



ESTUFA AUTOMATIZADA COM MONITORAMENTO REMOTO: EXPERIÊNCIA PRÁTICA NO ENSINO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBIENGE.2025.6122

Autores: IGOR CAVALCANTE LEÃO, RUAN VICTOR LIMA DO ROSÁRIO, THAMYRIS DA SILVA EVANGELISTA

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de estufa automatizada com monitoramento remoto, utilizando o microcontrolador ESP32 integrado a sensores de luminosidade (LDR), temperatura e umidade (DHT11), qualidade do ar (MQ-135) e umidade do solo (YL-69). Atuadores controlados por relés e uma interface gráfica desenvolvida na plataforma Blynk.IoT permitiram o acionamento automático dos sistemas de iluminação, ventilação, irrigação e purificação do ar, além do monitoramento em tempo real via aplicativo móvel. O projeto foi realizado com metodologias ativas de aprendizagem, como Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e em Problemas (ABP), promovendo o desenvolvimento de habilidades técnicas e socioemocionais. Os resultados demonstraram robustez, precisão e eficiência do sistema, com potencial para aplicações em agricultura de precisão e no ensino de tecnologias emergentes ligadas à Internet das Coisas (IoT).

Palavras-chave: Estufa Automatizada, Internet das Coisas (IoT), Aprendizagem Baseada em Projetos

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

ESTUFA AUTOMATIZADA COM MONITORAMENTO REMOTO: EXPERIÊNCIA PRÁTICA NO ENSINO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a agricultura tem enfrentado inúmeros desafios que dificultam seu crescimento, como mudanças climáticas, tempestades, períodos de seca e ataques de pragas e doenças. Em países de clima tropical e subtropical, como o Brasil, as altas temperaturas representam um obstáculo significativo para a produção agrícola, levando muitos agricultores a optarem pelo uso de ambientes protegidos, como as estufas agrícolas, para minimizar essas interferências (COSTA et al., 2017).

Consequentemente, diversas pesquisas têm se concentrado em desenvolver soluções para auxiliar as atividades agrícolas em ambientes controlados. Tais iniciativas buscam otimizar os processos de plantio, colheita, monitoramento de parâmetros ambientais e aplicação precisa de insumos e fertilizantes, caracterizando o conceito de agricultura de precisão (MACHADO et al., 2022).

As estufas são estruturas agrícolas fechadas, geralmente cobertas com vidro ou plástico, que permitem o controle de variáveis ambientais como temperatura, umidade e luminosidade. Além de aumentarem a eficiência na prevenção de pragas e doenças, elas possibilitam a adaptação a diferentes tipos de cultivo em variadas regiões e condições climáticas ao longo do ano (HU et al., 2010). Nesse contexto, a escolha dos materiais e componentes utilizados na construção de estufas automatizadas visa não apenas a funcionalidade, mas também a praticidade na montagem e a redução de custos, aspectos essenciais para incentivar a criatividade e a inovação entre estudantes de engenharia. Além disso, sistemas automatizados de estufa buscam atender de forma precisa e eficiente às necessidades dos agricultores, proporcionando monitoramento remoto da produção e reduzindo a necessidade de supervisão presencial.

Neste cenário, o presente projeto visa impulsionar o desenvolvimento tecnológico e educacional, adotando estratégias de ensino que enriquecem a aprendizagem prática e interativa. Para isso, são utilizadas metodologias como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). A proposta consiste no desenvolvimento de um sistema automatizado para estufas, utilizando um microcontrolador ESP32 para o gerenciamento dos principais parâmetros ambientais. A comunicação do sistema ocorre via rede Wi-Fi, permitindo o monitoramento e controle remoto da estufa por meio de um aplicativo móvel, o que torna o projeto de fácil implementação e baixo custo.

De acordo com Bender (2014, p. 15), a Aprendizagem Baseada em Projetos destaca-se como uma das estratégias educacionais mais eficazes do século XXI, incentivando os alunos a explorar problemas reais de seu contexto e a desenvolver soluções relevantes. Da mesma forma, abordagens ativas como a ABP e a PBL fortalecem habilidades essenciais como a resolução de conflitos, o pensamento crítico e o trabalho em equipe. Projetos práticos, como a criação e programação de sistemas de automação, funcionam como iniciativas integradoras, reunindo estudantes de diferentes áreas em prol de objetivos comuns. Ademais, a introdução de tecnologias de automação no ambiente acadêmico contribui para a conscientização sobre acessibilidade e inclusão, preparando futuros profissionais para desenvolver inovações tecnológicas que atendam à diversidade de necessidades, inclusive no setor agrícola (SANTOS et al., 2020).

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

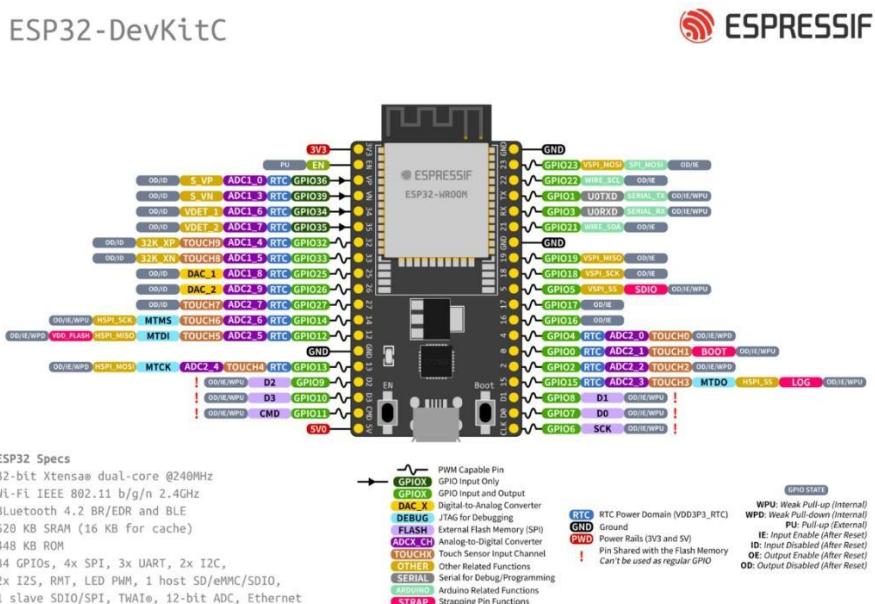
Assim, a aplicação prática dos conceitos tecnológicos no ensino promove não apenas o aprendizado significativo, mas também a formação de profissionais mais sensíveis às demandas sociais e capazes de propor soluções inovadoras para o desenvolvimento sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Microcontrolador ESP32

O ESP32 é um microcontrolador de baixo custo com Wi-Fi e Bluetooth integrados, desenvolvido pela Espressif Systems. Este possui um processador dual-core de até 240 MHz, vários GPIOs e interfaces como ADC, DAC, SPI e I2C. É conhecido pelo baixo consumo de energia e compatibilidade com plataformas de desenvolvimento como Arduino IDE e MicroPython, ideal para projetos de IoT e eletrônica (Espressif Systems, 2023). A Figura 1 apresenta a pinagem do ESP32, destacando suas principais portas e conexões.

Figura 1 – Pinagem do microcontrolador ESP32.



Fonte: Espressif Systems, 2023.

2.2 Sensores

Um sensor é definido como um componente ou circuito eletrônico capaz de realizar a análise de uma condição específica do ambiente, podendo medir variáveis como temperatura, umidade ou luminosidade (PATSKO, 2006). Neste projeto, foram utilizados sensores de temperatura e umidade, umidade do solo, luminosidade e qualidade do ar.

O sensor DHT11 (*Digital Humidity and Temperature Sensor*), ilustrado na Figura 2, é capaz de medir simultaneamente a temperatura e a umidade do ambiente. Esse dispositivo é composto por duas partes essenciais: um sensor de umidade capacitivo e um sensor de temperatura baseado em termistor. O DHT11 mede temperaturas de 0 a 50 °C e umidade relativa de 20% a 90%, com uma precisão de ± 2 °C para temperatura e $\pm 5\%$ RH para umidade (“DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors”, 2020). Com a combinação desses elementos, o DHT11 fornece informações confiáveis sobre o ambiente onde está instalado, sendo amplamente utilizado em sistemas de controle ambiental, automação residencial e projetos industriais.

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

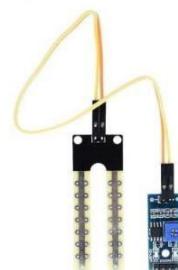
Figura 2 – Sensor DHT11.



Fonte: Autoral, 2025.

Os sensores de umidade do solo operam com base na variação da capacidade elétrica em função da umidade presente no substrato. À medida que o solo ao redor do sensor adquire maior umidade, o dielétrico composto pelo meio poroso também absorve uma quantidade proporcional de água, alterando as características capacitivas do sensor (BORIM; PINTO, 2015). Esses dispositivos funcionam de forma inversamente proporcional em relação ao sinal de saída: quando o nível de umidade do solo é baixo, o sinal de saída é alto; e quando o solo está mais úmido, o sinal de saída é reduzido. Um dos sensores amplamente utilizados para essa finalidade é o modelo YL-69, ilustrado na Figura 3, que será empregado neste projeto.

Figura 3 – Sensor de umidade do solo YL-69.



Fonte: Curtocircuito, 2025.

O sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), ilustrado na Figura 4, é um tipo de resistor cuja resistência varia de acordo com a intensidade da luz incidente sobre sua superfície. À medida que a quantidade de luz aumenta, a resistência elétrica do LDR diminui, enquanto em condições de baixa luminosidade, sua resistência aumenta significativamente (PATSKO, 2006). Essa característica torna o LDR amplamente utilizado em sistemas de automação que envolvem a detecção de luminosidade, como controle de iluminação automática, sistemas de segurança e projetos de automação residencial e agrícola.

Figura 4 – Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*).



Fonte: Curtocircuito, 2025.

ORGANIZAÇÃO



PUC
CAMPINAS

REALIZAÇÃO



Associação Brasileira de Educação em Engenharia

ORGANIZAÇÃO



PUC
CAMPINAS

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

O sensor de gás MQ-135, ilustrado na Figura 5, é um módulo capaz de detectar diversas categorias de gases tóxicos, como amônia (NH_3), dióxido de nitrogênio (NO_2), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), benzeno (C_6H_6), dióxido de enxofre (H_2S), fumaça, entre outros gases presentes no ar (GESELL; LUMENTA; SUGIARSO, 2019). O sensor é capaz de reconhecer concentrações de gases na faixa de 100 a 10.000 ppm, com uma saída de tensão variável entre 0 e 5 V, permitindo a interface direta com microcontroladores em projetos de monitoramento ambiental e controle de qualidade do ar.

Figura 5 – Sensor MQ-135.



Fonte: Curtocircuito, 2025.

2.3 Dispositivo de controle

O módulo relé, ilustrado na Figura 6, é um dispositivo eletrônico que atua quando uma determinada grandeza de atuação (corrente, tensão, frequência, entre outras) atinge um valor predefinido (MARDEGAN, 2010). Sua operação é projetada para funcionar com baixas tensões de controle, geralmente 3,3 V ou 5 V, o que o torna compatível com microcontroladores. Dessa forma, os módulos de relé são fundamentais para a automação de dispositivos como lâmpadas, ventoinhas, entre outros (JOÃO et al., 2021), pois permitem que, a partir de um sinal de comando do microcontrolador, o circuito de potência seja aberto ou fechado, possibilitando o acionamento de cargas de maneira remota e segura.

Figura 6 – Módulo relé 8 canais.



Fonte: Curtocircuito, 2025.

3 PROTOTIPO DESENVOLVIDO

3.1 Objetivo

O objetivo deste projeto foi desenvolver e implementar um sistema inteligente para estufas agrícolas, visando otimizar o cultivo de plantas e melhorar a eficiência na produção de alimentos. O protótipo propõe a integração de sensores e atuadores para o monitoramento e controle de variáveis ambientais, como temperatura, umidade e luminosidade, permitindo a adaptação precisa e automática das condições internas da estufa às necessidades específicas

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

de diferentes culturas. Além disso, o sistema possibilita o monitoramento remoto por meio de um aplicativo móvel, proporcionando maior flexibilidade e controle ao usuário.

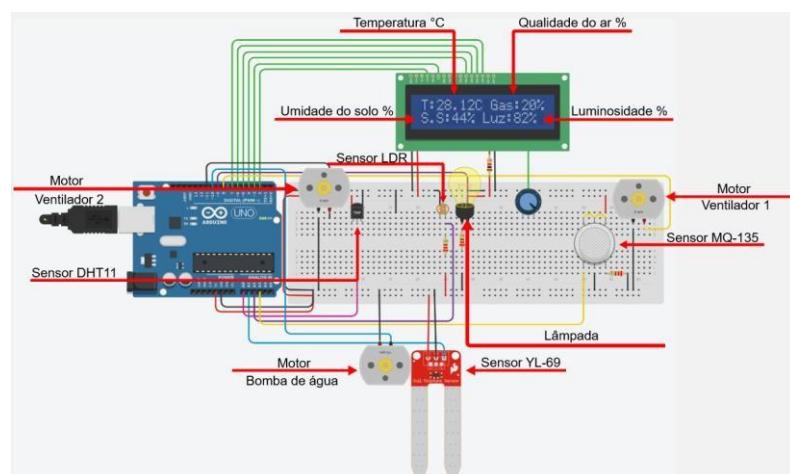
Sob a perspectiva educacional, o desenvolvimento deste projeto também buscou promover a aprendizagem prática e colaborativa dos estudantes de Engenharia Elétrica, utilizando metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Por meio dessas abordagens, os alunos foram incentivados a aplicar conhecimentos teóricos na solução de problemas reais, fortalecendo competências técnicas, pensamento crítico, trabalho em equipe e inovação tecnológica.

3.2 Simulações

Inicialmente, foi realizada a montagem do circuito, para ter noção de como é feito a ligação de cada sensor, evitando a perda do mesmo ao criar o protótipo, esta foi feita utilizando a plataforma online Tinkercad, uma ferramenta gratuita que permite a modelagem 3D e a simulação de circuitos elétricos de maneira interativa.

Após a conclusão da montagem, foi desenvolvido o código para realizar a simulação com o objetivo de se obter os dados fornecidos pelos sensores. As informações captadas foram convertidas e exibidas em um *display LCD*, permitindo o monitoramento em tempo real das variáveis ambientais da estufa. Esta simulação teve como objetivo validar a integração dos sensores e atuadores antes da montagem física do protótipo. A Figura 7 apresenta o *layout* do projeto simulado, com o LCD em funcionamento e comentários inseridos para facilitar o entendimento do circuito e de seus componentes.

Figura 7 – *Layout* da simulação comentado no Tinkercad.



Fonte: Autoral, 2025.

3.3 Características e Funcionalidades

O protótipo foi desenvolvido como um modelo reduzido de estufa, ilustrado na Figura 8, e equipado com os seguintes sistemas:

- Controle de iluminação: A iluminação da estufa pode ser controlada automaticamente pelo sensor LDR, que detecta a intensidade da luz ambiente, ou manualmente via aplicativo móvel. Além do acionamento, o valor da

luminosidade pode ser monitorado remotamente, permitindo ao usuário ajustes personalizados.

- b) Controle de temperatura e umidade do ar: O monitoramento dessas variáveis é realizado pelo sensor DHT11. Quando os valores de temperatura ou umidade ultrapassam os limites pré-estabelecidos, uma ventoinha é acionada automaticamente para estabilizar o ambiente. Os parâmetros podem ser acompanhados em tempo real pelo aplicativo, que também possibilita a alteração dos limites de acionamento.
- c) Controle da umidade do solo: Utilizando o sensor YL-69, o sistema monitora a umidade do substrato. Caso o solo apresente baixa umidade, uma bomba de água é ativada automaticamente para irrigação, sendo desligada ao atingir o valor de umidade desejado. O usuário pode visualizar os valores diretamente no aplicativo e, se preferir, acionar manualmente a irrigação.
- d) Controle da qualidade do ar: O sensor MQ-135 é responsável pela detecção de gases nocivos no ambiente da estufa. Em caso de detecção de má qualidade do ar, uma ventoinha é ativada para promover a renovação do ambiente. O sistema permite a visualização dos níveis de qualidade do ar e a configuração dos limites de acionamento por meio do aplicativo.
- e) Interface do usuário (UI): O sistema dispõe de um aplicativo móvel que estabelece a comunicação entre o usuário e a estufa, possibilitando o monitoramento em tempo real, a configuração de parâmetros e o acionamento manual dos atuadores.

Figura 8 – Protótipo de estufa automatizada desenvolvida em escala reduzida.



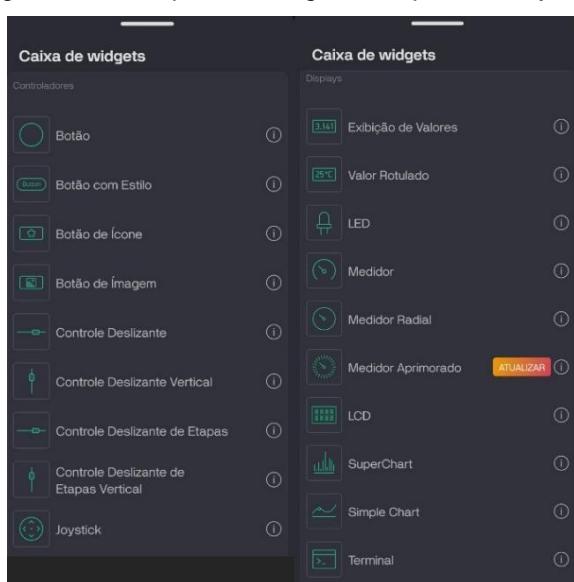
Fonte: Autoral, 2025.

3.4 Integração com o Aplicativo Blynk

O Blynk é uma plataforma de Internet das Coisas (IoT) composta por três partes principais: o Blynk *App*, o Blynk *Server* e a Blynk *Library* (SERRANO, 2018). Conforme destacado por Peixoto (2021), o servidor desempenha o papel de intermediário, estabelecendo a comunicação entre o aplicativo móvel e os microcontroladores que utilizam a Blynk *Library*. Cada projeto criado no aplicativo gera um *token* exclusivo — uma chave alfanumérica — que, ao ser inserida no código do microcontrolador, viabiliza a conexão segura com o servidor (PEIXOTO, 2021).

O aplicativo Blynk permite a personalização completa da interface gráfica e é projetado para controlar e monitorar dispositivos programáveis. A plataforma oferece suporte a mais de 400 tipos de placas, incluindo Arduino, ESP32, Raspberry Pi, entre outros, sendo compatível com dispositivos iOS e Android (SERRANO; SENEVIRATNE, 2018). A interface é montada por meio da adição de *widgets*, elementos com funções variadas que vão desde caixas de entrada de números e textos até botões, *displays* e gráficos em tempo real (SENEVIRATNE, 2018). A Figura 9 ilustra alguns dos *widgets* disponíveis no Blynk *App*.

Figura 9 – Exemplos de *widgets* do aplicativo Blynk.



Fonte: Autoral, 2025.

No aplicativo Blynk desenvolvido para a estufa automatizada, foram implementados diversos *widgets* que permitem o monitoramento e o controle em tempo real dos parâmetros ambientais, além do acionamento manual dos atuadores. O *layout* da interface foi organizado de forma a facilitar a visualização das informações e a interação do usuário com o sistema. Foram utilizados os seguintes elementos:

- Botões de ativação: utilizados para o controle manual da lâmpada, dos ventiladores (associados aos sensores DHT11 e MQ-135) e da bomba de irrigação (associada ao sensor YL-69), permitindo ao usuário acionar os dispositivos conforme a necessidade.
- *Displays* de valor: apresentam as leituras de temperatura, umidade do solo, luminosidade, qualidade do ar e umidade do ar, possibilitando o acompanhamento em tempo real das condições internas da estufa.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

- Indicadores de cores (LEDs virtuais): aplicados como indicadores visuais junto às variáveis monitoradas, auxiliando na identificação rápida de alterações nos parâmetros ambientais.
- *Sliders* (controles deslizantes): utilizados para variáveis como luminosidade e qualidade do ar, permitindo o ajuste manual dos valores de referência para acionamentos automáticos ou análises comparativas.

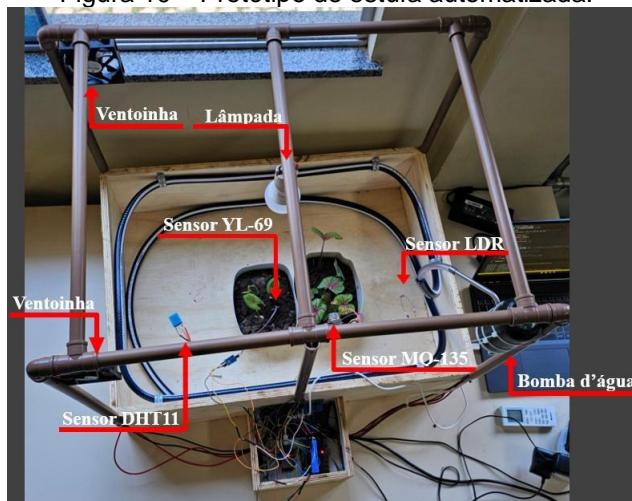
Essa interface desenvolvida no aplicativo Blynk reforça a funcionalidade do sistema, tornando-o mais acessível, interativo e intuitivo para o usuário, além de possibilitar um acompanhamento remoto eficiente por meio da conexão Wi-Fi com o microcontrolador ESP32. A integração proposta proporciona uma experiência prática e educativa no uso da Internet das Coisas (IoT) aplicada ao monitoramento ambiental automatizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O protótipo da estufa automatizada foi avaliado por meio de uma série de testes, envolvendo tanto a parte física quanto a interface móvel, com o objetivo de verificar seu comportamento em condições reais de operação. A maquete construída, apresentada anteriormente na Figura 8, serviu como base para a montagem dos circuitos de iluminação, ventilação, bombeamento e sensores. Durante os testes, observou-se que o microcontrolador ESP32 respondeu de forma consistente aos comandos enviados, mantendo a sincronia entre as leituras dos sensores e o acionamento dos atuadores.

A disposição dos componentes, ilustrada na Figura 10, favoreceu o acesso para ajustes e garantiu uma integração eficiente e organizada entre os módulos eletrônicos e a estrutura mecânica da estufa.

Figura 10 – Protótipo de estufa automatizada.



Fonte: Autoral, 2025.

No controle de iluminação, o sensor LDR demonstrou boa sensibilidade às variações de luminosidade, acionando corretamente o relé responsável pelo controle da lâmpada sempre que o nível de luz ambiente ultrapassava os limites predefinidos. A Figura 11 apresenta a imagem do *display LCD*, no qual são exibidos os valores captados pelos diferentes sensores, permitindo o monitoramento em tempo real das variáveis ambientais da estufa.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

Figura 11 – Exibição dos valores dos sensores no display LCD.



Fonte: Autoral, 2025.

A Figura 12 apresenta a interface do usuário desenvolvida no aplicativo Blynk.IoT, na qual é possível visualizar os botões de acionamento manual, os sliders utilizados para a configuração dos valores de referência e as leituras em tempo real dos sensores instalados na estufa. A comparação entre as informações exibidas no LCD e no painel do aplicativo confirmou a equivalência dos dados, validando a comunicação eficiente entre o microcontrolador ESP32 e a plataforma Blynk.

Figura 12 – Interface do usuário no aplicativo Blynk.IoT.



Fonte: Autoral, 2025.

O relé dedicado ao controle da lâmpada demonstrou robustez durante os testes, garantindo segurança no chaveamento da carga de 127 V. O conjunto de iluminação apresentou rapidez no tempo de resposta, tanto nos acionamentos automáticos quanto nas ativações manuais via aplicativo.

O monitoramento da temperatura e umidade do ar, realizado pelo sensor DHT11, forneceu leituras dentro das especificações de precisão informadas pelo fabricante. Na prática, a ventoinha controlada por esse sensor foi acionada sempre que a temperatura ultrapassou o limiar definido no código ou ajustado remotamente pelo aplicativo.

No que se refere à qualidade do ar, o sensor MQ-135 forneceu dados confiáveis sobre a concentração de gases nocivos, com a ventoinha de exaustão sendo ativada de forma

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

eficiente sempre que o valor registrado excede o limite configurado. O sistema de relé associado ao controle de exaustão operou de maneira estável durante todos os ciclos de teste, confirmado a capacidade do protótipo em manter um ambiente saudável para as plantas.

Por sua vez, o sensor de umidade do solo YL-69, integrado à bomba de água, apresentou excelente desempenho no controle automático da irrigação. A ativação da bomba, comandada via relé, ocorreu de forma precisa sempre que o solo atingiu o ponto de secura predefinido, com o desligamento automático assim que os níveis ideais de umidade foram restabelecidos.

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que o sistema desenvolvido atendeu plenamente aos objetivos propostos de automação e monitoramento remoto, evidenciando confiabilidade, rapidez de resposta e sincronia eficiente entre *hardware* e *software*. Além dos resultados técnicos alcançados, é fundamental destacar os impactos educacionais proporcionados pela realização do projeto no contexto da formação em Engenharia Elétrica. Durante o desenvolvimento do projeto, foi possível observar ganhos significativos nas seguintes dimensões da aprendizagem:

1. Aplicação de conhecimentos teóricos e familiarização com tecnologias emergentes

Os alunos aplicaram conceitos de eletrônica, programação embarcada, sensores, automação e redes de comunicação em um projeto real. A conexão entre teoria e prática tornou o aprendizado mais significativo e contextualizado, facilitando a retenção do conteúdo. Somado a isso, a inclusão das tecnologias aplicadas ao projeto, promoveram a familiarização dos conceitos modernos da indústria 4.0 e IoT, favorecendo a inserção no mercado de trabalho atual e futuro.

2. Desenvolvimento de competências técnicas, trabalho colaborativo, multidisciplinar, pensamento crítico e autonomia.

Os autores praticaram e desenvolveram habilidades técnicas como: Programação em C++ para microcontroladores (ESP32); Integração com plataformas IoT (Blynk); Montagem de circuitos em protoboards e simulações no Tinkercad. Além disso, o projeto exigiu a colaboração entre os membros, promovendo a comunicação, divisão de tarefas, negociação de ideias e respeito às diferentes áreas de domínio técnico visando a solução de problemas.

Os obstáculos encontrados durante a construção do protótipo, como erros de programação, calibração de sensores e ajustes nos parâmetros de acionamento e estabilidade do sistema proporcionaram aos autores desenvolvimento de raciocínio lógico, criatividade e resiliência. A liberdade para criar soluções e personalizar o protótipo aumentou o engajamento, tornando o processo de aprendizagem mais motivador.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo da estufa automatizada validou a proposta de desenvolvimento de um sistema inteligente para ambientes agrícolas, integrando o microcontrolador ESP32 a sensores de luminosidade (LDR), temperatura e umidade do ar (DHT11), qualidade do ar (MQ-135) e umidade do solo (YL-69). Por meio de atuadores controlados por relés e de uma interface móvel desenvolvida na plataforma Blynk.IoT, foi possível implementar o monitoramento remoto e o acionamento automático dos sistemas de iluminação, ventilação, irrigação e purificação do ar. O protótipo, o circuito geral e a interface do aplicativo demonstram a robustez da montagem e a sincronia eficiente entre *hardware* e *software*, evidenciando

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

tempos de resposta rápidos e leituras precisas sob diferentes condições ambientais.

Além dos resultados técnicos, o desenvolvimento do projeto proporcionou um ambiente de aprendizagem enriquecido por metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). A participação dos estudantes em todas as etapas — desde a pesquisa bibliográfica até a programação embarcada e a montagem dos circuitos — favoreceu a construção de competências essenciais para a formação de engenheiros, como trabalho colaborativo, pensamento crítico, resolução de conflitos e criatividade. A familiarização com ferramentas de prototipagem rápida (Arduino IDE) e plataformas IoT (Blynk) aproximou os alunos das tecnologias emergentes, preparando-os para os desafios da agricultura de precisão e da Indústria 4.0.

O sistema desenvolvido contribui diretamente para a sustentabilidade agrícola, ao possibilitar o ajuste dinâmico de parâmetros ambientais que influenciam o crescimento das plantas, promovendo a economia de recursos hídricos e energia elétrica. Ao atender a diferentes perfis de cultivo e condições climáticas, a estufa automatizada reforça o conceito de agricultura de precisão e se apresenta como uma ferramenta valiosa tanto para pequenos produtores quanto para instituições de ensino. A aplicação prática deste projeto ilustra como a integração de conhecimentos de eletrônica, programação e Internet das Coisas pode gerar soluções de alto impacto social, ampliando o acesso à tecnologia e incentivando a inovação.

Para futuras iterações, recomenda-se a implementação de notificações em tempo real para alertas críticos, a adoção de protocolos de segurança na comunicação de dados e a integração de sistemas de visão computacional para a detecção de pragas e a avaliação do crescimento vegetal. Essas melhorias visam não apenas ampliar a aplicabilidade do sistema em cenários reais, mas também enriquecer ainda mais o processo educativo, oferecendo novos desafios para o desenvolvimento de soluções inovadoras por futuros estudantes. Assim, este trabalho evidencia o potencial de projetos práticos para unir teoria e prática, formando profissionais mais completos e alinhados às demandas tecnológicas e sociais do século XXI.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

BENDER, Willian N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI.** Penso editora, 2015.

BORIM, Andréa Carla Alves; PINTO, Carlos Alberto Ramos. **Medição de umidade no solo através de sensores capacitivos.** Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, v. 1, n. 1, p. 51-60, 2006.

COSTA, Edilson et al. **Diferentes tipos de ambiente protegido e substratos na produção de pimenteiras.** Horticultura Brasileira, v. 35, p. 458-466, 2017.

CURTOCIRCUITO. Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/?srsltid=AfmBOoqUo1vdNCgPeR6sF3brR4giLoG5PA95xPFJ5os2oWL1eftgDguf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors. Disponível em: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/dht.pdf>. Acesso em: 10 abril. 2025.

Espressif Systems. **Especificações ESP32-WROOM.** 2023. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32e_esp32-wroom-32ue_datasheet_en.pdf. Acesso em: 10 abril. 2025.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

GESSAL, Costantien IY; LUMENTA, Arie S. M.; SUGIARSO, Brave A. **Kolaborasi aplikasi Android dengan sensor MQ-135 melahirkan detektor polutan udara.** Jurnal Teknik Informatika, Sam Ratulangi Manado, v. 14, n. 1, p. 109-120, 2019.

HU, Yongguang; WANG, Jizhang; LI, Pingping. **Sistema especialista para gestão de produção em estufas.** In: Sistemas Especialistas. IntechOpen, 2010.

JOÃO, O. et al. **Protótipo de domótica para automação residencial.** 2021. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial Júlio César Gonçalves de Sousa.

MACHADO, Lucas Bernardon et al. **Desenvolvimento de um protótipo de estufa agrícola robotizada com tecnologia de controle numérico.** 2022.

MARDEGAN, Cláudio. **Capítulo III-Dispositivos de proteção-Parte I.** Revista O Setor Elétrico, São Paulo, p. 28-39, 2010.

PATSKO, Luís Fernando. **Tutorial-aplicações, funcionamento e utilização de sensores.** Maxwell Bohr: Instrumentação eletrônica, p. 84, 2006.

PEIXOTO, J. A. **ESP8266 NodeMCU:do pisca led à internet das coisas.** Porto Alegre: Uergs, 2021. 212 p. Disponível em: <https://en.calameo.com/books/005647350c64b126c49b1>. Acesso em: 10 abril. 2025.

SANTOS, Eduardo Henrique; NAKAMOTO, Paula Teixeira; DE LIMA, Geraldo Gonçalves. **Revisão sistemática da literatura em aprendizagem baseada em projetos no ensino médio.** Research, Society and Development, v. 9, n. 9, p. e386996425-e386996425, 2020.

SENEVIRATNE, Pradeeka. **Hands-On Internet of Things with Blynk: build on the power of blynk to configure smart devices and build exciting iot projects.** Birmingham, Uk: Packt Publishing, 2018. 365 p.

SERRANO, T. M. Introdução ao Blynk App. **Embarcados**, 8 de maio de 2018. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-blynk-app/>. Acesso em: 10 abril. 2025.

AUTOMATED GREENHOUSE WITH REMOTE MONITORING: A PRACTICAL EXPERIENCE IN ELECTRICAL ENGINEERING EDUCATION

Abstract: This work presents the development of an automated greenhouse prototype with remote monitoring, using the ESP32 microcontroller integrated with light (LDR), temperature and humidity (DHT11), air quality (MQ-135) and soil moisture (YL-69) sensors. Actuators controlled by relays and a graphical interface developed on the Blynk.IoT platform allowed the automatic activation of the lighting, ventilation, irrigation and air purification systems, in addition to real-time monitoring via a mobile application. The project was carried out with active learning methodologies, such as Project-Based Learning (PBL) and Problem-Based Learning (PBL), promoting the development of technical and socio-emotional skills. The results demonstrated robustness, accuracy and efficiency of the system, with potential for applications in precision agriculture and in the teaching of emerging technologies linked to the Internet of Things (IoT).

Keywords: Automated greenhouse; Internet of Things (IoT); Project-based learning.

