

16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

SISTEMA DE SEGURANÇA INTELIGENTE PARA COFRE COM AUTENTICAÇÃO BIOMÉTRICA E MONITORAMENTO REMOTO

VITOR CAPELLI ANTUNES DE SOUSA¹, JOSÉ ROBERTO DE LIMA², ALISON JOSÉ PEREIRA NERI³, LUCAS MACHADO PINHEIRO⁴, FABIANO TADEU MATHIAS COSTA⁵

¹ Graduando em Eng. de Controle e Automação, IFSP, Campus Catanduva, vitor.capelli@aluno.ifsp.edu.br

² Graduando em Eng. de Controle e Automação, IFSP, Campus Catanduva, lima.jose@aluno.ifsp.edu.br

³ Graduando em Eng. de Controle e Automação, IFSP, Campus Catanduva, alison.n@aluno.ifsp.edu.br

⁴ Graduando em Eng. de Controle e Automação, IFSP, Campus Catanduva, machado.pinheiro@aluno.ifsp.edu.br

⁵ Professor Doutor, IFSP, Campus Catanduva, fabiano.tmc@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.02.05-0 Sistemas Eletrônicos de Medida e de Controle

RESUMO: A proteção patrimonial é uma preocupação global, e soluções inteligentes com sensoriamento e monitoramento remoto elevam a confiabilidade dos sistemas de segurança. Diante do aumento de crimes patrimoniais e da crescente demanda por soluções tecnológicas de proteção, propõe-se a criação de um sistema de segurança com sensoriamento e monitoramento remoto. O protótipo foi construído por meio da integração do microcontrolador ESP32 com sensores de temperatura, módulo de GPS, leitor biométrico, sensor magnético e fechadura solenoide. Os componentes foram testados individualmente em bancada, montados em uma estrutura metálica adaptada e integrados à plataforma em nuvem TagoIO, responsável por registrar eventos e enviar alertas em tempo real. A lógica de controle, programada em *wiring*, possibilitou a detecção de variações térmicas, movimentações suspeitas e tentativas de acesso não autorizadas, as quais acionaram notificações imediatas. Foram realizados testes para confirmar o reconhecimento de impressões digitais, a detecção de movimentações suspeitas e temperaturas acima dos limites definidos. O sistema demonstrou confiabilidade, emitiu alerta contra diferentes ameaças e comprovou a viabilidade de soluções com Internet das Coisas (*IoT*) para segurança patrimonial residencial e comercial, com potencial para expansão e customização.

PALAVRAS-CHAVE: internet das coisas (*IoT*); leitura biométrica; microcontrolador ESP32; proteção patrimonial; sensoriamento.

INTELLIGENT SECURITY SYSTEM FOR SAFE WITH BIOMETRIC AUTHENTICATION AND REMOTE MONITORING

ABSTRACT: Asset protection is a global concern, and smart solutions with sensing and remote monitoring enhance the reliability of security systems. In light of the increase in property crimes and the growing demand for technological protection solutions, the creation of a security system with sensing and remote monitoring is proposed. The prototype was built through the integration of the ESP32 microcontroller with temperature sensors, a GPS module, a biometric reader, a magnetic sensor, and a solenoid lock. The components were individually bench-tested, assembled on an adapted metal structure, and integrated with the TagoIO cloud platform, which is responsible for recording events and sending real-time alerts. The control logic, programmed in *Wiring*, enabled the detection of temperature variations, suspicious movements, and unauthorized access attempts, which triggered immediate notifications. Tests were carried out to confirm fingerprint recognition, detection of suspicious movements, and detection of temperatures above the defined limits. The system demonstrated reliability, issued alerts against different threats, and proved the feasibility of Internet of Things (*IoT*) solutions for residential and commercial asset security, with potential for expansion and customization.

KEYWORDS: internet of things (IoT); biometric reading; ESP32 microcontroller; asset protection; sensing.

INTRODUÇÃO

A segurança patrimonial tem se tornado uma preocupação crescente no Brasil, evidenciada pelo aumento significativo nos índices de criminalidade. Segundo o Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024), foram registrados 24.951 casos de roubo a residências em 2023, equivalente a 68 ocorrências diárias, enquanto estabelecimentos comerciais contabilizaram 35.300 casos, representando 96 eventos por dia. Este cenário de insegurança reflete diretamente no comportamento dos consumidores, demonstrado pelo aumento de 255% nas buscas pelo termo "cofre" no Google entre 2005 e 2025 (*Google Trends*, 2025). O mercado global de cofres domésticos, avaliado em US\$ 0,4 bilhões em 2023, projeta crescimento para US\$ 0,7 bilhões até 2032, impulsionado por uma taxa de crescimento anual de 6,5% (*Business Research Insights*, 2024).

Apesar da maior demanda por segurança, cofres convencionais ainda se restringem a chaves ou senhas, carecendo de integração tecnológica, alertas automáticos e controle remoto (Prosecur, 2023). Setyadi (2020) destaca que a biometria, especialmente o reconhecimento de impressões digitais, oferece maior precisão e confiabilidade como método de autenticação. Fikri (2020) propõe a integração de sensores de temperatura em sistemas de segurança, permitindo monitoramento ambiental e envio de alertas em emergências. Neste contexto, propõe-se um sistema de segurança inteligente para cofres que integra autenticação biométrica, sensores ambientais e monitoramento remoto via Internet das Coisas (*IoT*).

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do sistema de segurança inteligente para cofres foi conduzido de forma sequencial, articulando fundamentação teórica, especificação de componentes e validação experimental.

Inicialmente, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre tecnologias de segurança eletrônica, autenticação biométrica e aplicações de *IoT*, sendo utilizadas as plataformas Google Scholar e Portal de Periódicos da CAPES, além de anais de congressos nacionais e internacionais. A revisão bibliográfica priorizou a busca sobre os avanços nos sistemas de segurança, integração de sensores e metodologias de autenticação, especialmente voltadas para o emprego de biometria e conectividade *IoT* em dispositivos de proteção física, conforme salientado em Alfian, Erwan e Adenan (2021) e Setyadi (2020).

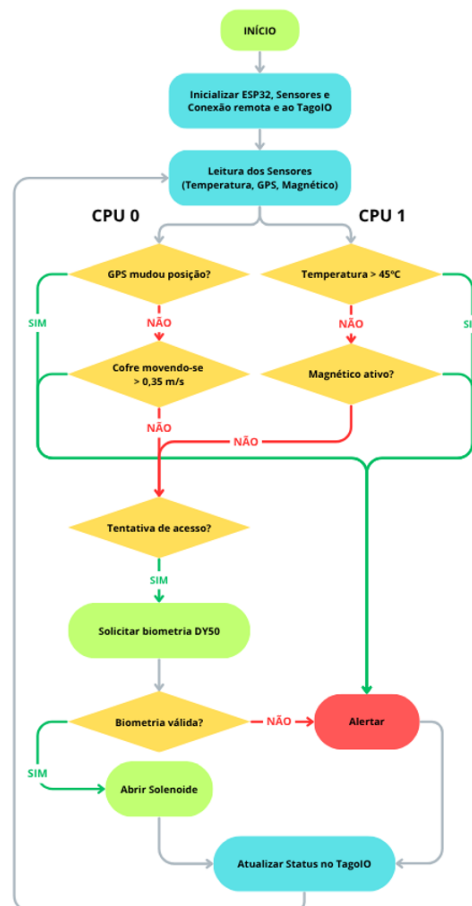
Após a fundamentação teórica, foi realizada a especificação e aquisição dos componentes essenciais para a montagem do protótipo. Optou-se pelo microcontrolador ESP32 pela sua elevada capacidade de processamento, múltiplas interfaces de comunicação e conectividade Wi-Fi nativa, que viabiliza a comunicação em tempo real com plataformas remotas. Para o monitoramento ambiental, selecionou-se o sensor de temperatura NTC 10K, devido à sua facilidade de integração, enquanto o módulo GPS Betian BN-180 foi empregado para rastreamento da localização do cofre. Já o acelerômetro MPU-6050 foi integrado ao sistema com a finalidade de detectar variações de movimentação ou inclinação do cofre, permitindo identificar tentativas de deslocamento ou violação. O controle de acesso ao cofre foi implementado por meio do leitor biométrico DY50, responsável por liberar a abertura apenas para usuários previamente cadastrados. Já o sensor magnético foi utilizado para monitorar o estado do cofre, identificando se está aberto ou fechado, além de enviar essa informação ao sistema supervisor, permitindo acompanhamento em tempo real. O mecanismo de travamento e liberação do acesso físico foi garantido por uma fechadura solenoide, acionada eletronicamente pelo microcontrolador.

Depois de finalizada a aquisição dos componentes, cada sensor e atuador foi submetido a testes individuais de funcionalidade em bancada de laboratório, com o objetivo de assegurar a compatibilidade elétrica e lógica entre os dispositivos e o microcontrolador. Paralelamente, a estrutura física do cofre foi preparada a partir da adaptação de um quadro elétrico metálico, adequado para a instalação dos sensores e da fechadura solenoide. Também foram realizados testes de conectividade da rede Wi-Fi com o ESP32 posicionado no interior do cofre, a fim de verificar a estabilidade da comunicação com a plataforma remota. Para este projeto, utilizou-se a plataforma TagoIO, escolhida pela sua fácil integração com dispositivos *IoT* e pela possibilidade de criação de *dashboards*

personalizados para visualização em tempo real dos dados coletados pelos sensores instalados no sistema.

A implementação da lógica de controle foi conduzida na etapa seguinte, com o desenvolvimento do *firmware* em linguagem *wiring*, por meio do ambiente Arduino IDE. O código foi estruturado para operar de forma cíclica, realizando a inicialização dos dispositivos, a leitura dos sensores (temperatura, GPS e magnético) e o gerenciamento do acesso biométrico. Aproveitou-se a arquitetura *dual-core* do ESP32 para distribuir as tarefas entre as duas CPUs, otimizando o desempenho do sistema. A lógica geral do sistema encontra-se no fluxograma apresentado na Figura 1.

FIGURA 1. Fluxograma de funcionamento do sistema.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 1 apresenta a lógica operacional do sistema. Após inicializar o ESP32 e os sensores e estabelecer a conexão com a plataforma TagoIO, o algoritmo lê os valores de temperatura, GPS, MPU e sensor magnético. A partir desse ponto, há processamento paralelo em dois núcleos. No núcleo 0, o *software* verifica se o GPS ou o MPU indica mudança de posição; caso negativo, avalia se o cofre exibe velocidade superior a 0,35 m/s. No núcleo 1, o controle testa se a temperatura supera 45 °C ou se o sensor magnético indica abertura. Qualquer condição anômala aciona o envio de alerta remoto ao sistema supervisorio. Se não houver anomalias e ocorrer tentativa legítima de acesso, o algoritmo solicita autenticação biométrica no leitor DY50. A validação de uma impressão digital cadastrada libera a fechadura solenoide e atualiza em tempo real o status do sistema no TagoIO.

A montagem e integração do protótipo foram realizadas nos laboratórios disponíveis no IFSP campus Catanduva, onde os sensores e atuadores foram fixados no cofre para garantir a proteção física dos circuitos, a exposição adequada dos dispositivos de interação ao usuário e o maior espaço útil possível. Posteriormente, foi realizada a integração entre o *hardware* embarcado e a plataforma TagoIO, com desenvolvimento de um *dashboard* que exibe em tempo real o estado de cada sensor e os

registros de abertura. A plataforma também permite a abertura remota do cofre, com comunicação estabelecida via protocolo HTTPS.

Os testes finais de integração validaram o funcionamento conjunto dos módulos, desde a coleta dos sinais ambientais, detecção de violações, operação biométrica, comando da fechadura solenoide até a atualização de status no *dashboard*, realizados em condições simuladas que incluíram tentativas autorizadas e não autorizadas de acesso, variações térmicas e movimentação forçada do cofre, com envio de alertas para os usuários cadastrados no TagoIO.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do sistema de segurança inteligente para cofres alcançou êxito em todas as etapas propostas, resultando na obtenção de um protótipo funcional que integra múltiplos sensores, autenticação biométrica e monitoramento remoto. A especificação e integração dos componentes eletrônicos selecionados demonstraram compatibilidade com o ESP32, validando as escolhas realizadas durante a fase de projeto. Os testes individuais de funcionalidade confirmaram que cada sensor responde adequadamente aos estímulos físicos esperados, mantendo precisão nas leituras e estabilidade nas comunicações com a unidade central de processamento.

A montagem física do sistema no cofre, apresentada na Figura 2, evidenciou a viabilidade da integração entre os componentes eletrônicos e a estrutura metálica adaptada. A disposição dos sensores foi otimizada para garantir a detecção de eventos: o sensor magnético foi posicionado na porta para identificação de aberturas, o leitor biométrico em local acessível ao usuário e o sensor de temperatura em pontos estratégicos do compartimento interno. O módulo GPS e o sensor MPU-6050 foram instalados, respectivamente, na parte superior e inferior do cofre, para otimizar a captação dos sinais de localização e a sensibilidade à movimentação física da estrutura.

FIGURA 2. Disposição física do sistema de segurança no cofre.



Fonte: Autoria própria.

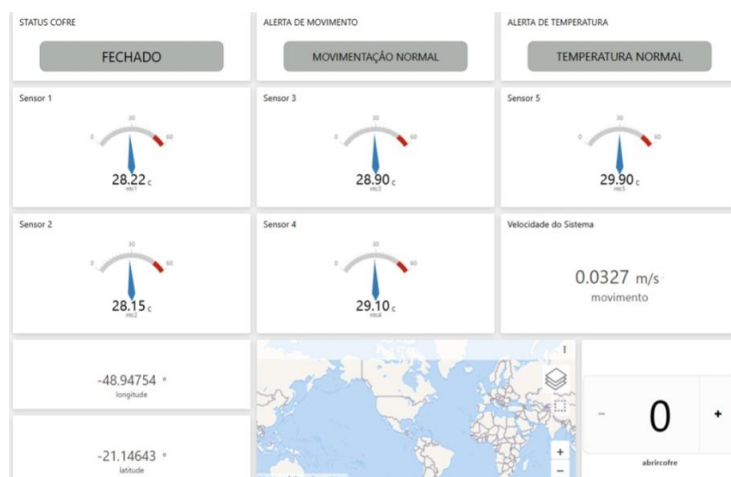
O desenvolvimento da lógica de controle no microcontrolador ESP32 seguiu o fluxograma operacional estabelecido (Figura 1) o que proporcionou um código estável e responsivo. A programação implementada em linguagem *wiring* no ambiente Arduino IDE possibilitou a leitura simultânea de múltiplos sensores, processamento das informações coletadas e execução de comandos de forma automática. Os algoritmos de decisão desenvolvidos demonstraram assertividade na identificação de situações críticas, como temperaturas superiores a 45°C, acionamento do sensor magnético ou mudanças bruscas de posição no GPS e MPU, acionando imediatamente os protocolos de alerta.

A implementação da plataforma de monitoramento remoto via TagoIO constituiu um dos êxitos do projeto, permitindo supervisão em tempo real das condições do cofre por meio de interface

web intuitiva. O sistema desenvolvido possibilita visualização instantânea do status de todos os sensores, histórico de eventos de abertura, além de geração automática de alertas para os usuários. A Figura 3 apresenta a interface da plataforma de monitoramento, demonstrando as funcionalidades de controle remoto implementadas e a apresentação organizada das informações coletadas pelos sensores.

Os testes de comunicação entre o ESP32 e a plataforma TagoIO confirmaram latência adequada, com tempos de resposta inferiores a cinco segundos (5 s) para atualização de dados.

FIGURA 3. Plataforma de monitoramento remoto do sistema.



Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos com o sistema de autenticação biométrica comprovam os relatos de Setyadi (2020), o qual destaca a precisão e confiabilidade do reconhecimento de impressões digitais em aplicações de segurança. Durante os testes de validação, o leitor DY50 apresentou taxa de acerto satisfatória no reconhecimento de biometrias previamente cadastradas. O tempo médio para autenticação foi de dois segundos (2 s). A integração entre autenticação biométrica e controle da fechadura solenoide funcionou de forma sincronizada, liberando o acesso apenas após validação positiva da impressão digital.

O monitoramento térmico, implementado por meio dos sensores NTC, demonstrou sensibilidade adequada para identificar aumentos anormais de temperatura relacionados a tentativas de violação. Durante simulações controladas, o sistema detectou corretamente elevações térmicas acima do limite estabelecido (45°C), disparando alertas automaticamente para a plataforma remota. Com isso, a função de monitoramento térmico se alinha com as proposições de Fikri (2020) sobre a importância da detecção de variações térmicas em sistemas de segurança. O rastreamento GPS e o acelerômetro MPU integrados ao cofre proporcionaram funcionalidades adicionais de segurança, permitindo localização em tempo real do dispositivo e a detecção de movimentações suspeitas (acima de 0,035 m/s). Os testes de precisão do módulo Betian BN-180 demonstraram margem de erro inferior a 10 metros em ambientes externos, adequada para fins de rastreamento de segurança.

Os testes de integração completa do sistema validaram a interoperabilidade entre todos os componentes, confirmando que as funcionalidades individuais operam de forma harmônica no conjunto. O protótipo desenvolvido demonstrou capacidade de executar simultaneamente monitoramento térmico, controle de acesso biométrico, detecção de abertura, movimentação e rastreamento GPS.

A discussão dos resultados evidencia que o sistema desenvolvido supera limitações identificadas em cofres convencionais, conforme destacado por Prosegur (2023), que aponta deficiências em recursos de monitoramento remoto e integração tecnológica. A solução implementada oferece nível de segurança superior através da combinação de múltiplas tecnologias, proporcionando proteção abrangente contra diferentes tipos de ameaças. A integração bem-sucedida entre *hardware* embarcado e plataforma de monitoramento remoto demonstra a viabilidade técnica de sistemas *IoT* aplicados à segurança patrimonial, contribuindo para o avanço do setor.

CONCLUSÕES

O sistema de segurança inteligente desenvolvido para cofres demonstrou a viabilidade técnica da integração entre autenticação biométrica, monitoramento de sensores e controle remoto via *IoT*. A especificação e integração bem-sucedida dos componentes com o microcontrolador confirmaram a adequação das escolhas tecnológicas realizadas. O protótipo funcional construído revelou capacidade de detectar situações críticas como variações térmicas anômalas, movimentações suspeitas e tentativas de violação, disparando alertas automáticos conforme projetado.

A implementação da plataforma de monitoramento remoto por meio do TagoIO contribuiu significativamente para o projeto, ao viabilizar supervisão em tempo real e controle à distância das funcionalidades do cofre. O projeto alcançou, portanto, o objetivo principal de proporcionar maior proteção e confiabilidade no armazenamento de bens de valor, representando contribuição relevante para o avanço da segurança eletrônica residencial e comercial.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Autor 1, Autor 2, Autor 3 e Autor 4 foram responsáveis pelo desenvolvimento do protótipo e validação do sistema de segurança. Autor 5 foi responsável pela orientação e supervisão durante o desenvolvimento do projeto. Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

REFERÊNCIAS

ALFIAN, M. N. H. M.; ERWAN, A. N. M.; ADENAN, M. S. M. Arduino safety box with IoT notifications. **International Journal of Recent Technology and Applied Science (IJORTAS)**, Indonésia, v. 3, n. 2, p. 67-80, Sept. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijortas-0302.273>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BUSINESS RESEARCH INSIGHTS. **Home safes market size, share, growth, and industry analysis: by type, by application, regional insights and forecast from 2025 to 2033**. [S.l.]: Business Research Insights, 2024. Disponível em: <https://www.businessresearchinsights.com/pt/market-reports/home-safes-market-109617>. Acesso em: 28 jul. 2025.

FIKRI, K.; FADLILLAH, U. Automatic safety electronic saving box. **Jurnal Emitor**, Surakarta, v. 20, n. 1, Mar. 2020. Disponível em: <https://journals.ums.ac.id/index.php/emitor/article/view/8777>. Acesso em: 4 ago. 2025.

FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **18º Anuário brasileiro de segurança pública**. São Paulo: Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.forumseguranca.org.br/items/f62c4196-561d-452d-a2a8-9d33d1163af0>. Acesso em: 28 jul. 2025.

GOOGLE. **Google Trends**: cofre. Mountain View: Google, 2025. Disponível em: <https://trends.google.com.br/trends/explore?date=today%205y&geo=BR&gprop=froogle&q=cofre&hl=pt>. Acesso em: 28 jul. 2025.

PROSEGUR. **Descubra o que são os cofres inteligentes e como funcionam**. São Paulo: Prosegur Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.prosegur.com.br/blog/dinheiro/cofre-inteligente>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SETYADI, R. R.; ARIF, A. I. Smart safe prototype based Internet of Things (IoT) with face and fingerprint recognition. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON RESEARCH OF INFORMATION TECHNOLOGY AND INTELLIGENT SYSTEMS, 3, 2020, Yogyakarta. **Proceedings [...]**. Yogyakarta: IEEE, 2020. v. 1, p. 394-399. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9315430/citations#citations>. Acesso em: 28 jul. 2025.