

RECURSO EDUCACIONAL INTELIGENTE APLICADO A UMA BANCADA PNEUMÁTICA PARA APOIO DO ENSINO DA INDÚSTRIA 4.0

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4350

Marcones Cleber Brito da Silva - marconeseng@gmail.com
SENAI

Guilherme da Silva Daolio - daolioguilherme@gmail.com
Altus Sistemas de Automação

Fernando Simplicio de Sousa - f.simplicio@ufabc.edu.br
SENAI

Luis Carlos Canno - profcanno@hotmail.com
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial SENAI

Leandro Poloni Dantas - leandro.poloni@gmail.com
SENAI

Resumo: *As tecnologias de automação unidas a visão de negócio constituem a base da indústria 4.0. Sistemas informatizados de automação estão inseridos no chão de fábrica, tendo como objetivo a flexibilização de tarefas e gerenciamento inteligente da cadeia produtiva. Com o avanço acelerado das tecnologias de conectividade e controle na indústria, há uma necessidade cada vez mais evidente de formar novos profissionais habilitados no cenário da indústria 4.0. Neste contexto este trabalho propõe a aplicação de tecnologias de automação em uma bancada de automação pneumática, objetivando potencializar o ensino da indústria 4.0 nos cursos de graduação da área de tecnologia industrial. Utilizando um controlador lógico programável (CLP) e um chatbot, foi possível elaborar um sistema que possibilitou flexibilidade na definição da sequência de movimentos de três atuadores pneumáticos de simples efeito, posicionados em uma bancada didática, comandando de maneira inteligente e remota o sistema pneumático por meio do protocolo de comunicação MQTT, habilitando-o para o ensino prático da indústria 4.0.*

"ABENGE 50 ANOS: DESAFIOS DE ENSINO, PESQUISA E
EXTENSÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA"

18 a 20 de setembro
Rio de Janeiro-RJ



2023

51º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
VI Simpósio Internacional de Educação em Engenharia

Palavras-chave: : Indústria 4.0, Bancada didática, Automação Pneumática, MQTT

Realização:



Organização:



RECURSO EDUCACIONAL INTELIGENTE APLICADO A UMA BANCADA PNEUMÁTICA PARA APOIO DO ENSINO DA INDÚSTRIA 4.0

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias de automação são fundamentais na busca do desenvolvimento da produção baseada no conceito da indústria 4.0. Sistemas automatizados cada vez mais avançados tem sido utilizados na produção, tendo como objetivo a flexibilização de tarefas. Esses sistemas coletam, compartilham e utilizam informações, permitindo uma troca contínua de informações entre todos os dispositivos dentro da linha de produção, tornando a fábrica "inteligente". (FOIT; BANAS; ĆWIKŁA, 2018). Diversos sistemas de automação da indústria 3.0, ainda possuem papel fundamental no desenvolvimento dos sistemas mais avançados, em especial os elementos finais de controle. Especificamente, os sistemas pneumáticos destacam-se no acionamento de máquinas industriais (FOIT; BANAS; ĆWIKŁA, 2018) e seus componentes são reconhecidos pela capacidade de adequação às novas tecnologias computacionais e eletrônicas, o que caracteriza esses sistemas adequados para substituir um grande número de componentes individuais dentro do chão de fábrica.

No entanto, para integrar qualquer sistema industrial ao paradigma da indústria 4.0, deve-se prover um conjunto de sensores e atuadores inteligentes e conectá-los direta ou indiretamente, a redes de comunicação (SACOMANO et al., 2018). Muitas fabricas ainda usam máquinas com sistemas de controle pneumático a relé. Eles são totalmente funcionais, mas o método de controle utilizado não permite que operem no ambiente da indústria 4.0. O custo de substituição de toda a máquina é alto, mas várias vezes é possível substituir apenas o sistema de controle.

A indústria 4.0 alicerçada nas melhorias tecnológicas apresentam-se como a principal tendência no cenário industrial e científico (STIFTERVERBAND FÜR DIE DEUTSCHE WISSENSCHAFT, 2016). Porém as melhorias não dependem somente do investimento em novas tecnologias e inovação. É necessário investir mais ainda em pessoas e em sua educação, para que consigam realizar as mudanças necessárias na tecnologia (GRODOTZKI; ORTELT; TEKKAYA, 2018). O conceito de Indústria 4.0 ainda carece de uma definição compartilhada (MARZANO; MARTINOV, 2020). Pode ser aplicado à digitalização em qualquer etapa da cadeia de valor. Os diferentes níveis de especialização impossibilitam o tratamento adequado de toda a variedade de temas relacionados à Indústria 4.0. Os materiais didáticos e programas de aprendizagem disponíveis na internet confirmam a dificuldade de estabelecer uma estratégia de ensino completo que englobe todos os aspectos que estão ligados à indústria 4.0.

Com o avanço acelerado das tecnologias de conectividade e controle, há uma necessidade cada vez mais evidente de formar novos profissionais habilitados no cenário da indústria 4.0 (GRODOTZKI; ORTELT; TEKKAYA, 2018). Dessa forma, há uma questão a ser respondida: Como utilizar as tecnologias de automação para o ensino prático da indústria 4.0 em bancadas de treinamento convencionais?

Nesse contexto, este trabalho propõe a aplicação de recurso educacional inteligente, baseado na comunicação entre um chatbot e um controlador lógico programável, para comando de um sistemas pneumático disposto em bancadas didáticas, objetivando potencializar o ensino da indústria 4.0 nos cursos de graduação da área de tecnologia industrial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentados alguns os fundamentos teóricos, bem como os trabalhos que deram base para o desenvolvimento desta proposta.

2.1 Fundamentos da Indústria 4.0

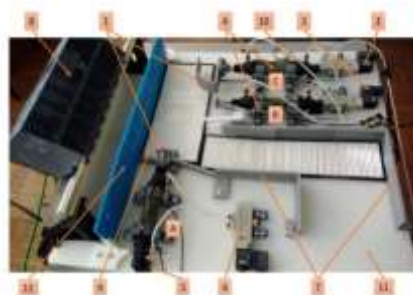
O termo indústria 4.0 foi originalmente criado pelo ministério da educação e pesquisa alemã, como uma parte da estratégia desenvolvida para promover o avanço da indústria atual (ZAIDIN; DIAH; SOROOSHIAN, 2018). Com os investimentos em novos projetos e uma crescente demanda de clientes, houve uma corrida de desenvolvimento em toda produção industrial, colocando grandes expectativas no resultado dessa revolução.

Pode-se definir Indústria 4.0 como um sistema produtivo, integrado por computador e dispositivos móveis interligados à internet ou à intranet, que possibilita a programação, gerenciamento, controle, cooperação e interação com o sistema produtivo de qualquer lugar do globo em que haja acesso à internet ou à intranet, buscando, assim, a otimização do sistema e toda a sua cadeia de valor, ou seja, empresa, fornecedores, clientes, sócios, funcionários e demais stakeholders.

2.2 Laboratório Eletropneumático para o ensino da indústria 4.0

As transformações da indústria 4.0 não se limitam apenas às fabricas e sistemas produtivos, mas também as exigências pessoais que dão força a essa transformação. Em uma publicação recente, (FRANCISCO; MENDES; CALADO, 2019) destacou que a formação dos novos engenheiros, depende do desenvolvimento de laboratórios específicos para o melhor desenvolvimento do ensino da indústria 4.0. O autor propôs um projeto de um protótipo de um laboratório eletropneumático para apoiar o ensino dos conceitos da indústria 4.0, baseado em um processo eletropneumático industrial, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 - Protótipo de laboratório eletropneumático.



Fonte: (FRANCISCO; MENDES; CALADO, 2019)

O objetivo principal do laboratório proposto foi criar um sistema eletropneumático, controlado por CLP para apoiar o ensino dos conceitos da indústria 4.0. por meio da simulação de um processo de embalagem, utilizando as tecnologias de impressão 3D e suporte de uma plataforma WEB como sistema de supervisão, obtendo-se um sistema funcional a nível de simulação e controle.

2.3 Módulo Educacional da indústria 4.0 e sua aplicação em curso de ensino superior

O Rezekne Academy of Technologies na Letônia decidiu no ano letivo de 2019-2020 propor no currículo do curso de mecatrônica da faculdade de engenharia, a introdução de um módulo experimental baseado na indústria 4.0 (MARZANO; MARTINOV, 2020). O módulo foi disponibilizado tendo uma carga horária de 30 horas, dividida em 15 horas de conceitos teóricos e 15 horas de exercícios práticos.

Os autores (MARZANO; MARTINOV, 2020) descrevem que há um grande desafio no ensino dos conceitos da indústria 4.0, eles apontam a necessidade de uma definição compartilhada, pois a digitalização pode ser aplicada em qualquer etapa da cadeia de valor em uma indústria. Também há uma necessidade de familiarizar os alunos em temas como, computação em nuvem, automação de processos robóticos, IoT e aplicações industriais de Data Analytics.

Já na etapa de treinamento, destacou-se a necessidade de introduzir um módulo sobre inteligência artificial como pré-requisito para o da indústria 4.0. Apesar dos aspectos particulares do projeto proposto neste artigo, as necessidades apontadas pelos professores do Rezekne Academy of Technologies, vão ao encontro dos objetivos estabelecidos, e colaboram para uma busca de maior integração de processos e questões relacionadas as necessidades de capacitação na área industrial.

3 METODOLOGIA

Para a concepção do projeto proposto, algumas etapas foram estabelecidas, são elas:

- Desenvolvimento de um Chatbot orientado pelo protocolo MQTT para traduzir a sequência enviada pelo usuário;
- Teste de comunicação do CLP com um Chatbot;
- Examinar a sequência enviada pelo usuário em passos, dessa forma o CLP poderá executar uma lógica e definir quais saídas relacionadas aos atuadores devem ser acionadas;
- Elaborar um algoritmo que relacione os passos a serem executados com as entradas, permitindo o acionamento das saídas de acordo com a sequência enviada pelo usuário;
- Testar algoritmo elaborado exaustivamente, para validar a funcionalidade da sequência desejada;
- Realizar montagem física dos componentes da bancada pneumática de acordo com o esquema proposto;
- Integrar o funcionamento da bancada com o Chatbot;

- Executar ensaios de operação conjunta da bancada pneumática e os métodos de controle remoto inteligente, concernentes à proposta da indústria 4.0;
- Armazenar dados dos ensaios realizados para incorporar no artigo e demonstrar a efetividade do automatismo.

Logo a metodologia adotada para elaboração deste projeto será quantitativa experimental.

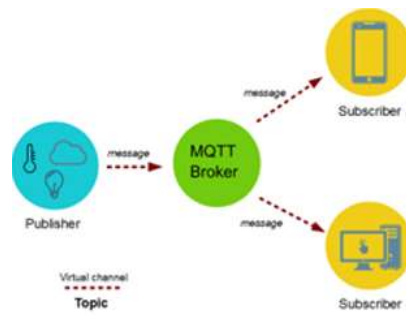
3.1 Utilização do protocolo MQTT

Para estabelecer a execução das tarefas na bancada pneumática, e integrar o CLP com um chatbot foi necessário utilizar um protocolo de comunicação que possibilite a troca de dados entre os dispositivos de automação. Para esse propósito adotou-se o protocolo MQTT por conta da facilidade de implementação, e por ser um recurso disponível no CLP Nexto Xpress da Altus, o que facilita a integração com o chatbot por meio da plataforma Node-RED.

O protocolo MQTT já nasce de forma nativa nos controladores Nexto Xpress da Altus, e sua implementação fica por conta do usuário por meio do desenvolvimento de sub-rotinas de conexão, envio e recebimento de dados (publishing / subscribing). Todos os recursos desse protocolo de comunicação serão disponibilizados aos usuários simplesmente adicionando a biblioteca "LibMQTT" ao software. A configuração no CLP é realizada por meio de uma sub-rotina chamada "MQTT- START" onde são parametrizados o hostname ou endereço do Broker e a porta de conexão, além das configurações de usuário e senha se necessário.

No protocolo MQTT as mensagens enviadas e recebidas do Broker navegam através de tópicos, esses tópicos são mnemônicos que carregam o conteúdo das mensagens, por exemplo, um sensor de temperatura que possui o protocolo MQTT integrado pode publicar no tópico "temp" os valores de temperatura lidos pelo sensor, por outro lado um outro cliente pode se conectar ao mesmo Broker e assinar o tópico "temp", dessa forma o Broker irá encaminhar o conteúdo das mensagens publicadas no tópico "temp" para esse cliente. A figura 2 mostra como é estabelecido o fluxo de transmissão de mensagens no MQTT.

Figura 2 – Representação do fluxo de transmissão de mensagem no MQTT



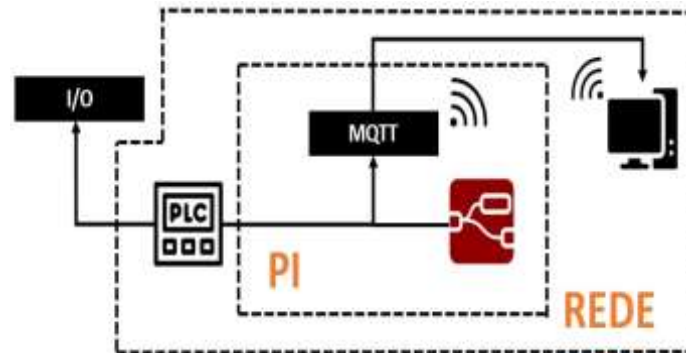
Fonte: Autoria própria

De acordo com as necessidades do projeto o CLP deverá receber as mensagens do chatbot contendo informações como:

- Sequência de movimentação dos atuadores na bancada pneumática;
- Quantidade de ciclos a serem realizados;
- Comando inicial para execução da sequência de movimentos.

A figura 3, ilustra o fluxo de interligação entre os componentes do projeto.

Figura 3 – Fluxo de interligação entre os componentes do projeto



Fonte: Autoria própria

Para isso é preciso que o CLP assine os tópicos por onde irão trafegar esses dados, essa configuração é realizada por meio da POU "MQTT- SUBSCRIBE", onde devem ser definidos os nomes dos tópicos no qual essas mensagens serão recebidas. A figura 4 mostra o procedimento descrito.

Figura 4 – Assinatura de tópicos pelo CLP

```
N_Sub_1 := 1;
SUBS[N_Sub_1].sSubscribeTopic      := 'Inicia';
SUBS[N_Sub_1].pbPayloadBuffer      := ADR(RcvMsg1);
SUBS[N_Sub_1].uiMaxPayloadSize     := SIZEOF(RcvMsg1);
SUBS[N_Sub_1].eSubscribeQoS       := MQTT_QOS_0;
SAIDA_DIGITAL_0:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg1);
END_IF

N_Sub_21 := 21;
SUBS[N_Sub_21].sSubscribeTopic     := 'Sequencia';
SUBS[N_Sub_21].pbPayloadBuffer     := ADR(RcvMsg21);
SUBS[N_Sub_21].uiMaxPayloadSize    := SIZEOF(RcvMsg21);
SUBS[N_Sub_21].eSubscribeQoS      := MQTT_QOS_0;
RECEBE_TEXTO := RcvMsg21;

N_Sub_17 := 17;
SUBS[N_Sub_17].sSubscribeTopic     := 'Ciclos';
SUBS[N_Sub_17].pbPayloadBuffer     := ADR(RcvMsg17);
SUBS[N_Sub_17].uiMaxPayloadSize    := SIZEOF(RcvMsg17);
SUBS[N_Sub_17].eSubscribeQoS      := MQTT_QOS_0;
SAIDA_ANALOGICA_0:= STRING_TO_WORD (RcvMsg17);
```

Fonte: Autoria própria

Com essas informações definidas, o CLP foi preparado para se conectar ao Broker MQTT e receber os dados publicados no tópicos "Inicia", "Sequencia" e "Ciclos".4.

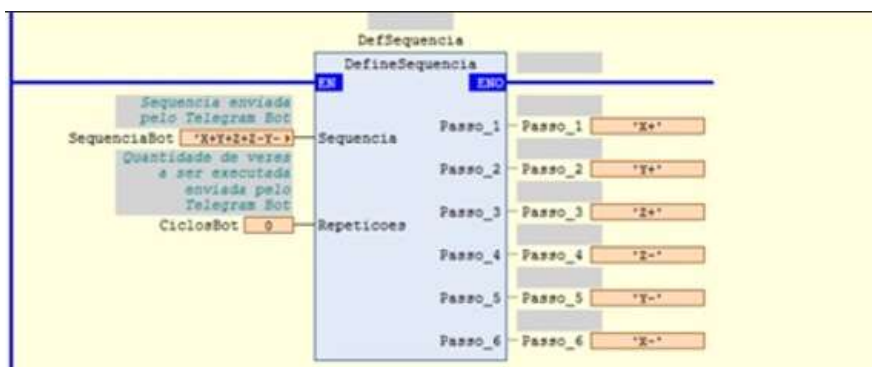
3.2 Algoritmo para a Execução da Sequência de Movimento dos Atuadores

Visando estabelecer a correta sequência de movimentos dos atuadores, em acordo com as informações fornecidas pelo usuário, foi desenvolvido um algoritmo para converter uma string contendo a sequência de execução, como por exemplo, "X+Y+Z+Z-Y-X-", em uma sequência de 6 passos (3 atuadores * 2 movimentos) onde cada passo será também uma string, assim foi definido os seguintes passos:

- Passo 1: "X+"
- Passo 2: "Y+"
- Passo 3: "Z+"
- Passo 4: "Z-"
- Passo 5: "Y-"
- Passo 6: "X-"

Também foi necessário que a quantidade de ciclos enviada pelo usuário seja lida e armazenada em uma variável. Para que isso seja possível foi desenvolvido uma Function Block chamado "DefSequencia", mostrado na figura 5, onde a sequência é lida e interpretada pelo código interno do bloco e os passos individuais serão criados, além de receber também a quantidade de ciclos enviados pelo usuário e utilizar essa variável para definir quantas vezes a sequência será executada.

Figura 5 – Function Block DefSequencia



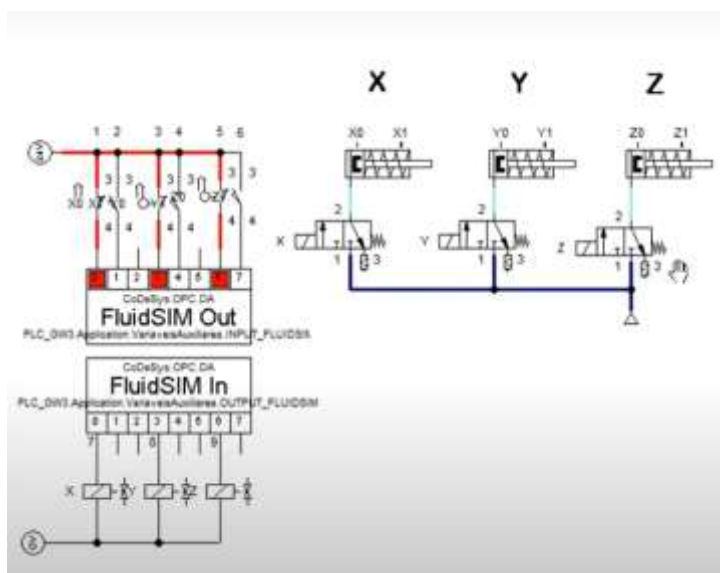
Fonte: Autor

Dessa forma o CLP interpretará os passos individuais, e a partir disso uma lógica para execução das saídas correspondentes aos atuadores X, Y e Z de forma a executar os passos. Esse código foi desenvolvido em uma outra sub-rotina chamada "AcionaSaidas" e teve função de verificar o valor das variáveis "Passo -n" e acionar as saídas dos atuadores correspondentes de acordo com o valor da variável.

4. Resultados e Discussões

Inicialmente as programações e conexões entre os elementos de automação do projeto foram validadas utilizando simuladores. A figura 7 mostra o simulador fluidsim com o circuito pneumático, sendo controlado pelo CLP em modo de simulação.

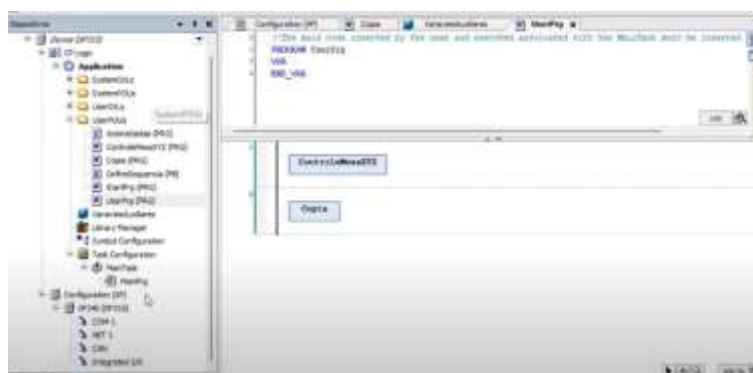
Figura 6 – Simulação dos elementos de automação pneumática.



Fonte: Autoria própria

Os atuadores são representados respectivamente pelas letras X, Y e Z. Já para estabelecer o controle da sequência de movimentos o FluidSim comunicou-se com plataforma de simulação Master Tool da Altus. A figura 7 mostra a interface de programação utilizada para simulação.

Figura 7 – Interface de programação do MasterTool

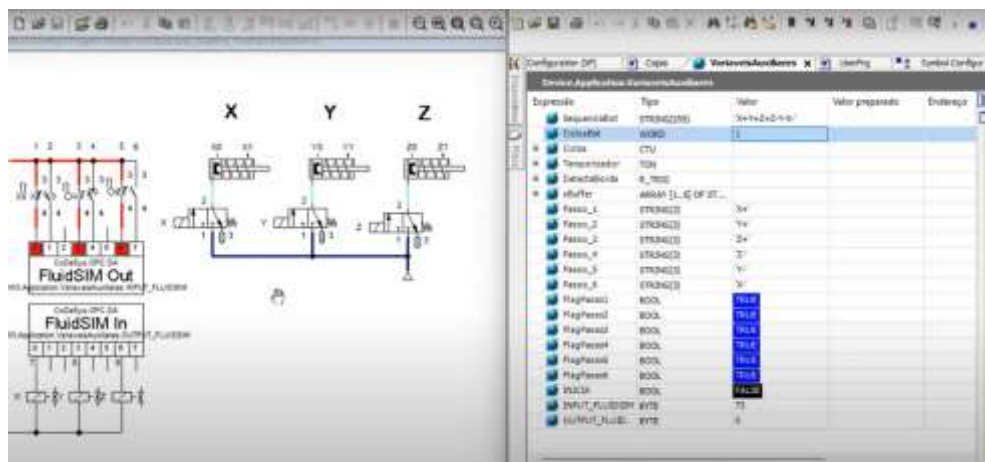


Fonte: Autoria própria

Utilizando protocolo de comunicação OPCDA, foi possível estabelecer a comunicação entre o fluidSim e o CLP, assim o controlador tornou-se um servidor OPCDA, sendo necessário apenas determinar as variáveis de comunicação entre os simuladores. Nesse modo de simulação não houve comunicação com o chatbot, pois não foi possível

comunicar através do protocolo MQTT. Dessa forma a sequência de funcionamento, bem como o número de ciclo e o comando para iniciar as movimentações, foram realizadas de forma direta via software Master Tool. A figura 8 mostra como foram realizados os procedimentos descritos.

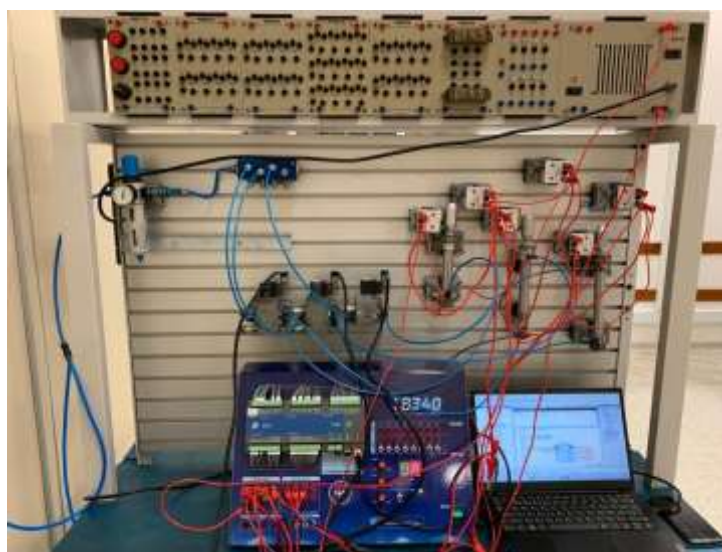
Figura 8 – Interface para controle da sequência de movimentos via MasterTool



Fonte: Autoria própria

Após as simulações ficou evidenciado a funcionalidade do sistema de automação, validando as comunicações e estabelecendo o controle inteligente por meio da interconectividade dos elementos de automação utilizados. A etapa final de validação foi realizada por meio de testes experimentais na bancada pneumática em laboratório. A figura 9 mostra a montagem dos elementos de automação na bancada de acordo com o esquema mostrado na figura 6.

Figura 9 – Montagem experimental do sistema pneumático em bancada.



Fonte: Autoria própria

Nesse teste a comunicação foi estabelecida via protocolo MQTT, e toda a sequência de movimentação foi passada via chatbot através do usuário. O sistema apresentou

desempenho satisfatório na execução dos movimentos e definição de ciclos, bem como na inicialização da sequência. Com isso foi possível utilizar as tecnologias já disponíveis nos sistemas de automação atual integradas por protocolos de comunicação, resultando no acionamento remoto do sistema, com alta flexibilidade na definição dos parâmetros desejados. Além de estabelecer o contato efetivo dos alunos com os elementos habilitadores da indústria 4.0, como sistemas inteligentes e IoT.

5. Considerações Finais

Conclui-se que as tecnologias de automação podem ser empregadas para habilitar recursos convencionais, como bancadas pneumáticas, ao cenário da indústria 4.0. Para isso é necessário estabelecer a comunicação entre os elementos de automação interconectando-os a uma rede. Dessa forma é possível controlar a nível de usuário qualquer processo industrial, atendendo as necessidades iminentes de produção com variedades de produtos.

Apoiar o ensino dos conceitos da indústria 4.0 é desafiador, porém através da integração de diferentes recursos tecnológicos de automação, assim como o conhecimento prático é possível atingir os objetivos de uma melhor formação profissional. Finalmente durante os experimentos, verificou-se a necessidade de desenvolver o monitoramento das variáveis do sistema, bem como a criação de um modelo digital.

REFERÊNCIAS

APP, Description Motion. Motion Terminal VTEM. , 2019.

FOIT, K.; BANAS, W.; CWIKLA, G. The pneumatic and electropneumatic systems in the context of 4 th industrial revolution. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, [S. l.], v. 400, n. 2, 2018. DOI: 10.1088/1757-899X/400/2/022024.

FRANCISCO, Miguel B. R. M.; MENDES, Mario J. G. C.; CALADO, Joao M. F. An Electro-pneumatic Prototype to Support the Teaching of Industry 4.0 Concepts. Proceedings of the 2019 5th Experiment at International Conference, exp.at 2019, [S. l.], p. 428–433, 2019. DOI: 10.1109/EXPAT.2019.8876524.

GRODOTZKI, J.; ORTELT, Tobias R.; TEKKAYA, A. Erma. Remote and Virtual labs for Engineering Education 4.0. In: 46 TH SME NORTH AMERICAN MANUFACTURING RESEARCH CONFERENCE, NAMRC 2018, Texas. Anais [...]. Texas

MARZANO, Gilberto; MARTINOV, Andris. Teaching Industry 4.0. SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference, [S. l.], v. 2, p. 69, 2020. DOI: 10.17770/sie2020vol2.4833.

MILENKOVY, Ivana. Conceito de sistema pneumático digital controlado remotamente de acordo com a abordagem da Indústria 4 . 0. [S. l.], p. 419–423, 2022.

STIFTERVERBAND FÜR DIE DEUTSCHE WISSENSCHAFT. Hochschulbildung für die Arbeitswelt 4.0. Jahresbericht 2016. [S. l.], p. 82, 2016.

ZAIDIN, Nur Hanifa Mohd; DIAH, Muhammad Nurazri Md; SOROOSHIAN, Shahryar. Quality management in industry 4.0 era. Journal of Management and Science, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 182–191, 2018. DOI: 10.26524/jms.2018.17.

INSTRUCTIONS FOR PREPARATION AND SUBMISSION OF MANUSCRIPTS TO THE SCIENTIFIC COMMITTEE OF THE 51º BRAZILIAN CONGRESS ON ENGINEERING EDUCATION AND VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EDUCATION IN ENGINEERING – COBENGE 2023

Abstract: *Automation technologies combined with business vision form the basis of Industry 4.0. Computerized automation systems are inserted on the factory floor, with the objective of making tasks more flexible and intelligent management of the production chain. With the rapid advancement of connectivity and control technologies in the industry, there is an increasingly evident need to train new skilled professionals in the 4.0 industry scenario. In this context, this work proposes the application of automation technologies in a pneumatic automation bench, aiming to enhance the teaching of industry 4.0 in undergraduate courses in the area of industrial technology. Using a programmable logic controller (PLC) and a chatbot, it was possible to develop a system that allowed flexibility in defining the sequence of movements of three double-effect pneumatic actuators, positioned on a teaching bench, intelligently and remotely controlling the pneumatic system by through the MQTT communication protocol, enabling it for practical industry 4.0 teaching.*

Keywords: *Industry 4.0, Didactic Bench, Pneumatic Automation, MQTT*