

LabControl: Sistema Inteligente de Gestão e Segurança para Armários Acadêmicos em Ambientes Maker

Nicolas I. Silva¹, Guilherme N. A. Veroneze¹, Lucas P. Lima¹,
Ana Beatriz S. Amaral¹, Henrique S. Cunha¹, Keven E. V. Bilibio¹,

¹ IFMT Maker, Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)
– Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva
R. Zulmira Canavarros, 95 – Centro, Cuiabá - MT, 78005-390 – Brasil

{nicolas.izidoro, guilherme.nestor, lucas.peres}@estudante.ifmt.edu.br
{schuindt.anabeatriz, henriquesevducunha, keveneduardovazbilibio}@gmail.com

Abstract. *This paper introduces LabControl, a low-cost academic locker management system developed under the DIY philosophy. Using an ESP32-S3 microcontroller and RFID technology, the prototype electronically controls a magnetic lock, addressing traceability and key loss issues inherent in traditional padlocks. The system features an OLED display for feedback and optical isolation for hardware safety. Results demonstrate high reliability, sub-second response times, and economic viability for furniture retrofitting, providing a sustainable and affordable alternative to commercial smart lockers.*

Resumo. *Este trabalho apresenta o LabControl, um sistema de baixo custo para gestão de armários acadêmicos desenvolvido sob a filosofia Do It Yourself (DIY). Utilizando um microcontrolador ESP32-S3 e tecnologia RFID, o protótipo controla eletronicamente uma trava magnética, eliminando problemas de rastreabilidade e perda de chaves comuns em métodos tradicionais. O sistema integra display OLED e isolamento óptico para maior segurança. Os resultados indicam alta confiabilidade, resposta rápida e viabilidade para o retrofit de mobiliário, oferecendo uma alternativa sustentável e acessível aos modelos comerciais.*

1. Introdução

A segurança em instituições de ensino evoluiu de uma questão puramente física para um desafio que exige tecnologia e facilidade no uso diário (ROCHA; LIMA, 2025). Em laboratórios e *makerspaces*, onde o compartilhamento de recursos é constante, o armazenamento seguro de materiais e projetos é indispensável. O problema, contudo, é que as trancas tradicionais não acompanham a modernidade desses ambientes. A dependência de chaves físicas e a impossibilidade de registrar quem acessou cada compartimento acabam prejudicando a proteção dos bens e a agilidade da rotina escolar.

Com base nesse problema, este artigo propõe o LabControl: um sistema inteligente de gestão e segurança para armários. A solução utiliza a filosofia *Do It Yourself* (DIY), fortemente embasada pela cultura maker na educação (HALVERSON; SHERIDAN, 2014; MOSTAKIM; SARKAR; HOSSAIN, 2019), e eletrônica embarcada para criar um controle de acesso seguro e de baixo custo. Nesse caso, por meio da identificação por radiofrequência (RFID) – uma abordagem de eficácia comprovada em sistemas recentes de gestão inteligente de armários (BHARGAVA et al., 2023) –, o sistema valida o usuário

e libera as trancas eletrônicas, resolvendo as falhas dos cadeados comuns e modernizando os armários de aço que a escola já possui.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 detalha o desenvolvimento do *hardware* e do *software*; a Seção 3 apresenta os resultados técnicos, custos e o funcionamento do sistema; e a Seção 4 traz a conclusão, com os impactos e os próximos passos do projeto.

2. Arquitetura e Desenvolvimento do Protótipo

A arquitetura do LabControl foi projetada para equilibrar baixo custo, facilidade de replicação e estabilidade elétrica, visto que integra circuitos lógicos de baixa tensão com componentes de maior potência.

2.1. Hardware

O *hardware* do protótipo é estruturado em duas zonas de tensão distintas: a lógica de controle operando em 3.3V/5V e o circuito de potência operando em 24V DC para alimentar a trava magnética. A Tabela 1 detalha os principais componentes utilizados e o custo estimado do projeto.

Tabela 1. Lista de materiais e custos estimados do protótipo LabControl.

Componente	Foto (Ref.)	Quant.	Descrição	Preço (R\$)
ESP32-S3		1	Microcontrolador Dual-core com Wi-Fi/Bluetooth nativo.	60,00
Módulo RDM6300		1	Leitor RFID de 125kHz para identificação de <i>tags</i> /cartões.	30,00
Display OLED 1.3"		1	Interface I2C para <i>feedback</i> visual e navegação de menus.	25,00
Trava Magnética		1	Fechadura solenóide de 24V para bloqueio físico do armário.	80,00
Optoacoplador PC817		1	Isolador galvânico para proteger o ESP32 de picos de tensão.	1,00
Transistor IRFZ44N		1	MOSFET de potência atuando como chave eletrônica para a trava.	4,00
Fonte e Protoboard		1	Fonte 24V DC, botões pulsadores e placa de 3220 furos.	200,00
Custo Total Estimado				400,00

A Figura 1 ilustra o circuito eletrônico desenvolvido. O processamento central é

realizado pelo ESP32-S3, que recebe as informações do leitor RDM6300 e dos botões de controle de menu. A utilização de uma fonte de 24V é essencial para garantir o torque necessário no acionamento da trava magnética industrial. Para integrar com segurança o sinal do microcontrolador à carga pesada, empregou-se um optoacoplador PC817 em série com o *gate* de um transistor MOSFET IRFZ44N. O optoacoplador atua como uma barreira de segurança vital, garantindo que o ruído elétrico e a força contra-eletromotriz gerada pela bobina da trava não causem *reboots* no ESP32-S3 ou queimem suas portas GPIO.

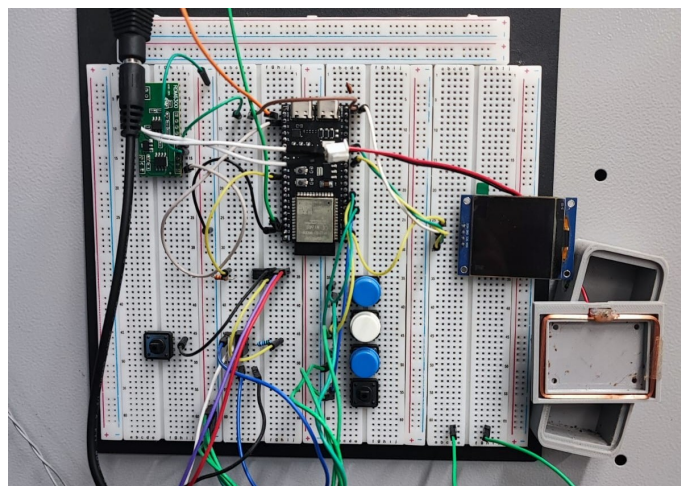


Figura 1. Diagrama esquemático das conexões lógicas e de potência do LabControl. Fonte: Autores (2026)

2.2. Software

O *firmware* foi totalmente desenvolvido em linguagem C/C++ utilizando a plataforma e bibliotecas da Arduino IDE. A arquitetura de código é dividida em três pilares principais: comunicação, interface e controle lógico de segurança.

O gerenciamento da interface visual (Display OLED) foi implementado utilizando uma Máquina de Estados Finita (FSM). Esta técnica permite que o *software* renderize dinamicamente as telas de configuração e navegue entre os status: "Trancado", "Aberto" e "Tag Inválida". Em paralelo, o protocolo de comunicação com o leitor RFID RDM6300 ocorre via comunicação serial (UART). Ao detectar uma leitura, o *software* extrai o UID (Identificador Único) da *tag* e o compara com um banco de dados interno na memória do ESP32-S3 que contém as credenciais dos alunos autorizados.

Quando uma *tag* válida é confirmada, o microcontrolador envia um sinal digital de nível alto (*HIGH*) para o optoacoplador PC817, que satura o transistor IRFZ44N e fecha o circuito de 24V, retraindo o pino da trava magnética. Visando a segurança, foi implementada uma função de *timeout* (temporizador). Caso o aluno esqueça o armário destrancado, o *software* corta automaticamente o sinal do MOSFET após 10 segundos, forçando a trava a retornar ao seu estado de repouso (fechado) de forma mecânica através de sua mola interna.

3. Resultados e Discussões

O protótipo mostrou-se estável durante os testes, suportando 200 leituras seguidas de RFID sem falhas ou reinicializações. A combinação do optoacoplador PC817 com o MOSFET

IRFZ44N eliminou ruídos elétricos, garantindo que o sistema respondesse em menos de 1 segundo. Além disso, a interface foi submetida a um teste preliminar de validação com 6 usuários, membros da própria equipe de desenvolvimento. Por meio de testes práticos de bancada que simularam a rotina de uso, avaliou-se o *feedback* visual do display OLED e a resposta mecânica da trava na interação com a *tag* RFID e o destravamento da porta. Como resultado, identificou-se a necessidade de um ajuste de usabilidade: a implementação de um atraso (*delay*) no código após o acionamento da trava, garantindo tempo hábil para a abertura física da porta antes que o sistema a trancasse novamente.

Com um custo de aproximadamente R\$ 400,00 por módulo, o LabControl é uma alternativa muito mais barata que os sistemas comerciais. A proposta permite o *retrofit* de armários de aço antigos, modernizando a infraestrutura do laboratório sem exigir a troca de móveis. Essa abordagem gera economia e evita o descarte desnecessário de materiais, promovendo a sustentabilidade financeira e ambiental da instituição.

4. Conclusão

O LabControl provou ser uma solução prática e segura para laboratórios e espaços *maker*. A troca de cadeados comuns por um sistema RFID resolveu o problema da perda de chaves e trouxe mais controle sobre o acesso aos armários. Tecnicamente, o projeto garantiu o acionamento seguro da trava eletrônica sem oferecer riscos ao microcontrolador.

Além dos resultados técnicos, o trabalho incentiva a reutilização de estruturas existentes, alinhando-se à filosofia DIY e à consciência ambiental. Como próximos passos, a conexão Wi-Fi do ESP32 será usada para enviar dados para a nuvem via protocolo MQTT, permitindo que os coordenadores monitorem o uso dos armários em tempo real por um painel de controle.

Declaração de Uso de IA Generativa

Para a estruturação textual, revisão gramatical, formatação em latex e tradução do resumo (*Abstract*), utilizou-se o modelo de Inteligência Artificial Generativa Gemini (Google). Todo o conteúdo técnico, escolha de componentes e validação em bancada do protótipo são de autoria própria e foram criteriosamente revisados pelos autores, que assumem plena responsabilidade pelas informações apresentadas neste trabalho.

Referências

- BHARGAVA, A. et al. An iot based centralized smart locker using rfid technology. In: *AIP Conference Proceedings*. [S.l.]: AIP Publishing, 2023. v. 2523, n. 1.
- HALVERSON, E. R.; SHERIDAN, K. M. The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, Harvard Education Publishing Group, v. 84, n. 4, p. 495–504, 2014.
- MOSTAKIM, N.; SARKAR, R. R.; HOSSAIN, M. A. Smart locker: Iot based intelligent locker with password protection and face detection approach. *International Journal of Wireless and Microwave Technologies (IJWMT)*, MECS Publisher, v. 9, n. 3, p. 1–10, 2019.
- ROCHA, G. C.; LIMA, I. T. G. Violência nas escolas: Estratégias de prevenção e proposta de um protocolo para segurança pública escolar. *Revista O Alferes*, v. 35, n. 01, 2025.