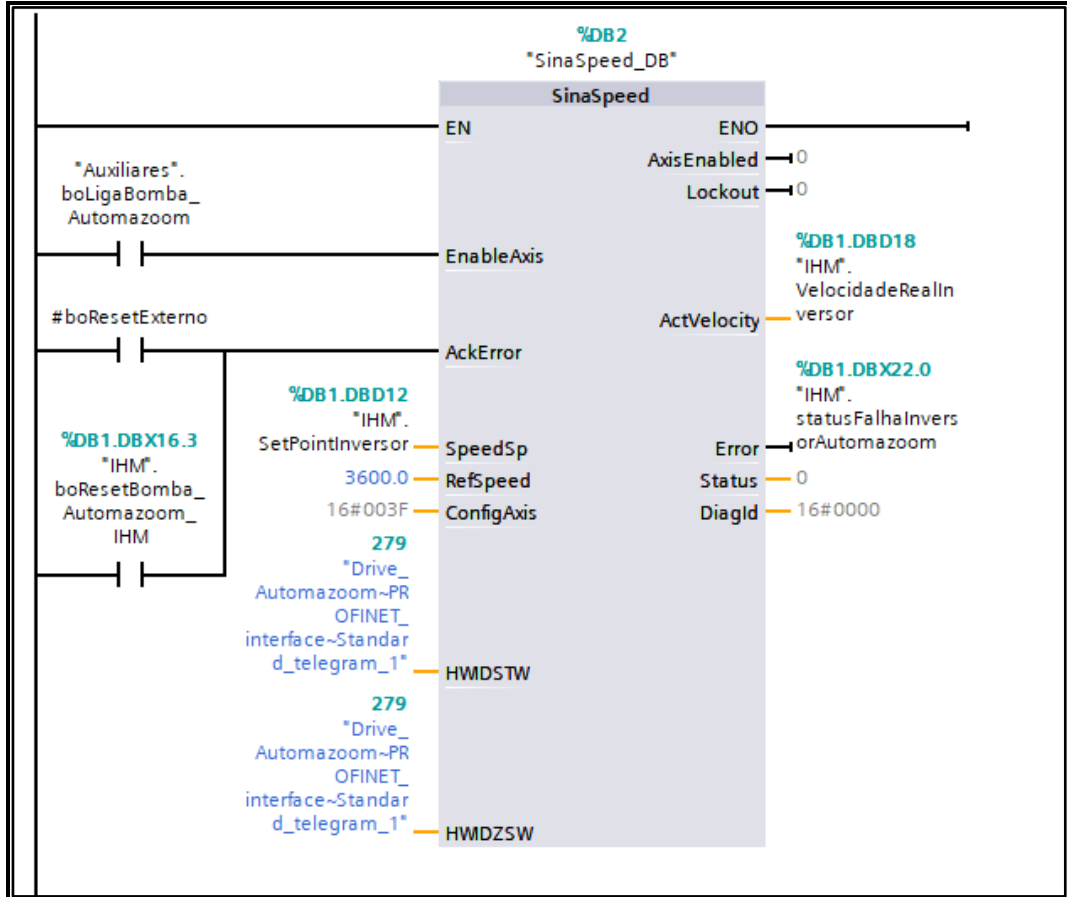


Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a programação dos Controladores Programáveis (CPs), foi adotado o software Siemens TIA Portal V16, empregando a linguagem Ladder e Diagrama de Blocos. Essa abordagem abrange todas as tratativas necessárias para gerenciar tanto os processos manuais quanto os automáticos. Destaca-se que os sensores incorporam a capacidade de comunicação em rede por meio do protocolo IO-link, além de oferecerem a opção de enviar dados por sinais analógicos. Entretanto, como previamente mencionado neste artigo, a preferência pelo sinal *IO-Link* se fundamenta na sua capacidade superior de manter a fidelidade dos sinais, minimizando perdas suscetíveis a interferências eletromagnéticas.

Na Figura 2 podemos verificar um exemplo de bloco de programação utilizado para controle de inversores de frequência na TIA Portal.

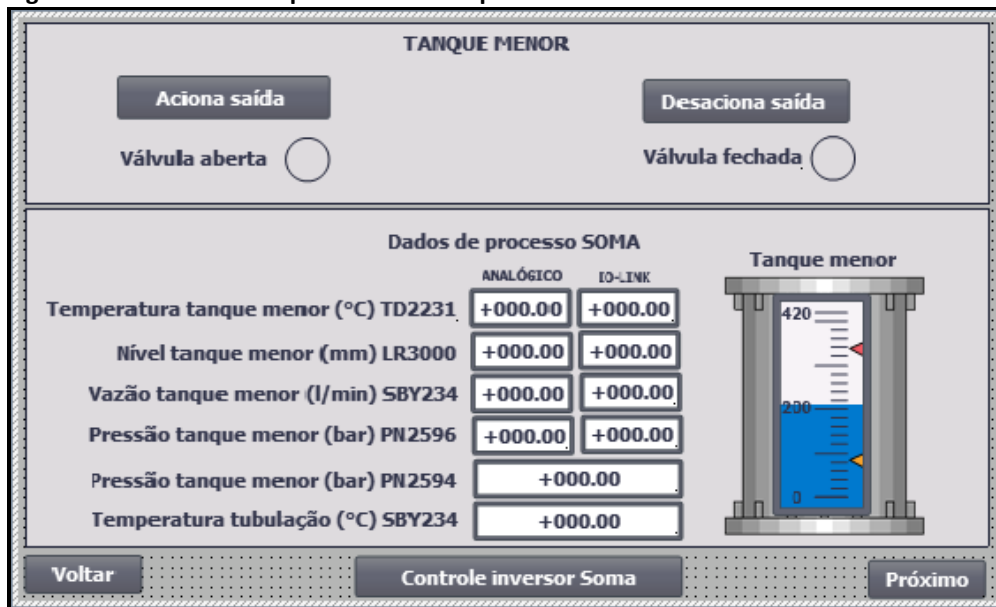
Figura 2 – Bloco de programação de controle dos inversores



Fonte: Elaborado pelo autor

Dentro desse contexto, o emprego do TIA Portal V16 proporciona uma programação eficiente e integrada, possibilitando a configuração precisa dos CPs para otimizar o controle do sistema. As telas específicas criadas para monitoramento e controle do processo podem ser visualizadas na Figura 3.

Figura 3 - Modelo de tela para controle do processo

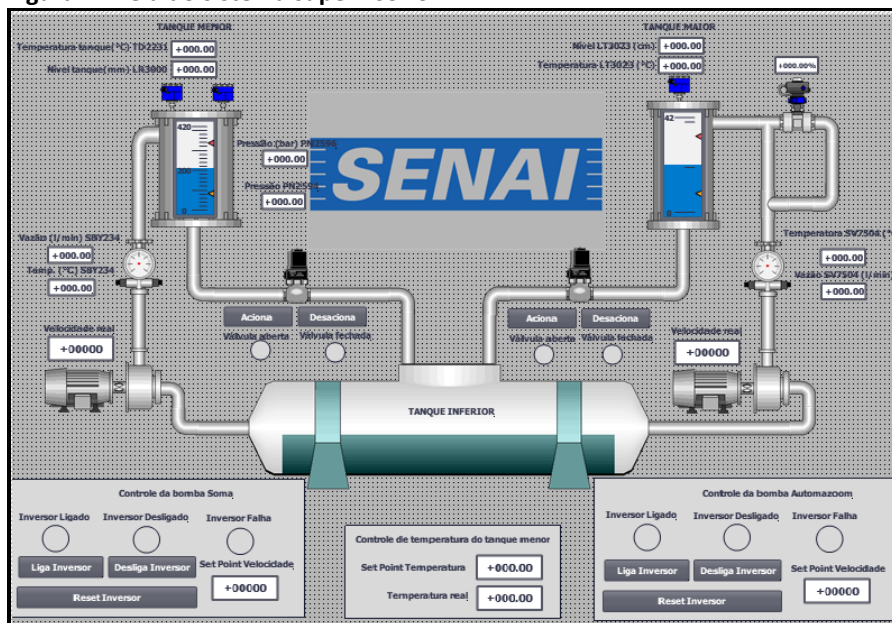


Fonte: Elaborado pelo autor

Essas interfaces gráficas não apenas oferecem uma representação visual intuitiva do estado do sistema, mas também proporcionam funcionalidades práticas para intervenções e ajustes necessários. A integração efetiva do TIA Portal V16 com os CPs garante um gerenciamento preciso e ágil dos processos, alinhando-se com as demandas dinâmicas do ambiente industrial.

Juntamente com o sistema de supervisão com IHM para os operadores, foi implantado um sistema supervísório, baseado no WinCC da Siemens, para realizar todo o gerenciamento local da planta. Pode-se ver a interface, que é acessado pelos computadores, na Figura 4.

Figura 4 - Tela do sistema supervísório



Fonte: Elaborado pelo autor

Em conjunto com a plataforma TagoIO, foram concebidas telas interativas conhecidas como dashboards, destinadas a apresentar os dados coletados pelos sensores e processados pelos CPs da planta. Estes dados foram transmitidos para a nuvem por meio do IOT 2040. Em razão de ser uma plataforma de ingresso gratuito, limitações foram enfrentadas durante os testes, impossibilitando a implementação completa da planta simulada. Nesse contexto, os testes se concentraram em algumas variáveis do processo, oferecendo uma perspectiva inicial sobre o desempenho da plataforma.

Vale ressaltar que, para uma implementação completa no futuro, a aquisição de um banco de dados mais robusto seria necessária para abranger todos os componentes da planta de tratamento de água. Isso permitiria uma integração mais abrangente e a análise de dados em escala total, proporcionando uma visão mais completa e precisa do sistema.

Na Figura 5, apresentamos um exemplo de dashboards elaborados para fins de teste, demonstrando a capacidade da plataforma TagoIO em exibir informações relevantes e facilitar o monitoramento do sistema.

Figura 5: Dashboards na plataforma TagoIO



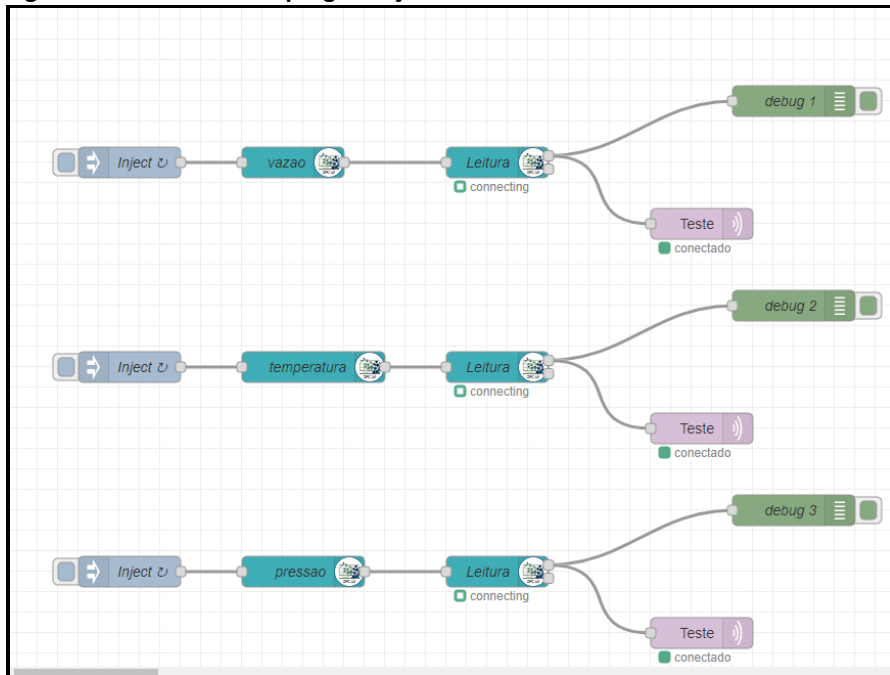
Fonte: Elaborado pelo autor

Essas interfaces visuais intuitivas não apenas fornecem uma representação gráfica dos dados, mas também oferecem funcionalidades interativas para análise e controle. Apesar dos desafios enfrentados durante os testes, a plataforma TagoIO demonstra potencial significativo para a implementação efetiva e expansão futura em projetos mais abrangentes.

Todo o projeto de comunicação, realizado dentro do projeto, coloca as variáveis para serem tratadas e exportadas pelo CP através do protocolo MQTT, e este envia para a nuvem através do IOT 2040.

No CP Siemens foi configurado um servidor OPC UA para enviar os dados para o Node-RED, como pode-se verificar na Figura 6.

Figura 6 - Dashboards de programação do Node-RED



Fonte: Elaborado pelo autor

Cada linha utilizada acima, traz o código de envio para cada variável. Os dados de vazão, temperatura, pressão e nível são coletados pelo CP através de rede IO-Link mantendo uma maior confiabilidade no dado, além da possibilidade de geração de alarmes e diagnósticos.

No nó com o nome das grandezas, foi utilizado um bloco OPC UA Item, onde precisa-se configurar o item a ser recebido. Este é configurado no primeiro campo do bloco, juntamente com o tipo de variável, como pode-se verificar na Figura 7.

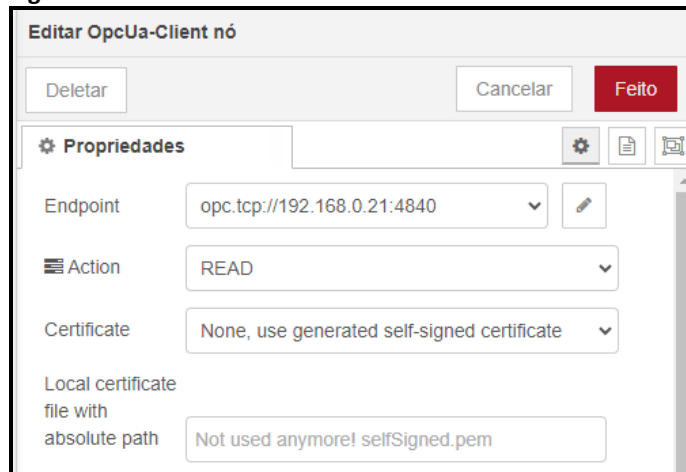
Figura 7 - Bloco OPC UA Item do Node-RED

Fonte: Elaborado pelo autor

No próximo nó, denominado Leitura, foi empregado o bloco OPC UA Client, que é uma ferramenta essencial para estabelecer a comunicação entre o seu sistema e o servidor OPC UA, que, neste cenário, é o CP Siemens modelo S7-1200 com a CPU 1215DCDCDC. Nesse ponto, é crucial inserir o endereço IP da máquina que hospeda o servidor OPC UA para garantir uma conexão adequada.

Com essa configuração adequada, você está pronto para prevalecer-se ao máximo as capacidades do OPC UA Client e integrar perfeitamente o seu sistema com o servidor OPC UA que roda no CP da Siemens, garantindo uma comunicação fluida e eficaz entre os dispositivos e componentes da sua rede de automação. Na Figura 8 pode-se ver a interface de configuração do Bloco OPC UA Client na plataforma Node-RED, com IP do servidor OPC UA em modo leitura.

Figura 8: Bloco OPC UA Client do Node-RED.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para finalizar o processo de envio dos dados para a plataforma TagoIO, foi empregado o bloco de configuração MQTT Out, denominado Teste. Neste estágio, é crucial configurar os parâmetros necessários na primeira página do bloco para estabelecer a conexão com o servidor da TagoIO.

Essas informações são essenciais para garantir uma conexão segura e confiável com o servidor MQTT da plataforma TagoIO.

Com essa integração bem-sucedida, você pode aproveitar ao máximo as funcionalidades da plataforma TagoIO para monitorar, analisar e gerenciar os dados provenientes de seus dispositivos de forma eficiente e intuitiva. Isso possibilita uma gestão inteligente e eficaz de seus sistemas de automação, contribuindo para melhorias contínuas em seus processos e operações. Na Figura 9 pode-se verificar a configuração do bloco MQTT Out com o endereço do servidor da plataforma TagoIO configurada na aba propriedades.

Figura 9 – Aba propriedades do bloco MQTT Out

Fonte: Elaborado pelo autor

Na aba de segurança do bloco MQTT Out, uma configuração crucial foi realizada. O Token foi inserido no campo de senha. Essa etapa é essencial para garantir que os dados sejam enviados de forma segura e precisa para a plataforma TagoIO, vinculando-os à respectiva device, que é um dispositivo físico ou virtual que irá executar a rotina.

Ao inserir o Token de segurança fornecido pela TagoIO no campo de senha, você assegura que os dados sejam transmitidos com autenticidade e integridade para a plataforma. Esse Token funciona como uma chave de acesso exclusiva, abonando que apenas dispositivos aprovados possam enviar informações para a TagoIO e que esses dados sejam atribuídos à device correta.

Com essa configuração, você está habilitando uma comunicação segura e confiável entre seus dispositivos e a plataforma TagoIO. Isso não só protege seus dados contra acessos não autorizados, mas também garante que eles sejam corretamente associados e processados pela plataforma, proporcionando uma gestão eficaz e confiável dos seus dispositivos IoT.

Na Figura 10 o bloco MQTT Out está configurado com a chave de segurança da device que está alocada no servidor online da TagoIO.

Na plataforma TagoIO, quatro displays foram criados, conforme demonstrado anteriormente na Figura 5. Da mesma forma, foram configuradas quatro devices para receber os dados MQTT, sendo cada uma delas atribuída a uma variável específica.

Figura 10 – Aba segurança do bloco MQTT Out

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa abordagem permite uma organização eficiente dos dados recebidos, garantindo que cada variável seja associada à sua respectiva device. Dessa forma, a plataforma TagoIO pode processar e apresentar os dados de forma clara e organizada nos displays correspondentes, facilitando a visualização e interpretação das informações por parte do usuário.

Essa configuração também simplifica o gerenciamento e o diagnóstico dos dados, uma vez que cada device está responsável por receber e conferir os dados de uma única variável. Isso facilita a identificação de eventuais falhas ou anomalias em um determinado ponto do sistema, permitindo uma resposta rápida e eficaz por parte do operador.

Além disso, ao associar cada variável a uma device específica, a plataforma TagoIO oferece maior flexibilidade e escalabilidade, possibilitando a expansão do sistema e a inclusão de novas variáveis no futuro, conforme necessário. Essa estrutura bem definida e organizada contribui para uma gestão eficiente e confiável dos dados, otimizando assim o desempenho e a operação dos sistemas IoT integrados à plataforma TagoIO.

Na Figura 11 pode-se visualizar as devices configuradas para teste.

Figura 11 - Devices criadas na TagoIO

| | | | |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| <input type="checkbox"/> | nivel | há uma hora | Custom MQTT |
| <input type="checkbox"/> | pressao | há uma hora | Custom MQTT |
| <input type="checkbox"/> | vazao | há uma hora | Custom MQTT |
| <input type="checkbox"/> | temperatura | há uma hora | Custom MQTT |

Fonte: Elaborado pelo autor

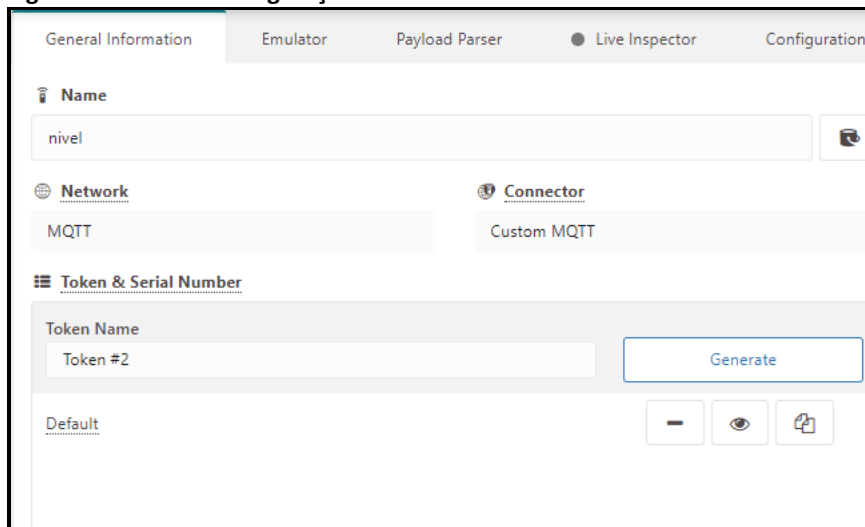
Após a configuração das devices, são gerados os *buckets*, que desempenham o papel de um banco de dados, armazenando e enviando os valores para o dashboard. Cada device é associada a um Token exclusivo, responsável por estabelecer a conexão entre o bloco MQTT Out do Node-RED e a plataforma TagoIO.

Essa relação Token-Device é crucial para garantir a integridade e a segurança dos dados transmitidos. Com essa configuração, cada device tem um canal de comunicação seguro e dedicado com a plataforma TagoIO, garantindo que os dados sejam enviados de forma confiável e precisa. Além disso, os *buckets* fornecem uma estrutura organizada para o armazenamento dos dados, facilitando o acesso e a análise das informações na dashboard.

Essa abordagem robusta e bem estruturada garante uma gestão eficiente dos dados, promovendo a confiabilidade e a escalabilidade do sistema IoT integrado à plataforma TagoIO. Ao estabelecer uma conexão segura entre o Node-RED e a plataforma TagoIO, por meio dos Tokens associados às devices, oferece-se uma solução completa e confiável para a coleta, o armazenamento e a visualização de elementos em tempo real.

Na Figura 12 pode-se verificar o local onde é encontrado e gerado o Token de acesso para cada device.

Figura 12 - Aba de configuração do Token



Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os quatro dados provenientes dos sensores e transmitidos para a plataforma TagoIO online, foram testados com sucesso possibilitando o monitoramento eficaz da planta de tratamento de água.

No entanto, como destacado no artigo, enquanto a versão gratuita da TagoIO atende às necessidades de uma aplicação simples em uma bancada didática, para uma implementação em escala real, é recomendável optar pela versão paga da plataforma, que oferece recursos mais avançados e adaptados às demandas industriais.

Nas imagens abaixo, apresentamos os modelos de sensores empregados na aplicação, os quais transmitem dados para o CP por meio do protocolo *IO-Link*.

É notável a alta confiabilidade na transmissão dos dados, uma vez que este protocolo assegura uma comunicação robusta em rede, minimizando perdas por interferências. Essa fidelidade na transmissão dos dados é crucial para garantir a exatidão e a eficácia do sistema, proporcionando um ambiente de operação confiável e estável. Na Figura 14 pode-se verificar os dados coletados do processo através dos sensores *IO-Link*. A Figura 13 trás a imagem da bancada didática utilizada para testes durante seis meses.

Figura 13 – Imagem da bancada didática



Fonte: Elaborado pelo autor

Durante os testes, foi configurado um cartão de memória com capacidade de 32GB para alojar o sistema operacional Linux, juntamente com a aplicação Node-RED no dispositivo IoT da Siemens. Após inicializá-lo, este demorou aproximadamente de 2 a 3 minutos para que o sistema esteja completamente operando.

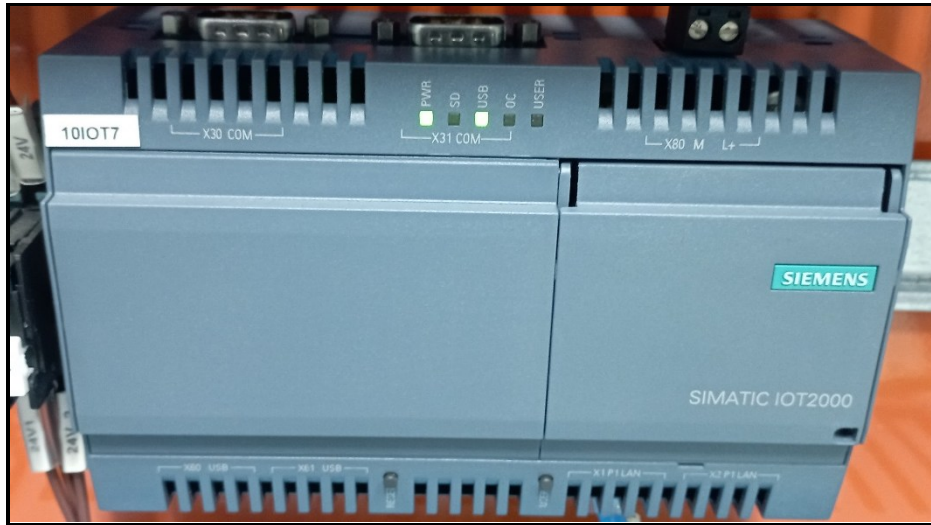
Figura 14 - Sensores IO-Link denível, temperatura e pressão.



Fonte: Elaborado pelo autor

Este tempo é essencial para garantir a inicialização completa de todos os componentes e serviços necessários, assegurando uma integração sem falhas e um desempenho otimizado do sistema. Na Figura 15 visualizamos o IOT 2040 da Siemens, responsável por emular a máquina virtual do Linux na planta industrial.

Figura 15 - IOT 2040 da Siemens.



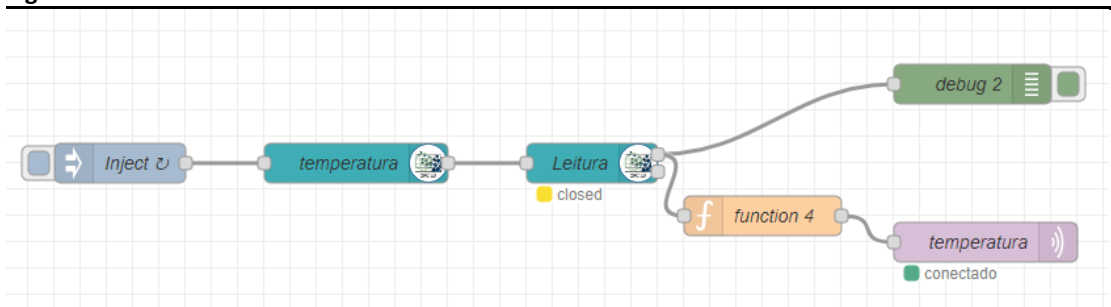
Fonte: Elaborado pelo autor

Após a inicialização do sistema, o *Node-RED* desempenha um papel crucial ao integrar o sistema de automação com o ambiente de TI. Isso é realizado por meio dos nós OPC Item, os quais capturam os dados do servidor OPC executado no CP Siemens, o qual está conectado aos sensores em campo. Utilizando o nó OPC UA Item, o *Node-RED* extrai a variável desejada e a transmite para o nó *OPC UA Client*.

Este último é responsável por encaminhar os dados para o nó MQTT Out, que configura o broker da TagoIO. É esse broker que se encarrega de exibir os dados no dashboard online, proporcionando uma visualização em tempo real das informações coletadas. Essa integração fluida entre os sistemas de automação e TI é essencial para garantir uma operação eficiente e uma tomada de determinação informada em tempo hábil.

Na Figura 16 é mostrada a configuração final de um dos nós utilizados para o envio dos dados da planta para o dashboard da plataforma TagoIO.

Figura 16 - Nó de tratamento dos dados no Node-RED



Fonte: Elaborado pelo autor

Durante os testes, constatou-se a necessidade de implementar um bloco de função para manipular os dados antes de enviá-los para o TagoIO. Neste contexto, foi configurada uma função simples para garantir a conformidade com os padrões de leitura estabelecidos pelo protocolo MQTT, conforme mostra a Figura 17.

Figura 17 - Configuração do bloco de função "function 4"

```

1  var planta = [
2      {
3          "variable": "temperatura",
4          "value": msg.payload,
5      }
6  ]
7  msg.payload = planta;
8  return msg;

```

Fonte: Elaborado pelo autor

A sincronização dos dados foi configurada para atualizar o dashboard da plataforma TagoIO a cada 1 minuto, garantindo uma visão sempre atualizada do sistema.

Esse ciclo contínuo de atualização é fundamental para munir informações em tempo real, deixando um monitoramento preciso e uma resposta ágil a qualquer mudança nas condições do sistema. Essa integração entre o Node-RED e a plataforma TagoIO exemplifica a eficácia da automação em garantir uma gestão eficiente e proativa dos dados dos sensores.

Na Figura 18 verifica-se a interação do Node-RED com a planta e com a plataforma TagoIO simultaneamente.

Figura 18 - Dados sincronizados do Node-RED

```

14/03/2024, 21:39:25  nó: debug 2
ns=4;i=5 : msg.payload : number
25

14/03/2024, 21:39:25  nó: debug 1
ns=4;i=7 : msg.payload : number
0

14/03/2024, 21:39:25  nó: debug 3
ns=4;i=8 : msg.payload : number
0.16999998688697815

14/03/2024, 21:39:25  nó: debug 4
ns=4;i=6 : msg.payload : number
420

14/03/2024, 21:40:25  nó: debug 2
ns=4;i=5 : msg.payload : number
25

14/03/2024, 21:40:25  nó: debug 1
ns=4;i=7 : msg.payload : number
0

14/03/2024, 21:40:25  nó: debug 3
ns=4;i=8 : msg.payload : number
0.16999998688697815

14/03/2024, 21:40:25  nó: debug 4
ns=4;i=6 : msg.payload : number
420

```

Fonte: Elaborado pelo autor

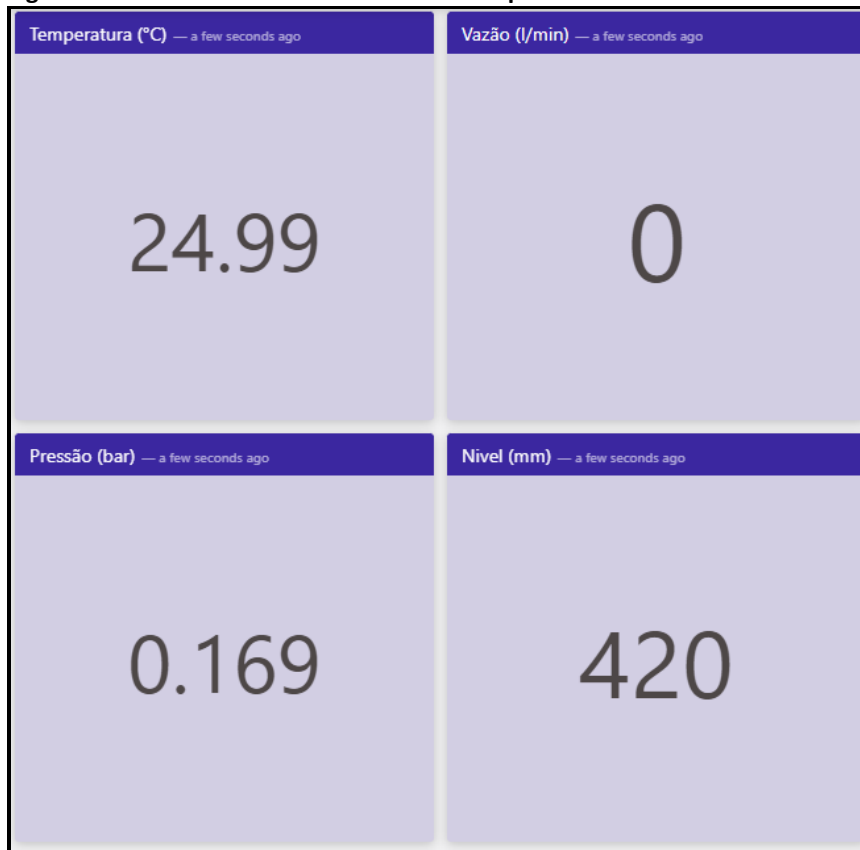
Na Figura 19, observa-se os dados apresentados no dashboard final do projeto. No dashboard é mostrada uma representação visual das quatro grandezas fundamentais medidas durante o processo de simulação de tratamento de água. Essa visualização oferece uma perspectiva abrangente e intuitiva do desempenho do sistema, permitindo uma análise rápida e precisa das condições operacionais.

Com essa capacidade de monitoramento em tempo real, os operadores têm à disposição ferramentas poderosas para identificar tendências, detectar anomalias e tomar decisões para otimizar ainda mais o processo de tratamento de água. Esse dashboard final exemplifica o compromisso com a nobreza e a eficiência na gestão de recursos hídricos, contribuindo para um futuro mais sustentável.

É importante ressaltar que os testes foram conduzidos com uma aplicação de pequena escala, resultando em um volume reduzido de dados transmitidos. Para aplicações em larga escala, é essencial considerar uma melhoria na velocidade da Internet, pois o envio de grandes volumes de dados demanda uma maior largura de banda.

Foram enviados 4 conjuntos de dados do tipo real para os testes, incluindo vazão em litros por minuto, pressão em bar, temperatura em graus Celsius e nível em centímetros. Essa diversidade de dados permite uma análise abrangente do desempenho da planta de tratamento de água e facilita a detecção de possíveis problemas operacionais.

Figura 19: Dados sincronizados do Node-RED para a TAGO.



Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

Em suma, os quatro dados dos sensores foram transmitidos com sucesso para a plataforma online TagoIO, sendo realizado durante o tempo de seis meses, garantindo a confiabilidade de transmissão dos dados, viabilizando um monitoramento eficaz da planta de tratamento de água e atendendo aos objetivos de garantir visibilidade em tempo real do processo. A integração com a nuvem possibilitou a análise contínua das variáveis do sistema, contribuindo para uma gestão mais eficiente e baseada em dados.

Observou-se, no entanto, que a versão gratuita da plataforma TagoIO é mais adequada para aplicações didáticas e de pequena escala. Para aplicações industriais em larga escala, recomenda-se a adoção da versão paga da plataforma ou de soluções mais robustas, como a Amazon Web Services (AWS), que oferece escalabilidade, maior capacidade de processamento e recursos avançados de segurança e automação.

Durante os testes, foi utilizada uma configuração com cartão de memória de 32 GB para hospedar o sistema operacional Linux e a aplicação Node-RED no dispositivo IoT da Siemens. Essa configuração apresentou um tempo de inicialização de aproximadamente 2 a 3 minutos até que o sistema estivesse totalmente operacional. Além disso, por se tratar de uma aplicação em pequena escala, o volume de dados transmitidos foi limitado, o que permitiu o uso de uma conexão de internet padrão. Contudo, para implantações em ambientes industriais, será necessário considerar o uso de conexões com maior largura de banda, a fim de garantir a transmissão eficiente de grandes volumes de dados.

Por fim, o sistema demonstrou seu potencial para monitorar, e posteriormente gerar alarmes em tempo real, permitindo intervenções rápidas e contribuindo diretamente para a prevenção de falhas no processo de tratamento de água. Com base nos resultados obtidos, recomenda-se a continuidade do projeto com foco em sua aplicação em ambientes reais, aproveitando os benefícios da IoT para promover uma gestão mais segura, eficiente e sustentável dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AMAZON WEB SERVICES - AWS. **O que é a Internet das Coisas (IoT)?** 2024a. Disponível em: [https://aws.amazon.com/pt/what-is/iot/#:~:text=o%20AWS%20IoT-,O%20que%20%C3%A9%20a%20Internet%20das%20Coisas%20\(IoT\)%3F,como%20entre%20os%20pr%C3%B3rios%20dispositivos](https://aws.amazon.com/pt/what-is/iot/#:~:text=o%20AWS%20IoT-,O%20que%20%C3%A9%20a%20Internet%20das%20Coisas%20(IoT)%3F,como%20entre%20os%20pr%C3%B3rios%20dispositivos) . Acesso em: 03 mar. 2024.

AMAZON WEB SERVICES - AWS. **O que é MQTT?** 2024b. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/mqtt/#:~:text=O%20MQTT%20%C3%A9%20um%20protocolo,comunica%C3%A7%C3%A3o%20de%20computador%20para%20computador> . Acesso em: 03 mar. 2024.

BOTELHO, Rodrigo Sousa *et al.* Sistema IoT para monitoramento de bombeamento de efluentes. **Revista Brasileira de Mecatrônica**, v. 5, n. 3, p. 62-79, 2023. Disponível em: <https://revistabrmecatronica.sp.senai.br/ojs/index.php/revistabrmecatronica/article/view/149> . Acesso em: 14 mai. 2025.

BRK. **Nossa atuação em Caçador**. 2024. Disponível em:
<https://www.brkambiental.com.br/nossa-atuacao>. Acesso em: 04 mar. 2024.

EMERSON. **Medição de nível**. 2024a. Disponível em: <https://www.emerson.com/pt-br/automation/measurement-instrumentation/level> . Acesso em: 14 mai. 2024.

EMERSON. **Medição de vazão por vórtice**. 2024b. Disponível em:
<https://www.emerson.com/pt-br/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/about-vortex> . Acesso em: 12 mar. 2024.

FERNANDES JÚNIOR, R. F. **Identificação remota de plantas industriais utilizando tecnologias OPC e Cyberopc**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001741666> . Acesso em: 14 mai. 2025.

IFM. **Sensores de pressão / Sensores de vácuo**. 2024a. Disponível em:
https://www.ifm.com/br/pt/category/200_020_010?_gl=1*cstlun*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQjw-r-vBhC-ARIsAGgUO2Amse0rnD6OV3jvjb-9hC__6c8IJKD8mv68AP2gQZspiKVUztNEMWMAh6YEALw_wcB . Acesso em: 12 mar. 2024.

IFM. **Sensores de temperatura**. 2024b. Disponível em:
https://www.ifm.com/br/pt/category/200_020_040?_gl=1*1gu8k*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQjw-r-vBhC-ARIsAGgUO2Amse0rnD6OV3jvjb-9hC__6c8IJKD8mv68AP2gQZspiKVUztNEMWMAh6YEALw_wcB. Acesso em: 18 out. 2024.

IFM. **Visão geral do sistema IO-LINK**. 2024c. Disponível em:
https://www.ifm.com/br/pt/shared/technologien/io-link/systemueberblick/visao-geral-do-sistema-io-link?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwl4yyBhAgEiwADSEjeBbbGkzricdtuPVSmNSa4KdS3q_-RwJJz8S_JllqaX3pDZr0XTbBphoCcMoQAvD_BwE. Acesso em: 03 mar. 2023.

OPC FOUNDATION. **Unified architecture**. 2024. Disponível em:
<https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>. Acesso em: 12 mar. 2024.

OPENJS FOUNDATION. **Node-RED**. 2024. Disponível em: <https://nodered.org/>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ORACLE. **O que é Linux?** 2024. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/linux/what-is-linux/>. Acesso em: 12 mar. 2024.

SABESP. **Tratamento de água**. 2024. Disponível em:
<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>. Acesso em: 03 mar. 2023.

SIEMENS. **Siemens apresenta novidades do TIA Portal V15**. 2024. Disponível em: [https://new.siemens.com/br/pt/empresa/release/siemens-apresenta-novidades-do-tia-portal-v15.html#:~:text=O%20TIA%20Portal%20\(Totally%20Integrated,e%20intuitiva%20usando%20configura%C3%A7%C3%B5es%20eficientes](https://new.siemens.com/br/pt/empresa/release/siemens-apresenta-novidades-do-tia-portal-v15.html#:~:text=O%20TIA%20Portal%20(Totally%20Integrated,e%20intuitiva%20usando%20configura%C3%A7%C3%B5es%20eficientes). Acesso em: 09 mar. 2024.

XAVIER, R. C. O que é a plataforma TagoIO? 29 janeiro 2019. **Blog da KHOMP**. Disponível em: <https://www.khomp.com/pt/tagoio-solucao-iot/#:~:text=TagoIO%20%C3%A9%20uma%20plataforma%20web,IoT%20conectados%20%C3%A0%20sua%20rede> . Acesso em: 03 mar. 2024.

YANG, C.; SHEN, W.; WANG, X. The internet of things in manufacturing: key issues and potential applications. **IEEE Systems, Man, & Cybernetics Magazine**, v. 4, n. 1, p. 6-15 jan. 2018.

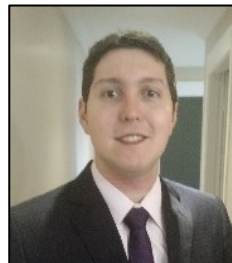
Sobre os Autores:

ⁱ Marcos Leandro Rossa Pontes



Ministra aulas no SENAI SC nas áreas de eletrotécnica, automação e mecânica, é gestor de manutenção elétrica. Tem experiência em projetos mecânicos, elétricos e de automação industrial, com domínio de softwares como SolidWorks, TIA Portal e ePlan. É graduado e especializado em engenharia de controle e automação e em engenharia de segurança do trabalho respectivamente. <https://orcid.org/0009-0006-9005-2884>

ⁱⁱ Thiago Tadeu Amici



Ministra aulas na Faculdade SENAI em cursos voltados à Indústria 4.0 e assessora projetos industriais no Instituto SENAI. Atua como integrador em projetos de destaque nacional e internacional, com experiência em automação, mecatrônica, robótica e implantação de linha de produção na Itália e no Brasil. <https://orcid.org/0009-0002-1800-4854>

iii Murilo Torres de Oliveira

Mestrando em Engenharia Mecânica pelo IFSP, com pós-graduação em Automação e Indústria 4.0. É professor na Escola SENAI Armando de Arruda Pereira nos cursos de mecatrônica e pós-graduação. Engenheiro de Controle e Automação, com experiência em automação, mecatrônica e robótica, voltado para aplicações industriais: <https://orcid.org/0009-0000-8716-3635>

iv Thiago Leite de Almeida

Mestrando em Engenharia Mecânica pelo IFSP, com graduação em Mecatrônica Industrial (2014) e especialização em Indústria 4.0 (2021). É coordenador técnico na Faculdade SENAI de Mecatrônica em São Caetano do Sul, com experiência em automação, redes industriais, robótica e sistemas eletrônicos. <https://orcid.org/0000-0002-5271-8925>