



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

SIMULAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS COM FACTORY I/O E CONTROLE REMOTO VIA TELEGRAM

SIMULATION OF INDUSTRIAL PROCESSES WITH FACTORY I/O AND REMOTE CONTROL VIA TELEGRAM

Rhavi Gonçalves de Borba^{1, i}
Thiago Tadeu Amici^{2, ii}
Murilo Torres de Oliveira^{3, iii}
Thiago Leite de Almeida^{4, iv}

Data de submissão: (30/05/2025) Data de aprovação: (25/10/2025).

RESUMO

Este estudo de caso explora a aplicação da Indústria 4.0 no controle de processos industriais, utilizando uma combinação de *softwares* e simuladores acessíveis no ambiente educacional. O estudo demonstra a viabilidade de simular um processo industrial na plataforma Factory I/O, integrando-o ao Controlador Programável (CP). Como o CP pode ser acionado via aplicativo Telegram através da leitura e escrita de variáveis disponíveis na rede *Open Platform Communications - Unified Architecture* (OPC UA), isto cria um ambiente de aprendizado imersivo e acessível para estudantes e profissionais da área. Além disto, a simulação na Factory I/O proporciona um ambiente virtual realista para experimentação. No estudo de caso exposto neste trabalho, o CP controla uma esteira transportadora, enquanto a integração com o Telegram permite o controle remoto do processo por comandos simples. Os resultados demonstram a viabilidade da proposta criando um ambiente de aprendizado imersivo e acessível para estudantes e profissionais da área. A esteira responde aos comandos com precisão, evidenciando o potencial da integração de tecnologias para o controle de processos. Conclui-se que através do uso de ferramentas digitais acessíveis é possível criar situações de aprendizagem voltadas a aplicações no contexto da Indústria 4.0. A integração de tecnologias abre novas possibilidades para o ensino e a prática do controle de processos industriais, além de contribuir para a formação de profissionais qualificados para a indústria do futuro.

¹ Mestre em Engenharia Elétrica. Tutor EaD da Rede Digital SENAI/SC. Pós-graduado em Indústria 4.0 na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: rhavi.borba@edu.sc.senai.br

² Mestre em Controle e Automação de Processos. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. 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: Indústria 4.0; simulação; controle de processos industriais; educação profissional.

ABSTRACT

This case study explores the application of Industry 4.0 in industrial process control, using a combination of software and simulators accessible in the educational environment. The study demonstrates the feasibility of simulating an industrial process on the Factory I/O platform, integrating it with the Programmable Controller (PC). Since the PC can be activated via the Telegram application by reading and writing variables available on the Open Platform Communications - Unified Architecture (OPC UA) network, this creates an immersive and accessible learning environment for students and professionals in the field. In addition, the simulation on Factory I/O provides a realistic virtual environment for experimentation. In the case study presented in this work, the PC controls a conveyor belt, while the integration with Telegram allows remote control of the process by simple commands. The results demonstrate the feasibility of the proposal. The belt responds to the commands accurately, highlighting the potential of integrating technologies for process control. It is concluded that through the use of accessible digital tools it is possible to create learning situations focused on applications in the context of Industry 4.0. The integration of technologies opens up new possibilities for teaching and practicing industrial process control, in addition to contributing to the training of qualified professionals for the industry of the future.

Keywords: Industry 4.0; simulation; industrial process control; professional education.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Problema de pesquisa

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre a aplicação da Indústria 4.0 no controle de processos industriais utilizando *softwares* acessíveis, que apesar de não serem totalmente gratuitos (*open source*), possuem um período de teste gratuito limitado. A pesquisa visa demonstrar como a simulação e integração de ferramentas digitais podem ser utilizadas para criar um ambiente de aprendizagem imersivo e acessível para estudantes e profissionais da área, promovendo a democratização do conhecimento e a capacitação para a indústria do futuro.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é explorar a implementação de um processo industrial aplicando algumas tecnologias habilitadoras da quarta revolução industrial através de softwares simuladores e de integração a fim de verificar sua usabilidade em práticas educacionais da Indústria 4.0. O trabalho ainda busca os seguintes objetivos específicos:

- a) Utilizar um software de CP gratuito atuando de modo virtual
- b) Utilizar um ambiente virtual imersivo 3D de um processo industrial
- c) Realizar a integração do CP com dispositivos na nuvem através da rede OPC UA
- d) Controlar o processo industrial virtual através da rede Modbus TCP.
- e) Receber comandos de controle de processo através do Telegram.

1.3 Justificativa

A utilização de softwares mais acessíveis para simulação e integração de sistemas da Indústria 4.0 apresenta inúmeras vantagens como:

- a) Redução de custos: Permite que estudantes e profissionais aprendam sobre as tecnologias da Indústria 4.0 sem a necessidade de investir em softwares privados, tornando a educação mais acessível, democrática e escalável.
- b) Hands-on: O uso de softwares permite que professores da escola profissional sejam capazes de ensinar através de situações de aprendizagem que simulam ambientes industriais reais proporcionando uma visão prática da indústria 4.0.
- c) Flexibilidade na experimentação: Os softwares de simulação e controle oferecem grande flexibilidade para criação de cenários e experimentos, permitindo a personalização da aprendizagem de acordo com as necessidades específicas de cada contexto curricular.

A utilização de softwares como ferramenta de ensino e aprendizagem pode contribuir para a formação de profissionais mais qualificados para a indústria do futuro, além de estimular o desenvolvimento de novos modelos de negócios na área da educação.

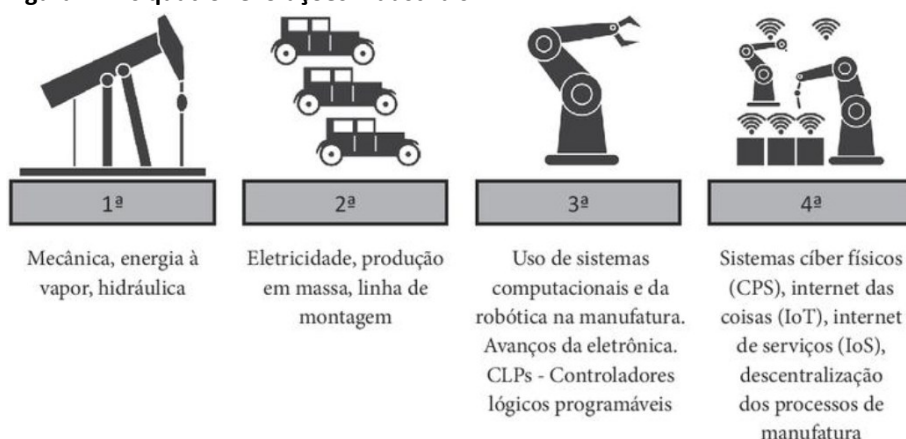
2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Indústria 4.0

A indústria é um dos principais eixos que movem a economia e o desenvolvimento social de um país. Desta forma, é imprescindível que como a sociedade, a indústria também passe por processos de evolução e reestruturação. A evolução da indústria se dá principalmente pelas tecnologias que a configuram.

Hoje, o mundo está se direcionando para a chamada quarta revolução industrial ou Indústria 4.0. Desta forma, a Indústria 4.0 possui características distintas dos demais momentos históricos. A Figura 1 demonstra a evolução da indústria e suas principais características tecnológicas.

Figura 1 - As quatro revoluções industriais



Fonte: Sátyro *et al.* (2018)

De modo detalhado, as tecnologias habilitadoras para a Indústria 4.0 podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2 - Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: ABDI (2017)

Além das tecnologias habilitadoras, a Indústria 4.0 apresenta características distintas de produção e possibilidades de execução. Segundo Bartodziej (2017), a Indústria 4.0 se apresenta como solução a algumas megatendências como a produção de produtos individualizados, volatilidade dos mercados e seus processos e eficiência energética. Logo o artigo se utiliza da tecnologia habilitadora denominada Simulações para criar um ambiente de aprendizado imersivo e acessível para estudantes e profissionais da área.

2.2 Tecnologias utilizadas

2.2.1 *Factory I/O*

Factory I/O é um software de simulação 3D de plantas industriais. Segundo Factory I/O (2024), este software é utilizado para aprender tecnologias de automação. Criado visando facilidade de uso, possibilita a rápida construção de uma fábrica virtual através de uma variedade de peças industriais comuns. Além disso, o Factory I/O oferece diversas cenas inspiradas em aplicações industriais típicas, abrangendo níveis de dificuldade desde iniciante até avançado.

Uma das grandes vantagens do Factory I/O é a comunicação em rede com demais dispositivos como CPs e microcontroladores em diferentes protocolos de rede como por exemplo, a rede Modbus TCP que está sendo utilizado neste artigo.

O Factory I/O possui uma variedade de materiais educacionais como guias introdutórios, manuais, tutoriais e exemplos que facilitam o estudo e aplicação deste software para o aprendizado na automação.

2.2.2 *CODESYS*

O CODESYS é uma plataforma de desenvolvimento e controle aplicada à automação industrial. Sua plataforma permite o gerenciamento via software para CPs (de acordo com a IEC 61131-3) ou sistemas de automação em geral.

Segundo CODESYS (2025), sua plataforma permite a fácil adaptação a diferentes requisitos e ambientes realizando a customização e expansão da interface do usuário através de módulos plug-in específicos do fabricante, tais como modelos, editores, configuradores e

assistentes, garantindo adaptabilidade e flexibilidade. Além disso, permite a incorporação em arquiteturas de sistemas preexistentes por meio de interfaces ou padrões proprietários otimizados, como OPC / OPC UA, facilitando a integração e interoperabilidade. Logo toda a parte lógica de programação da esteira é realizada pelo CP virtual gerado pelo CODESYS.

2.2.3 Node-RED

O Node-RED é uma ferramenta de programação low-code de código aberto utilizada para aplicações orientadas a eventos, sendo uma ótima opção para a integração de sistemas. Segundo OpenJS Foundation (2025), é possível integrar dispositivos variados como hardware, *Application Programming Interface* (APIs) e serviços online.

Suas funções podem ser criadas e programadas na linguagem Java-Script e seu tempo de execução é leve, pois é desenvolvido em Node.js.

Segundo OpenJS Foundation (2025), sua operação pode ser realizada localmente, embarcada em um dispositivo ou na nuvem.

Segundo *Passe et al.* (2017), o Node-RED se apresenta como uma ótima opção no estudo de desenvolvimento de aplicações, principalmente voltadas à *Internet of Things* (IoT), pois a ferramenta apresenta uma série de recursos que facilita o seu aprendizado e integração.

Logo neste artigo o Node-RED tem a função de integrar o Telegram com o servidor OPC UA gerado pelo CP virtual no CODESYS.

2.2.4 Rede OPC UA

A rede OPC UA foi lançada em 2008 como uma melhoria na rede OPC clássica atendendo a novos requisitos de modelagem de dados e segurança.

Segundo a OPC Foundation (2025), a rede OPC UA possui as mesmas especificações de comunicação da rede OPC comum, além disso, existe uma independência de plataforma onde vários dispositivos podem ser conectados. Outro ponto importante da rede OPC UA é a segurança oferecendo tecnologias de criptografia, autenticação e auditoria.

Segundo Bálamo, Lima e Filev (2017, p.1), o padrão OPC UA promove a comunicação desde dispositivos embarcados até estruturas baseadas em solução em nuvem.

As características de segurança e conectividade da rede OPC UA atende a algumas das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 como cibersegurança, integração de sistemas, simulação, computação em nuvem e internet das coisas, e por isso foi escolhido como protocolo de comunicação com o Telegram.

2.3 Trabalhos correlatos

Mundar, Kovačič e Župerl (2024) utilizam o software Factory I/O como simulador integrado ao MATLAB como controlador, além do protocolo Modbus TCP, demonstrando a importância das tecnologias utilizadas para aprimorar a eficiência operacional e a agilidade em ambientes industriais. Diferente deste, cuja aplicação da tecnologia de simulação foi no ambiente industrial, Mora-Salinas e Hernández (2022) propõe cinco estratégias de ensino usando o Factory I/O, MATLAB e Modbus TCP no ensino.

Salah et al. (2023) aplicam o simulador Factory I/O para implementar as tecnologias da Indústria 4.0, numa fábrica real com sistema de enchimento de iogurte, junto com o GRAFCET Studio como controlador, chegando à conclusão que comparando os resultados do sistema simulado com o real, os resultados simulados são aproximadamente 90% precisos.

Setiana *et al.* (2024) usa o simulador Factory I/O integrado ao CP Siemens S7-1200 como controlador, para verificar e otimizar o sistema de classificação de materiais por meio de simulação 3D, medindo os ciclos antes da implementação do projeto.

Estes artigos citados demonstram a importância do Factory I/O como simulador para soluções industriais reais e para o ensino, além da relevância das tecnologias utilizadas. Diferente dos autores citados nos trabalhos correlatos, neste artigo o controlador é CP virtual do CODESYS que será acionado via Telegram integrado ao Node-RED. Similar a eles, este controlador será integrado ao simulador Factory I/O, utilizando o protocolo Modbus TCP.

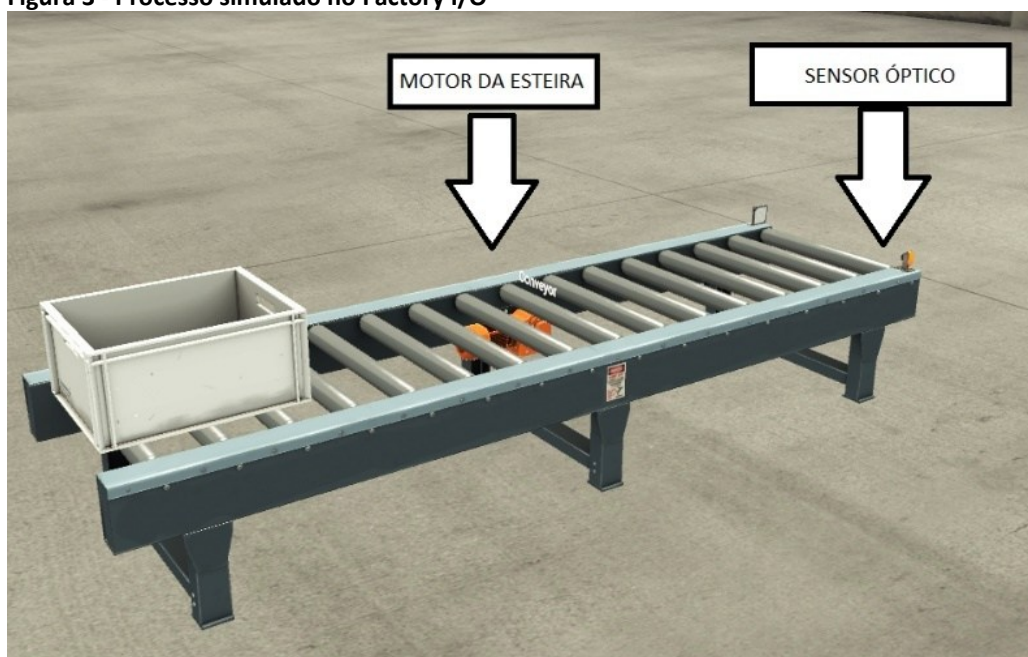
Logo o objetivo desta integração é seu uso para o ensino de tecnologias acessíveis voltadas para a Indústria 4.0.

3. METODOLOGIA

3.1 Descrição do processo simulado

O processo simulado neste artigo se trata de um exemplo de planta industrial disponível no software Factory I/O. Trata-se de uma esteira transportadora que desloca uma caixa de um ponto a outro. A esteira é acionada por um motor industrial, que deve parar quando a caixa chega ao final do seu curso onde há um sensor óptico. Para controlar o processo, o CP virtual presente no software CODESYS aciona as variáveis “sensor” e “esteira” na rede Modbus TCP. A Figura 3 mostra o processo a ser simulado no Factory I/O.

Figura 3 - Processo simulado no Factory I/O



Fonte: Elaborada pelo autor

3.2 Arquitetura do sistema

A simulação apresentada funciona mediante comandos dados pelo usuário em comunicação com um chatbot do Telegram. O usuário pode gerar três principais comandos:

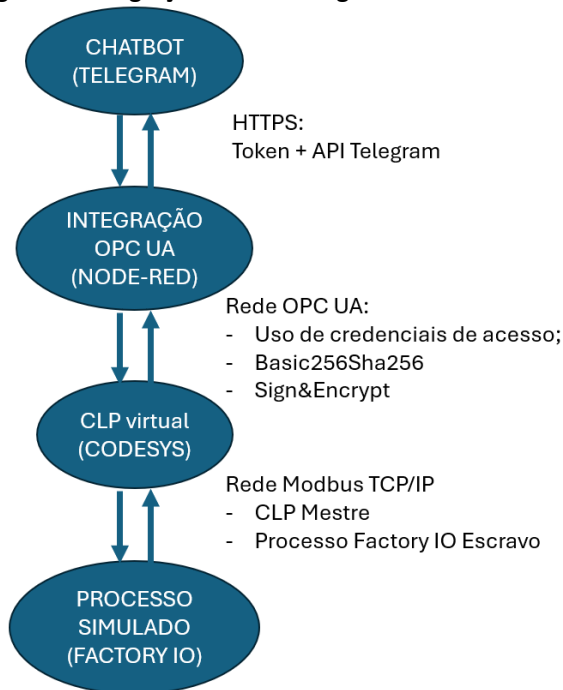
- a) Iniciar: O comando iniciar irá ligar o motor da esteira, independentemente da posição da caixa na esteira, exceto quando estiver na posição final, onde o sensor nunca deixa a esteira ligar.

- b) Parar: O comando parar irá parar a esteira a qualquer momento.
- c) Status: O comando status irá ler a situação da esteira no processo, podendo trazer três distintos estados (processo desligado, processo em andamento ou processo finalizado).

Os três comandos do Telegram são responsáveis pela leitura e/ou escrita de variáveis do CP virtual na rede OPC UA. O CP virtual funciona como um servidor OPC UA e disponibiliza três variáveis para se comunicar na rede. A integração da rede OPC UA é realizada pelo Node-RED que integra o servidor OPC UA com os comandos do Telegram.

A Figura 4 representa toda a integração do processo.

Figura 4 - Integração das tecnologias

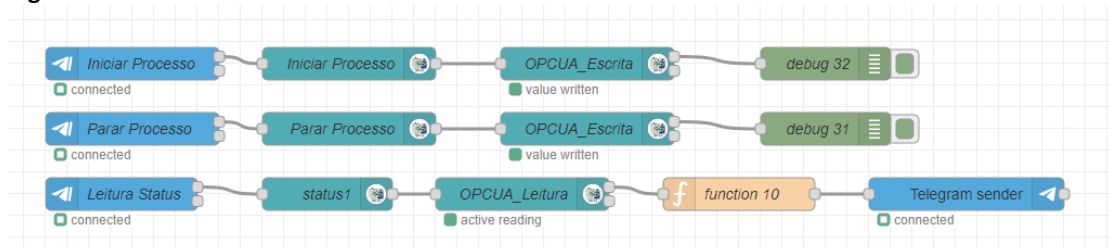


Fonte: Elaborada pelo autor

3.3 Implementação

Como visto anteriormente, a implementação do processo levou em consideração vários softwares. A Figura 5 detalha a implementação do fluxo de comando no Node-RED.

Figura 5 - Fluxo no Node-RED



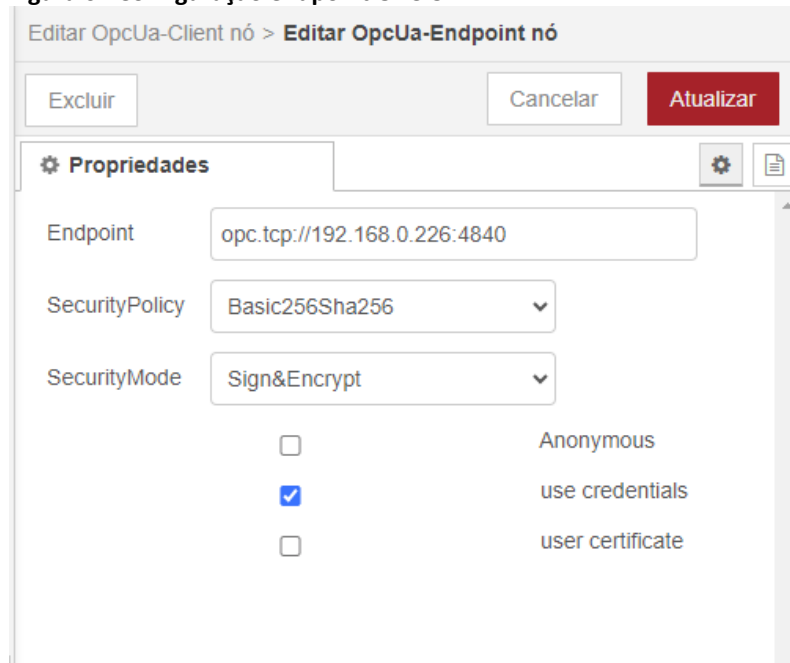
Fonte: Elaborada pelo autor

É possível observar que o comando do Telegram permite que as variáveis do processo sejam enviadas ao CP via rede OPC UA através de um comando de escrita (OPCUA_Escrita).

Na última linha do fluxo do Node-RED é possível observar que a variável que contém o status do processo (status1) é lida na rede OPC UA e enviada ao Telegram.

Nos blocos de escrita e leitura das variáveis disponíveis na rede OPC UA é necessário configurar o *endpoint* do servidor bem como suas características de segurança. A figura 6 demonstra como essas configurações foram realizadas.

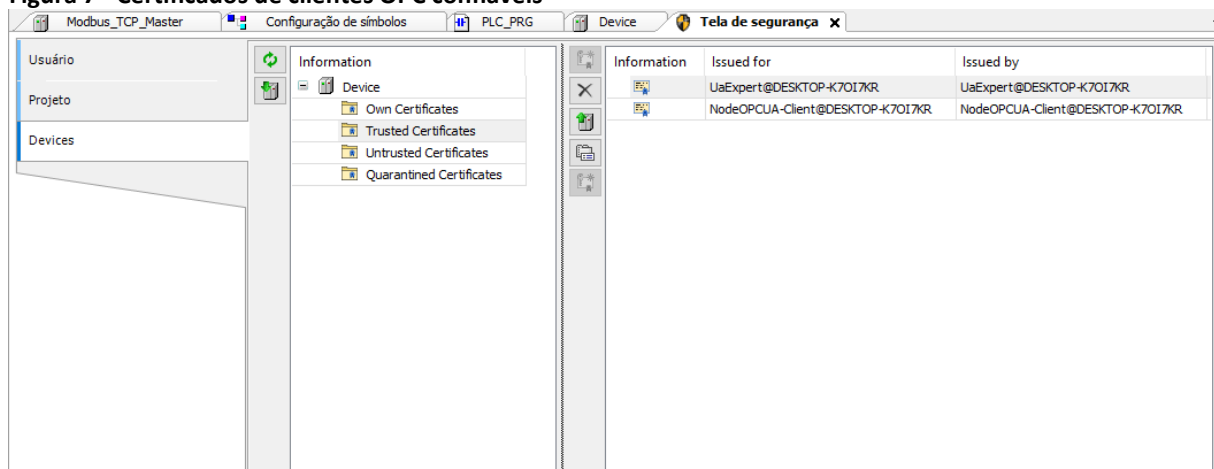
Figura 6 - Configuração endpoint OPC UA



Fonte: Elaborada pelo autor

É importante notar que a política de segurança da rede OPC UA é baseada na emissão de certificados confiáveis aos clientes para proteção e criptografia dos dados. Essa configuração é realizada no OPC UA Server, gerado no CP Virtual do CODESYS, conforme mostra a figura 7.

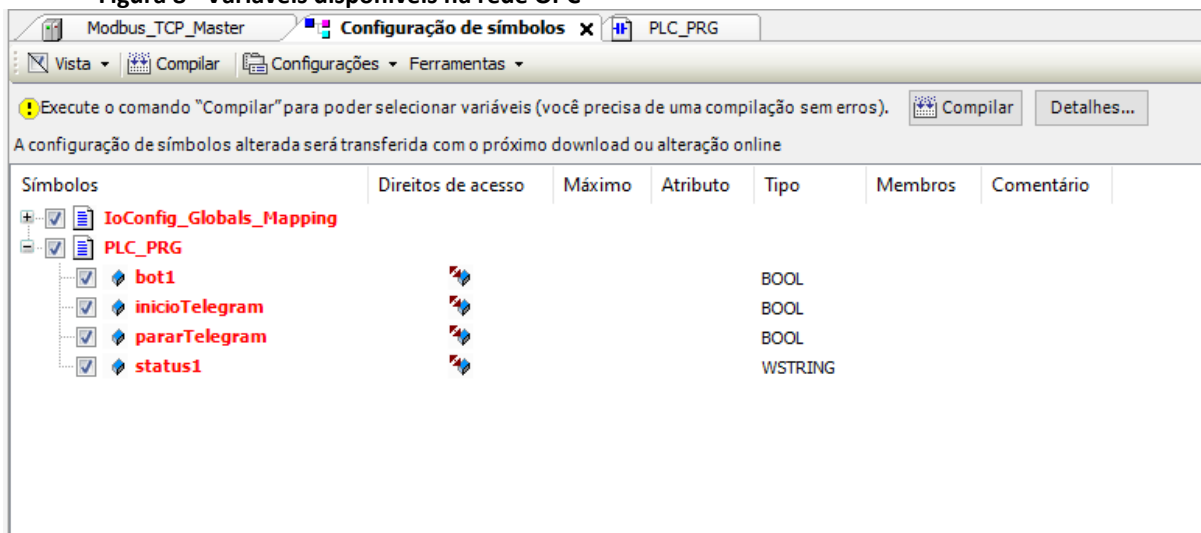
Figura 7 - Certificados de clientes OPC confiáveis



Fonte: Elaborada pelo autor

Para que as variáveis sejam lidas ou escritas, é necessário que estas estejam disponíveis na rede OPC UA. Esta configuração é feita durante a configuração no OPC UA Server conforme mostra a Figura 8.

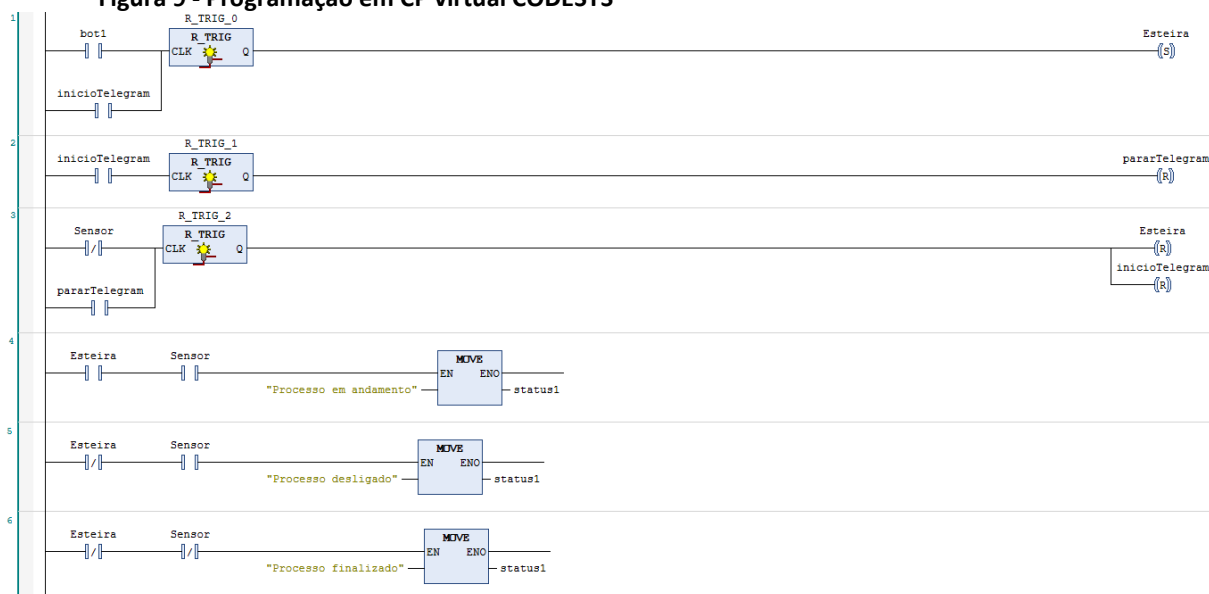
Figura 8 - Variáveis disponíveis na rede OPC



Fonte: Elaborada pelo autor

Além das configurações de rede e segurança realizadas, é importante que o CP virtual do CODESYS seja devidamente programado. Neste artigo foi utilizada a linguagem Ladder para a programação do CP virtual. A figura 9 demonstra a programação realizada.

Figura 9 - Programação em CP virtual CODESYS



Fonte: Elaborada pelo autor

Na linha 1, pode-se verificar que para ligar a esteira, deve-se pressionar um botão ou dar início ao comando via Telegram.

Na linha 2, percebe-se que o comando “inicioTelegram” desliga o comando “pararTelegram”, evitando conflitos entre os comandos de iniciar e parar a esteira.

Na linha 3, são configuradas as condições de parada da esteira, que ocorrem através do comando “pararTelegram” ou através do Sensor presente no fim da esteira do processo no Factory I/O.

Nas linhas 4, 5 e 6, mensagens diferentes são enviadas para a variável “status1” dependendo do estado em que o processo se encontra.

Na linha 4, a mensagem enviada para status1 é “Processo em andamento”. O processo está em andamento quando a Esteira está ligada e o Sensor ainda não foi ativado.

Na linha 5, a mensagem enviada para status1 é “Processo desligado”. O processo está desligado quando a Esteira está desligada e o Sensor ainda não foi ativado.

Na linha 6, a mensagem enviada para status1 é “Processo finalizado”. O processo está finalizado quando a Esteira está desligada e o Sensor foi ativado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação do processo industrial foi realizada com sucesso. O CP virtual foi capaz de controlar o funcionamento da esteira transportadora de acordo com os comandos enviados através do Telegram. O Node-RED integrou o CP virtual com o Telegram de forma eficiente, permitindo o controle do processo de forma remota.

As imagens a seguir mostram o processo industrial sendo operado através do Telegram. Na Figura 10 é possível verificar que o processo não iniciou. Desta forma, ao pedir o comando “status” via Telegram, a mensagem “Processo desligado” presente na variável “status1” do CP é enviada ao chatbot do Telegram. Desta forma, pode-se verificar que o processo se encontra desligado.



Fonte: Elaborada pelo autor

Na Figura 11 é possível verificar que o comando “iniciar”, inserido no Telegram, irá acionar a variável “iniciarTelegram” do CP virtual comandando o acionamento da variável “Esteira”. Logo, a esteira do processo virtual no Factory I/O irá ligar e começar a movimentar a caixa.

Figura 11 - Comando iniciar



Fonte: Elaborada pelo autor

Na Figura 12, ao digitar “status” no chatbot do Telegram com a esteira ligada, a variável “status1” armazena a mensagem “Processo em andamento” e envia esta mensagem ao chatbot do Telegram evidenciando que o processo está em plena operação.

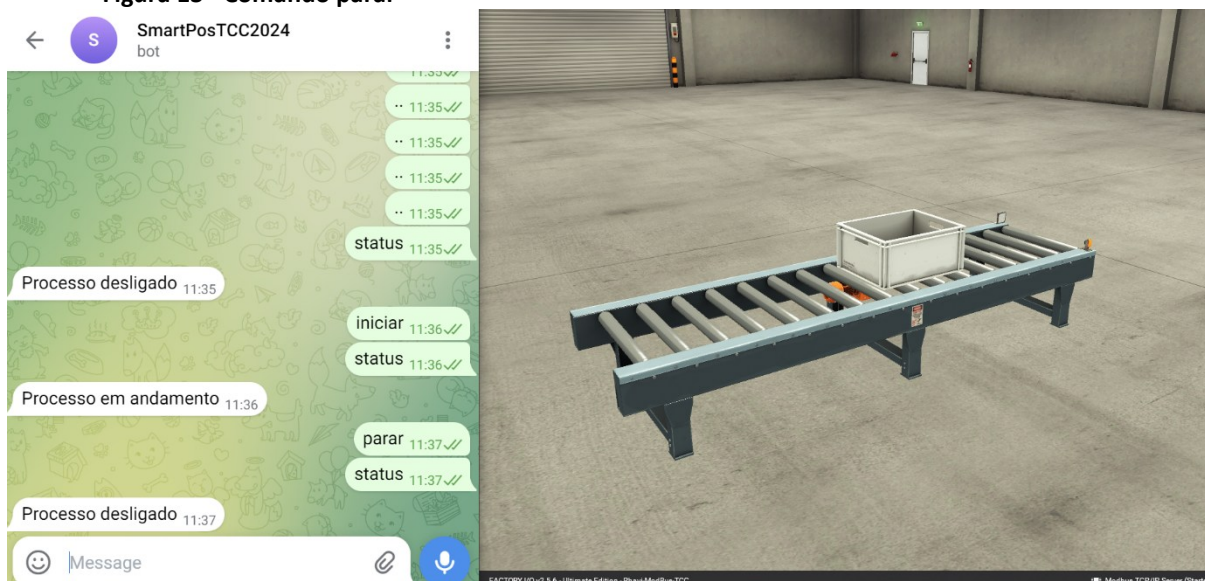
Figura 12 - Comando status com o processo em andamento



Fonte: Elaborada pelo autor

Na Erro! Autoreferência de indicador não válida. é possível observar que o operador envia uma mensagem de comando “parar” ao chatbot do Telegram, desta forma, a variável “pararTelegram” do CP virtual será acionada e irá desligar a variável “Esteira”. Desta forma o CP virtual irá comandar a parada da esteira no processo virtual no Factory I/O. Além disso, ao pedir o status da esteira via chatbot do Telegram, este irá retornar a mensagem “Processo desligado”.

Figura 13 - Comando parar

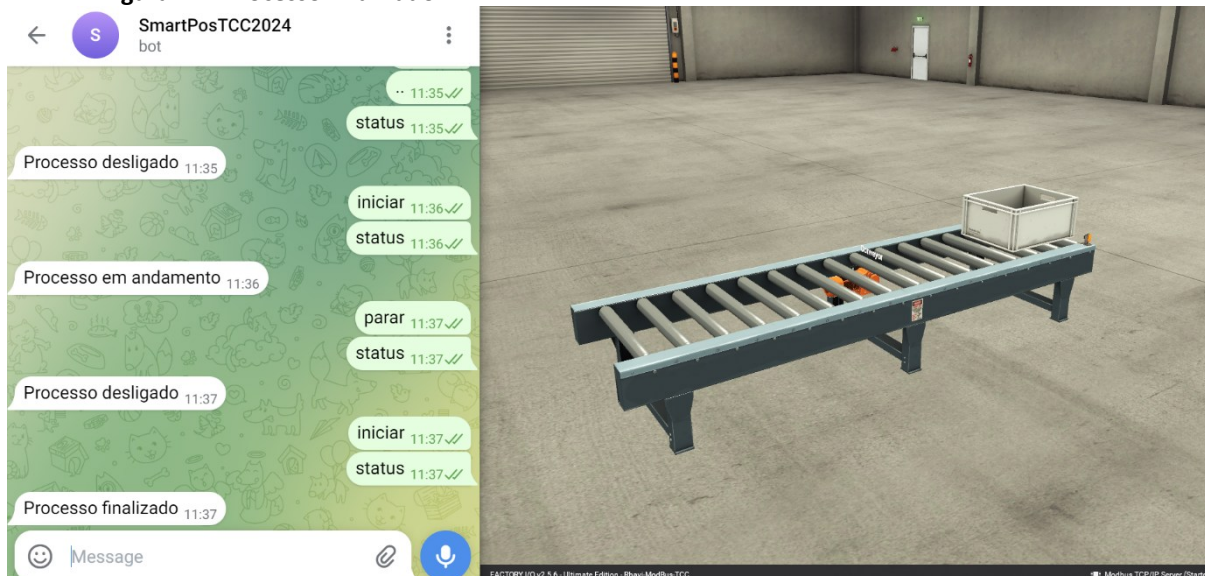


Fonte: Elaborada pelo autor

Na Figura 14 é possível verificar que o processo pode ser novamente reestabelecido enviando o comando “iniciar” que colocará a esteira em movimento novamente.

Ao chegar ao fim da esteira, o sensor presente no Factory I/O aciona a variável “Sensor” presente no CP virtual, que irá desligar a esteira evitando de que a caixa caia do mecanismo transportador. Ao pedir novamente o status do processo, via chatbot do Telegram, este irá mostrar uma nova mensagem de “Processo finalizado”, evidenciando que o processo atingiu seu objetivo final.

Figura 14 - Processo finalizado



Fonte: Elaborada pelo autor

A utilização de softwares acessíveis para simulação e integração de sistemas da Indústria 4.0 se mostrou uma alternativa viável e eficaz para o ensino e aprendizagem da área. A plataforma Factory I/O forneceu um ambiente de simulação realista e interativo, enquanto o CODESYS possibilitou a programação do CP virtual e a configuração da rede OPC UA. O Node-

RED se destacou como ferramenta de integração, permitindo a comunicação entre o CP virtual e o Telegram de forma simples e eficiente.

O processo simulado pode ser visualizado em um vídeo disponível na plataforma YouTube (TCC Smart Factory 4.0 – Rhavi, 2024).

O CP virtual combinado com o universo de possibilidades do Factory I/O permite que o estudante seja capaz de simular inúmeras plantas industriais aplicando os conceitos das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 como IIoT, simulação, integração de sistemas, entre outros.

5. CONCLUSÃO

O estudo de caso demonstrou que é possível aplicar os conceitos da Indústria 4.0 no controle de processos industriais utilizando softwares gratuitos e/ou acessíveis. A simulação e integração de sistemas utilizando ferramentas como Factory I/O, CODESYS e Node-RED podem ser utilizadas para criar ambientes de aprendizagem imersivos e acessíveis para estudantes e profissionais da área.

Recomenda-se a realização de novos estudos que explorem outras aplicações da Indústria 4.0 utilizando a integração softwares e sistemas semelhantes. No entanto, ao invés de cenários padrão do Factory I/O, é possível criar gêmeos digitais de processos industriais de bancadas de automação dentro de laboratórios do ensino de automação de escolas da educação profissional. Isto auxiliaria na individualização das práticas de laboratório bem como a escalabilidade e descentralização das práticas no ensino da Indústria 4.0. Essa mudança permitiria que as escolas atuassem em diferentes modelos de negócio dentro do processo de ensino e aprendizagem sem necessariamente possuir o ativo físico, o que contribuiria com o ensino e proporcionaria uma redução de custos na obtenção de plantas industriais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Indústria 4.0 pode economizar R\$ 73 bilhões ao ano para o Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

BÁLSAMO, Ângelo Jorge; LIMA, Fábio; FILEV, Rodrigo. Estudo do protocolo OPC-UA na Indústria 4.0. *In*: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, DIDÁTICA E DE AÇÕES SOCIAIS DA FEI, 7., São Bernardo do Campo. 2017. **Anais [...]**. São Bernardo do Campo: Centro Universitário da FEI, 2017.

BARTODZIEJ, Christoph Jan. **The concept Industry 4.0: an empirical analysis of technologies and applications in production logistics**. Wiesbaden, Germany: Springer Gabler, 2017.

CODESYS. **Why CODESYS?** 2025. Disponível em: <https://www.codesys.com/the-system/why-codesys.html>. Acesso em: 28 mar. 2024.

FACTORY I/O. 2024. **About**. Disponível em: <https://docs.factoryio.com/>. Acesso em: 28 mar. 2024.

MORA-SALINAS, Roberto J.; HERNÁNDEZ, Hugo G. González. Virtual labs: 5 ways to connect with Factory IO for mechatronics engineering courses. In: **2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**. IEEE, 2022. p. 485-490.

MUNĐAR, Goran; KOVAČIČ, Miha; ŽUPERL, Uroš. Development and control of virtual industrial process using Factory IO and MATLAB. **Tehnički glasnik**, v. 18, n. 3, p. 497-501, 2024.

OPENJS FOUNDATION. **Node-RED**: low-code programming for event-driven applications. 2025. Disponível em: <https://nodered.org/#features>. Acesso em: 28 mar. 2024.

OPC FOUNDATION. **Unified Architecture - Landingpage**. 2025. Disponível em: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>. Acesso em: 28 mar. 2024

PASSE, Fernando Ferreira; VASCONCELOS, Vanessa Cristiny Rodrigues; CANESCHE, Michael; FERREIRA, Ricardo. Perspectivas para o uso do Node-Red no Ensino de IoT. **Computer Architecture Education (IJCAE)**, v.6, n.1, p.46-51, dez. 2017. Disponível em: https://www2.sbc.org.br/ceacpad/ijcae/v6_n1_dec_2017/ijcae_v6_n1_dec_2017.html Acesso em: 28 mar. 2024.

SALAH, Bashir et al. 3D simulation of a yogurt filling machine using Grafcet Studio and Factory IO: realization of Industry 4.0. **Transactions of FAMENA**, v. 47, n. 3, p. 15-30, 2023.

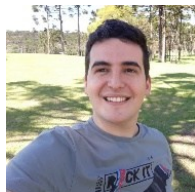
SÁTYRO, Walter Cardoso *et al.* (org.). **Indústria 4.0**: conceitos e fundamentos. 1. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2018. E-book.

SETIANA, Hatib *et al.* PLC-Driven Dual Conveyor System for Separating Metal: A 3D Simulation Study Using Factory IO. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL, TELECOMMUNICATION AND COMPUTER ENGINEERING (ELTICOM), 8. **Anais [...]**. IEEE, 2024. p. 80-83.

TCC SMART FACTORY 4.0 – RHAVI. [S.l.], 2024. 1 vídeo (6 min, 50 s). Publicado pelo canal Rhavi Gonçalves de Borba. Disponível em: <https://youtu.be/2loexKDAWos?si=KKt1XLcQfFgerrZg>. Acesso em 22 mar 2024.

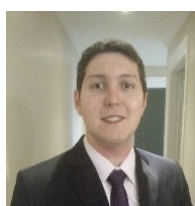
Sobre os autores:

ⁱ Rhavi Gonçalves de Borba



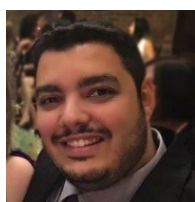
Tutor EaD da Rede Digital SENAI/SC em cursos técnicos EaD voltados ao eixo do conhecimento da eletroeletrônica. Bacharel (2014) e Mestre (2019) em Engenharia Elétrica (UDESC). MBA em Gestão de Projetos (Uniasselvi, 2018). Pós-graduando da SMART FACTORY 4.0 (SENAI-SP). Atua na instituição SENAI/SC desde agosto de 2015, incluindo a docência em aulas presenciais, EaD, participação da criação do curso técnico em Eletrônica EaD SENAI Nacional incluindo o desenvolvimento de SCORMs e escrita de Livros didáticos. Outras atuações relevantes: Tutor externo Católica/SC para o curso de engenharia elétrica EaD (2021 a 2024), Tutor externo Uniasselvi para o curso de Gestão da Produção Industrial (2020 a 2021) e Analista de Projetos WEG equipamentos elétricos S/A (2015). <https://orcid.org/0009-0004-8449-9853>

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



Possui graduação em Mecatrônica Industrial pela Universidade Anhanguera de São Paulo (2014) e especialização em Indústria 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2021). Mestrando em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal de São Paulo. Atualmente é coordenador técnico na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica em São Caetano do Sul. Tem experiência na área de Automação, redes industriais, robótica, Sistemas e Controles Eletrônicos. <https://orcid.org/0000-0002-5271-8925>