

KIT IoT PARA ACIONAMENTO REMOTO DE BANCADAS DIDÁTICAS EM LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4241

Marcones Cleber Brito da Silva - marconeseng@gmail.com
Faculdade Engenheiro Salvador Arena

Vitória Toni Duarte - vitoria.toni@outlook.com
Faculdade Engenheiro Salvador Arena

Rogério Etchebehere Junior - etcrogerio@gmail.com
Faculdade Engenheiro Salvador Arena

ANDERSON ALVES DE OLIVEIRA - andersonaoli1705@gmail.com
CEFSA

Resumo: Este trabalho apresenta a construção de kit didático que realiza o acionamento remoto de bancadas didáticas, sendo útil para as práticas de laboratório do ensino remoto. Por meio do kit didático, é possível controlar o movimento do sistema pneumático, posicionado em uma bancada didática, utilizando um ESP32 integrado com um aplicativo por meio do protocolo MQTT. A sequência de movimentos será informada pelo usuário, enviada a um broker e recebida pelo ESP32 comandando de maneira inteligente e remota o sistema pneumático, habilitando-o para o ensino prático da indústria 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Ensino Remoto, IoT, MQTT, ESP32.

KIT DIDÁTICO IoT PARA ACIONAMENTO REMOTO DE BANCADAS DIDÁTICAS EM LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO

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 se estabelecido 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" (SG[^]ARCIU et al., 2021).

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. Durante os cursos voltados para a área industrial e tecnológica, os alunos comumente, desenvolvem diversas tarefas em laboratório, com o objetivo de completar seus conhecimentos teóricos conquistados em sala de aula com as noções fornecidas pelas aulas práticas. Em contrapartida a pandemia causada pelo coronavírus impactou vários aspectos da sociedade, exigindo mudanças de hábitos e adoção de medidas preventivas para reduzir a dispersão do vírus. No ensino, instituições se adequaram rapidamente a essa nova realidade, oferecendo um novo modelo de ensino para proporcionar continuidade às atividades antes realizadas presencialmente.

Bordini et al. (2022), mostra que a implementação do Ensino Remoto modificou o modo de ensinar e de aprender, de modo que alunos e professores precisaram se adaptar às mudanças. Os equipamentos para as atividades de ensino em laboratório, tais como bancadas didáticas, já não poderiam ser mais utilizados, pois na maioria das vezes são adquiridos pelas universidades e as bancadas didáticas aplicáveis ao ensino em nível de graduação possui um alto custo.

Tendo em vista os benefícios trazidos pelo desenvolvimento de tarefas em laboratório e a implementação do ensino remoto, para se conquistar os objetivos educacionais e formar profissionais capacitados para o avanço acelerado da tecnologia, o presente trabalho propõe a criação de um kit didático que possibilite a utilização das plantas didáticas das universidades de forma remota ou até mesmo de forma presencial, sem que haja a necessidade de estar fisicamente próximo as bancadas. Este kit é composto por tecnologias de baixo custo e dispositivos IoTs, conectados a uma bancada eletropneumática, localizada no laboratório de automação da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentados alguns trabalhos que tratam de kits didáticos para acionamento remoto, incluindo o trabalho a qual foi base para o desenvolvimento desta proposta.

2.1 Estado da Arte

Na literatura da área é possível definir que 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; ENDES; ALADO, 2019) destacou que a formação dos novos engenheiros, depende do desenvolvimento de laboratórios remotos e virtuais, para o melhor desenvolvimento do ensino da indústria 4.0.

A educação a distância de acordo com (RODRIGUES et al., 2020) antes da pandemia do coronavírus, era uma modalidade bastante difundida e no ensino superior essa modalidade expandiu rapidamente durante os últimos anos, isso ocorre, pois, um maior número de alunos consegue aderir a esse tipo de ensino, devido a sua flexibilidade, menos gastos com transporte, alimentação e até mesmo materiais, que, em alguns casos, passam a ser fornecidos de forma virtual e gratuita.

Fuhr também nos mostra que:

O mundo ciberconectado tornou-se uma sala de aula e, por isso, torna-se urgente modificar o processo do ensino-aprendizagem convencional para práticas pedagógicas inovadoras capazes de romper as paredes e adentrar nas redes da interação, da coparticipação, do compartilhamento do conhecimento. (FÜHR, 2019, p. 51).

Dessa forma, a quantidade de trabalhos publicada nessa área cresce cada vez mais, com o objetivo de auxiliar no ensino. Alguns trabalhos relacionados à aplicação de kits didáticos, referenciados na literatura, que utilizam diferentes algoritmos de aprendizados podem ser encontrados em (PAINES, 2014), (FILHO et al., 2023), (MARQUES, 2022), (JORGE; CARPIO; XAVIER, 2020) e (VOLZ; OLIVEIRA, 2022).

Marques (2022), tinha como objetivo desenvolver uma plataforma de robótica para auxiliar as aulas no nível de graduação, os alunos visualizariam a aplicação dos conceitos teóricos com o auxílio do kit didático. Ele mostrou que um kit didático aplicado as aulas de robótica, que realiza a comunicação via MQTT de um robô físico, com o *software* desenvolvido facilita o uso didático do robô em situação em que os alunos não estejam no mesmo ambiente que o robô, contribuindo assim no desenvolvimento de profissionais e projetos na área de robótica, de modo que os benefícios obtidos pela utilização de robôs no ambiente industrial sejam difundidos.

Volz (2022), construiu uma bancada que realiza o controle da temperatura dentro de uma faixa de valores e avalia a vazão da água, com o objetivo de aproximar os graduandos do contato com as variáveis de processo e com situações que são recorrentes nas indústrias e no dia a dia dos engenheiros. É possível observar a importância dos alunos se familiarizarem com o meio industrial, pois com o projeto lida-se com diferentes tipos de materiais, além da interdisciplinaridade presente, preparando melhor os alunos para as realidades do mercado de trabalho, com isso seu projeto teve sucesso quando utilizado pelos professores nas aulas práticas, sendo uma ótima ferramenta para os graduandos se sentirem mais preparados para o seu futuro.

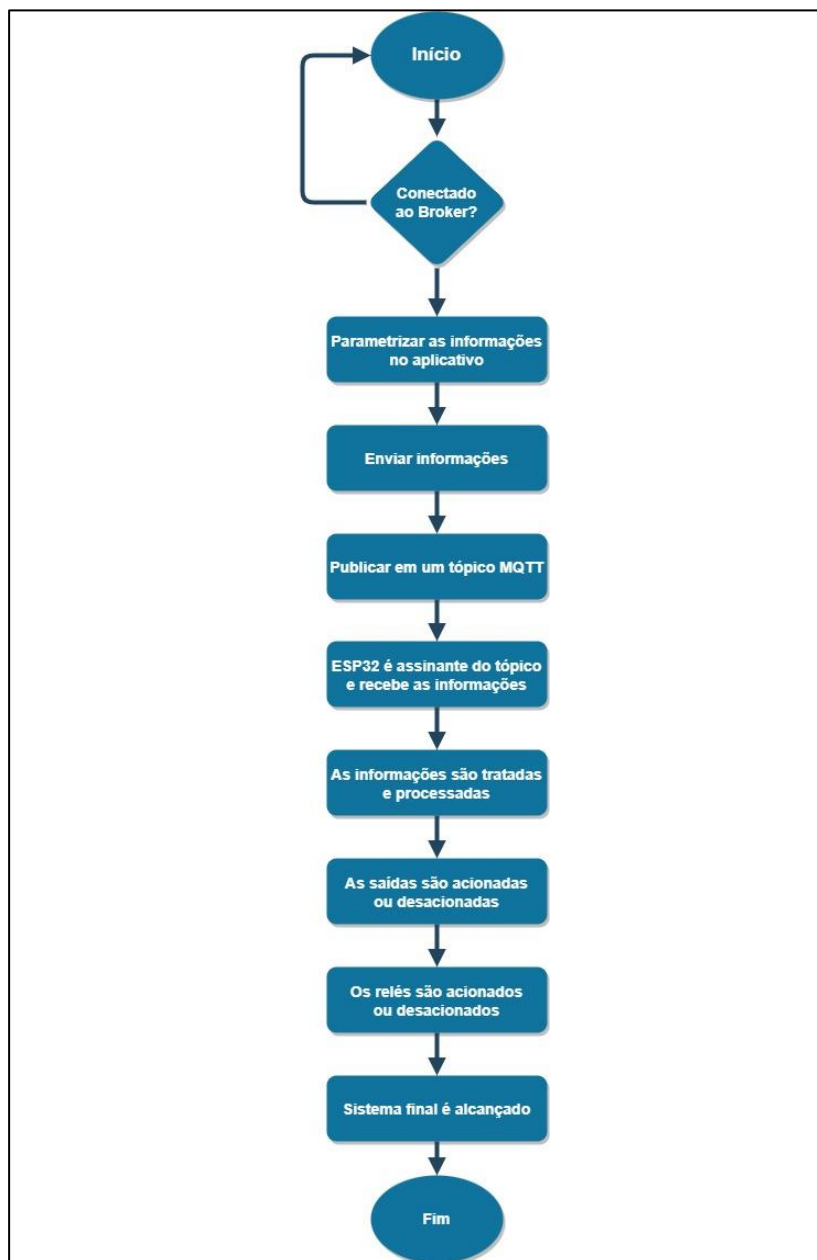
3 METODOLOGIA

Nesta seção apresentam-se todos os passos do desenvolvimento e construção do projeto intitulado kit didático IoT para acionamento remoto de bancadas didáticas em laboratório de automação. Ela está dividida da seguinte forma: fundamentação teórica,

projeto eletrônico e estrutura física, criação do aplicativo, programação e testes e análise de resultados.

O fluxograma mostrado na Figura 1, demonstra de forma simplificada e fácil de visualizar, o funcionamento do kit didático.

Figura 1 – Fluxograma de funcionamento



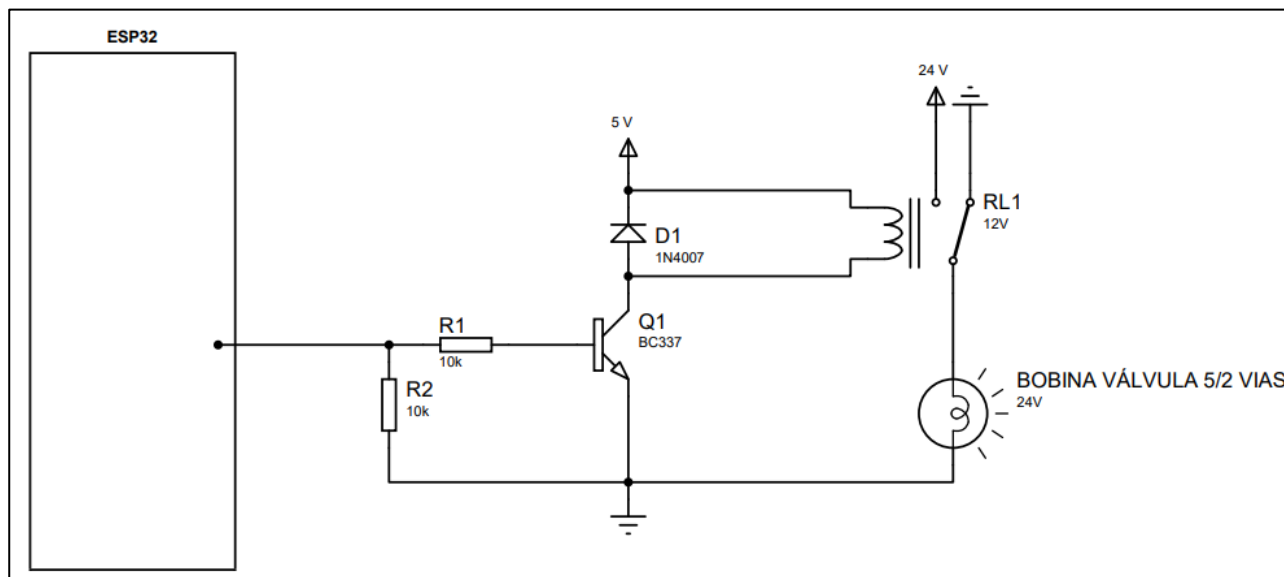
Fonte: Autoria própria

3.1 Projeto eletrônico e estrutura física

Partindo-se de uma ideia inicial sobre os materiais e dispositivos que seriam necessários para a confecção e funcionamento do kit didático, proposto neste trabalho,

desenvolveu-se o circuito eletrônico mostrado na Figura 2, que consiste principalmente no ESP32, um microcontrolador muito popular por sua facilidade de uso, por ser de baixo custo com conectividade Wi-fi e Bluetooth.

Figura 2 – Circuito eletrônico



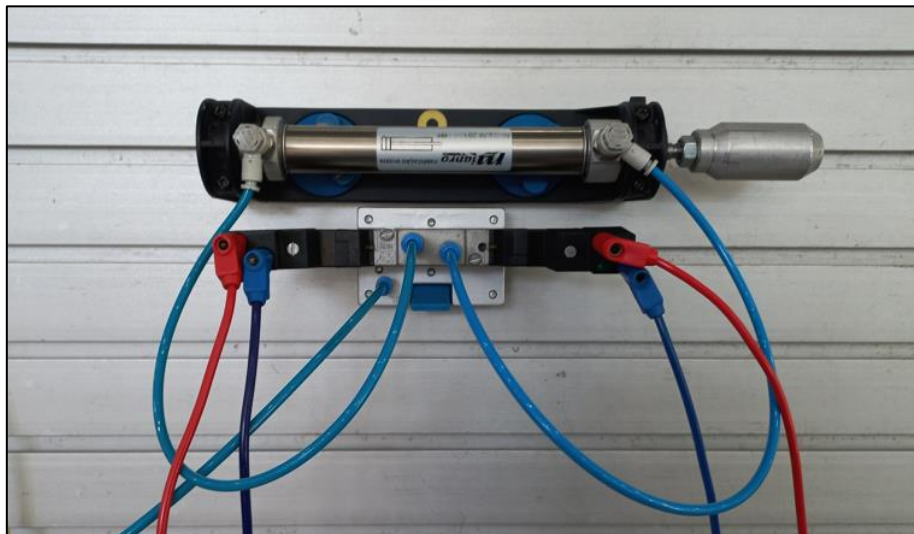
Fonte: Autoria própria

As saídas do ESP32 estão conectadas a um resistor que limita a corrente que passa pela base do transistor BC337, um transistor do tipo NPN (negativo-positivo-negativo), que está atuando como um amplificador de corrente, permitindo assim que uma pequena corrente da saída do microcontrolador controle uma corrente maior no circuito. Além disso o emissor do transistor está conectado ao *ground*, que é a referência de potencial elétrico comum em todo o circuito e o coletor do transistor conectado ao diodo 1N4007, tem a função de proteger o circuito contra picos de tensão.

Em paralelo encontra-se a bobina de relé, que de acordo com Braga (2017) é um dispositivo eletromecânico utilizado para controlar a corrente que circula um circuito externo, ligando e desligando circuitos de alta corrente e tensão. Ao aplicar uma corrente na bobina, é gerado um campo eletromagnético que acaba atraindo uma série de contatos, estes contatos fecham ou abrem o circuito, fazendo com que o circuito pneumático seja acionado ou desacionado.

Por meio do circuito eletrônico é possível realizar o controle do circuito pneumático, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Circuito pneumático



Fonte: Autoria própria

O circuito é formado por uma válvula direcional 5/2 vias com duplo acionamento elétrico (biestável), utilizada para controlar o fluxo de ar, quando uma corrente elétrica é aplicada a solenoide, é criado um campo eletromagnético, fazendo com que a válvula mude de posição, permitindo assim que o fluxo de ar seja liberado para diferentes partes do sistema pneumático.

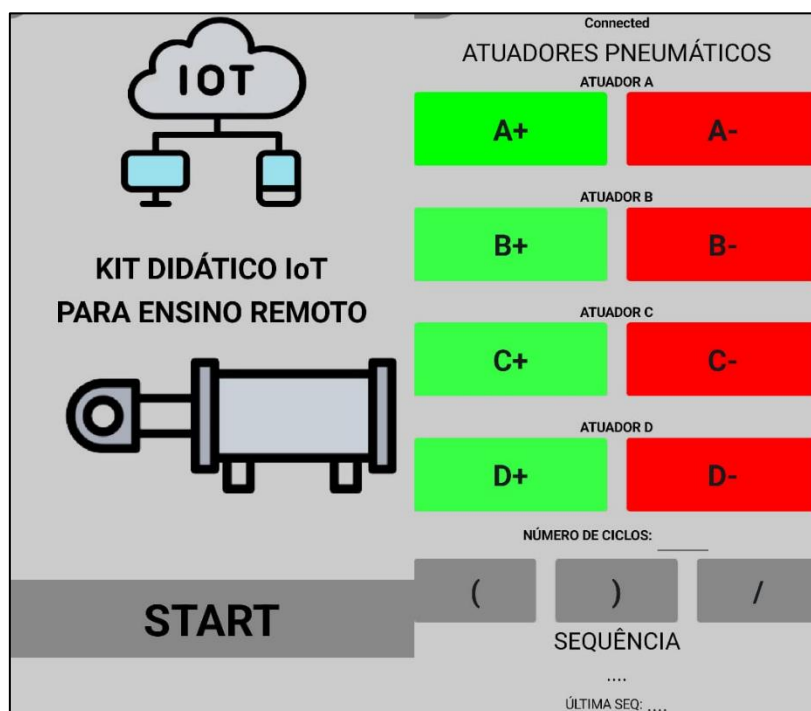
3.2 Criação do aplicativo de controle remoto

O aplicativo é o canal de comunicação entre o homem e os atuadores pneumáticos, através dele é possível que o usuário realize o controle das saídas do circuito eletrônico com o envio de mensagens para um tópico do broker MQTT na nuvem, ou seja, é possível que o usuário interaja com o circuito eletrônico de forma remota, ajustando o funcionamento de acordo com suas necessidades.

Para o desenvolvimento do aplicativo utilizou-se a plataforma MIT App Inventor, uma ferramenta de programação baseada em blocos que permite a programação visual intuitiva e a criação de aplicativos totalmente funcionais para dispositivos Android.

O aplicativo do projeto é composto por 2 telas, a tela da inicialização que ao acionar o botão *START* o usuário tem acesso a segunda tela que é a responsável por toda a interação do usuário com o circuito pneumático, ambas as telas são mostradas na Figura 4.

Figura 4 – Interface visual do aplicativo



Fonte: Autoria própria

Por meio do aplicativo criado é possível escrever um tópico no broker MQTT (MQ Telemetry Transport - Transporte de telemetria), que adota o protocolo TCP e o padrão Publisher/subscriber (publicador/assinante), onde todos os dados são enviados para um intermediário, chamado broker, que se encarrega de enviar as mensagens aos destinatários corretos (TORRES; ROCHA; SOUZA, 2016).

O aplicativo ao enviar uma mensagem para o tópico MQTT correspondente, o broker encaminha a mensagem para o microcontrolador ESP32, que a interpreta e executa a ação correspondente no circuito eletrônico. Como resultado o aplicativo é capaz de controlar as saídas do circuito eletrônico em tempo real, permitindo que o usuário possa enviar comandos e ajustar as saídas de forma remota.

3.3 Programação

Para a elaboração da lógica de programação, utilizou-se como ferramenta de programação a plataforma Arduino IDE, que de acordo com Banzi e Shiloh (2020) trata-se de um ambiente de desenvolvimento, para realizar programações em C++.

A plataforma é voltada para programação da placa microcontrolada Arduino, com isso para seja possível programar o ESP32 é necessário instalar a sua respectiva biblioteca. Além dessa biblioteca foi utilizada também as bibliotecas "WiFi.h" e "PubSubClient.h", que tem a função de conectar o ESP32 com o Wi-fi e com o broker MQTT, a Figura 5 apresenta as bibliotecas utilizadas.

Figura 5 – Bibliotecas

```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
```

Fonte: Autoria própria

O objetivo do programa é fazer com que o ESP32 se conecte com a internet e por meio do protocolo de comunicação MQTT receba os comandos para controlar os atuadores pneumáticos e para que isso seja possível a primeira etapa do desenvolvimento do aplicativo, foi a elaboração da função *setup* mostrada a Figura 6, em que são definidos os pinos conectados aos atuadores como saídas digitais, inicia-se a comunicação serial e o programa conecta o ESP32 à rede Wi-fi e ao servidor MQTT.

Figura 6 – Função setup

```
void setup() {
  for (int x = 0; x <= 8; x++){ pinMode(saidas[x], OUTPUT); }
  Serial.begin(115200); //inicia comunicação serial

  conectaWiFi();
  MQTT.setServer(BROKER_MQTT, BROKER_PORT);
  MQTT.setCallback(recebePacote);
}
```

Fonte: Autoria própria

Em sequência foi desenvolvido a função *loop*, no qual são chamadas as funções “*mantemConexoes()*” e “*MQTT.loop()*”, que são responsáveis respectivamente por manter as conexões com a rede Wi-Fi e o servidor MQTT, também são responsáveis por processar os pacotes MQTT recebidos pelo ESP32, conforme Figura 7.

Figura 7 – Função loop

```
void loop() {
  mantemConexoes();
  MQTT.loop();
}
```

Fonte: Autoria própria

Desenvolveu-se também uma função de *call-back* que é executada toda vez que um pacote MQTT é recebido pelo ESP32, a função “*recebePacote()*”, que recebe o tópico, o comprimento do pacote, o *payload* e o processa para obter as informações dos atuadores que devem ser acionados.

Para finalizar a programação, foi criado mais quatro funções, cada uma responsável pelo acionamento de um atuador pneumático, cada função recebe um parâmetro booleano que indica se o atuador deve ser ligado ou desligado. Na Figura 8 são mostradas as respectivas funções.

Figura 8 – Função loop

```
void atuadorA (bool atuar1){  
  if (atuar1 == true){    digitalWrite(Aav,HIGH); digitalWrite(Arc,LOW); }  
  else                    {    digitalWrite(Aav,LOW);  digitalWrite(Arc,HIGH);}}
```

Fonte: Autoria própria

Em resumo, a programação recebe os comandos do protocolo MQTT, responsável por acionar as bobinas das válvulas 5/2 vias que acionam os cilindros pneumáticos de dupla ação conectados ao ESP32.

3.4 Testes e Análise dos resultados

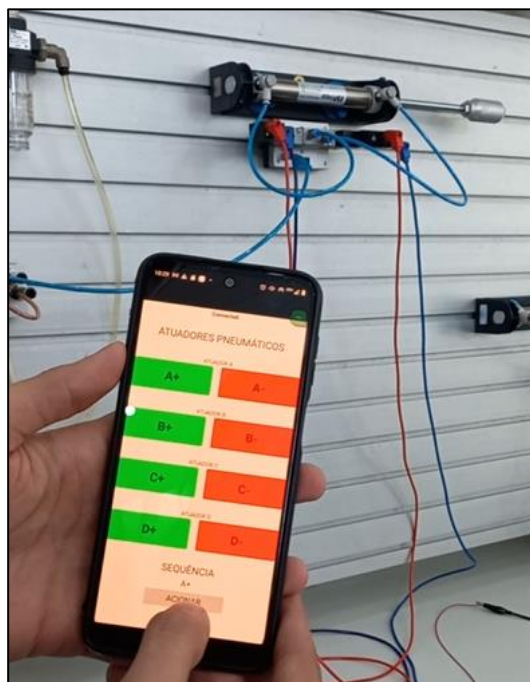
Com toda a estrutura do projeto finalizada, iniciou-se a etapa de testes, uma etapa essencial para garantir o pleno funcionamento do circuito e identificar possíveis falhas e eventuais erros ocorridos durante a montagem. Verificou-se as conexões elétricas, bem como o monitoramento dos sinais de entrada e saída do circuito.

Para verificar as conexões elétricas do circuito, foi necessário a utilização de um multímetro configurado para a função de medição de continuidade, dessa forma verificou-se que o circuito estava conforme, ou seja, sem a presença de curto-circuito. Em seguida realizou-se o teste de acionamento dos relés, com o auxílio de uma fonte de alimentação e um multímetro para monitorar a tensão e a corrente de entrada e saída do relé, observou-se que todos os relés estavam em perfeito funcionamento.

Por fim realizou-se os testes na bancada pneumática, verificando tanto as válvulas solenoides como os atuadores. Para a validação das solenoides, também com o auxílio de um multímetro monitorou-se os sinais de entrada e saída da solenoide, verificando a mudança de posição da válvula e o monitoramento da movimentação do pistão do cilindro pneumático.

Conforme testes realizados notou-se que o circuito eletrônico funcionou adequadamente, demonstrando assim que todos os componentes estavam conectados corretamente e sem nenhuma irregularidade. O circuito eletrônico juntamente com a programação do microcontrolador ESP32 mostrou-se funcional, atendendo aos requisitos de desempenho pré-estabelecidos no projeto. É possível observar na Figura 9 o acionamento do atuador pneumático através do aplicativo desenvolvido.

Figura 9 – Teste final



Fonte: Autoria própria

4 Considerações FINAIS

O projeto intitulado kit didático IoT para acionamento remoto de bancadas didáticas em laboratório de automação, tem como objetivo desenvolver uma aplicação que de forma remota aciona as bancadas didáticas das universidades, produzindo assim profissionais capacitados para o avanço acelerado da tecnologia. Por meio desse trabalho foi possível desenvolver um aplicativo de fácil utilização e viabilizar a conexão remota entre diferentes equipamentos, com isso a implementação do projeto, mostrou-se uma ótima alternativa, para professores que possuem dificuldades em estarem presencialmente nos laboratórios, uma vez que todo o acionamento é feito de forma remota.

Um ponto importante a ser destacado é que a utilização de um microcontrolador popular como o ESP32, com suas capacidades avançadas, fará com que os alunos acabem se familiarizando com as aplicações do IoT. Além disso, a interdisciplinaridade presente no kit didático desenvolverá nos alunos a curiosidade, sobre a utilização de protocolos de comunicação e ao desenvolvimento de aplicativos.

Conclui-se, que o kit didático proposto é um recurso fundamental para a redução da distância entre teoria e prática, por meio da conectividade e acessibilidade as práticas de laboratório, reduzindo significativamente as restrições impostas pelo ensino remoto, possibilitando a melhor formação dos alunos.

Como melhorias deste trabalho, serão inseridas posteriormente câmeras integradas ao kit didático, para garantir o monitoramento do funcionamento da bancada de teste didática e aplicar o kit didático em turmas de graduação, na disciplina de automação pneumática, ajudando assim a verificar a funcionalidade da automação proposta.

REFERÊNCIAS

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. Introdução a Arduino, 2016.

BORDINI, Fernanda; BIANCHINI, Ítalo; BOAES, Tatiane; BALBINO, Thércia; BARRETO, Maria. Ensino remoto como alternativa educacional para estudantes de graduação dos cursos de engenharias durante a pandemia de covid-19. Revista de Ensino de Engenharia, [s. l.], 2022. Disponível em:
<http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/2028/1095>. Acesso em: 12 maio 2023.

BRAGA, Newton. Relés - Circuitos e Aplicações, 2017.

FILHO, Antônio; SILVA, Carlos; ARAUJO, Sergio; TEIXEIRA, Fabiano; SIQUEIRA, Paulo; MEDEIROS, Antônio. Desenvolvimento de kits didáticos para o aprendizado da automação. COBENGE, Belém, 16 maio 2023. Disponível em:
<http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/104302.pdf>. Acesso em: 15 maio 2023.

FRANCISCO, M. B.; MENDES, M. J.; CALADO, J. M. An electro-pneumatic prototype to support the teaching of industry 4.0 concepts. In: IEEE. 2019 5th Experiment International Conference (exp. at'19). [S.l.], 2019. p. 428–433.

FÜHR, Regina Candida. Educação 4.0: impactos da quarta revolução industrial.1. ed. Curitiba: Appris, 2019

JORGE, Maurício; CARPIO, Ricardo; XAVIER, Gláucia. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: PROPOSTA DE UM KIT DIDÁTICO PARA PROCESSOS DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE COMPONENTES MECÂNICOS. Revista Brasileira da educação profissional e tecnológica, [s. l.], 2020. Disponível em:
<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/9836/pdf>. Acesso em: 15 maio 2023.

MARQUES, Adriel. PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA PARA USO EDUCACIONAL. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de controle e automação) - Universidade Federal de Uberlândia, [S. l.], 2022.

PAINES, Patrícia. Desenvolvimento de kit didático de geração de energia solar. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em:
<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8319/PAINES%2c%20PATRICIA%20DE%20OANDRADE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 maio 2023.

RODRIGUES, Leôncio Gonçalves; LEANDRO, Cícero dos Santos; BARROS, Francisco Bernardo; BRAGA, Ian Henrique Teles; FIGUEREDO, José Evandro da Silva; PINHEIRO, Adriana de Alencar Gomes. Distance Education, remote teaching and new educational information and communication technologies in a pre and post-pandemic scenario. RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT, [s. l.], 2020. DOI

<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10168>. Disponível em:
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10168>. Acesso em: 30 abr. 2023.

SGÂRCIU, I.-A. et al. Theoretical and experimental research on digital pneumatic on / off distributors. In: 2021 23rd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS). [S.l.: s.n.], 2021. p. 62–67

TORRES, Andrei; ROCHA, Atslands; SOUZA, José. Análise de Desempenho de Brokers MQTT em Sistema de Baixo Custo. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, p. 2804 - 2815, 4 jul. 2016. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wperformance/article/view/9727/9623>. Acesso em: 24 out. 2022.

VOLZ, Ana; OLIVEIRA, Jefferson. Elaboração de uma bancada didática para controle de temperatura e medição de vazão. ABENGE, [s. l.], 2022. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1781/1099>. Acesso em: 15 maio 2023.

**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: *This project presents the construction of a didactic kit that performs the remote activation of didactic benches, that will be useful for remote teaching laboratory practices. Through this didactic kit, it is possible to control the pneumatic system movement, positioned on a didactic bench, using an integrated ESP32 with an application through MQTT protocol. The sequence of movements will be informed by the user, sent to a broker and received by the ESP32, intelligently and remotely controlling the pneumatic system.*

Keywords: *Industry 4.0, remote teaching, IoT, MQTT, ESP32.*