

# TimeCare: Auxílio à administração de medicamentos

Vitor L. Oliveira, Bruno B. Guimarães, Yasmin C. Viegas, Nagib Verly,  
Vitor D. B. Militão

<sup>1</sup>Departamento de Ciência da Computação (DCC)  
Instituto de Ciências Exatas e Informática (ICEI)  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

**Abstract.** *The Internet of Things (IoT) has gained significant attention in the digital transformation of various sectors, especially healthcare, where it has been applied to enhance medication management. Medication administration errors, such as delays or early intake, are common and directly impact the effectiveness of treatments. This paper presents the development of an IoT device for monitoring and controlling medication schedules, using magnetic sensors to detect the opening of medication compartments and a Wi-Fi module to transmit real-time data to a mobile platform. The system enables monitoring by both the patient and caregivers, with alerts at scheduled times and a detailed history of medication administrations. The proposal aims to improve treatment adherence and reduce administration errors, promoting more efficient medication control.*

**Resumo.** *A Internet das Coisas (IoT) tem ganhado destaque na transformação digital de diversos setores, principalmente na saúde, onde tem sido aplicada para melhorar o gerenciamento de medicamentos. Erros na administração de medicamentos, como atrasos ou antecipações, são comuns, afetando diretamente a eficácia dos tratamentos. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um dispositivo IoT para monitoramento e controle dos horários de medicação, utilizando sensores magnéticos para detectar a abertura de compartimentos de medicamentos e um módulo Wi-Fi para transmitir dados em tempo real para uma plataforma móvel. O sistema possibilita a monitorização tanto pelo paciente quanto pelos cuidadores, com alertas nos horários programados e histórico detalhado das administrações. A proposta visa melhorar a adesão ao tratamento e reduzir erros de administração, promovendo um controle mais eficiente da medicação.*

## 1. Introdução

A Internet das Coisas (IoT) tem desempenhado um papel fundamental na transformação digital de diversos setores, permitindo a automação, o monitoramento remoto e a coleta de dados em tempo real. Suas aplicações abrangem áreas como automação residencial, saúde e cidades inteligentes, demonstrando seu potencial para otimizar processos e melhorar a qualidade de vida. Em especial, na área da saúde, a IoT tem sido utilizada para aprimorar o gerenciamento de medicamentos, garantindo maior adesão ao tratamento e reduzindo erros de administração.

Estima-se que 77% dos erros de administração de medicamentos no Brasil estejam relacionados a problemas de horário, como atrasos ou antecipações na ingestão da medicação prescrita [Reis et al. 2010]. Esse problema pode comprometer a eficácia dos

tratamentos e impactar negativamente a saúde dos pacientes. Sem o suporte adequado, muitos indivíduos, especialmente idosos e pacientes com doenças crônicas, tornam-se suscetíveis a falhas na administração correta dos remédios, o que pode resultar em complicações médicas evitáveis.

Para minimizar esses desafios e promover maior adesão ao tratamento correto, diversos estudos têm buscado soluções inovadoras na área de tecnologia assistiva. Um exemplo é o estudo "Smart Medication Dispenser: IoT-based Adherence Monitoring System" [Peddisetti et al. 2024], que propõe um dispensador inteligente de medicamentos com alertas sonoros e notificações para garantir a administração correta. Outro exemplo é "IoT-based Smart Pill Organizer for Medication Management" [Boudrali and Boudour 2022], que apresenta um sistema automatizado de controle de horários de medicação integrado a dispositivos móveis.

Diante desse cenário e as soluções em desenvolvimento, este artigo apresenta um dispositivo IoT para monitoramento e controle dos horários de medicação, visando garantir a administração correta do medicamento. A solução utiliza sensores magnéticos para detectar a abertura dos compartimentos de medicação e um módulo Wi-Fi para transmitir os dados em tempo real para uma plataforma móvel. Esse sistema possibilita o monitoramento tanto pelo paciente quanto por cuidadores, emitindo alertas nos horários programados e mantendo um histórico detalhado das administrações realizadas.

A estrutura do restante do artigo é organizada da seguinte forma: na seção Estudos Relacionados, são discutidos métodos e tecnologias existentes que podem contribuir para o desenvolvimento da solução proposta. A seção Metodologia apresenta como se dará o desenvolvimento, incluindo o cronograma e os métodos de avaliação. Por fim, Desenvolvimento da Proposta, no qual é abordado a arquitetura projetada e o fluxo de informações.

## **2. Estudos Relacionados**

Diversos estudos exploram a aplicação da Internet das Coisas (IoT) para aprimorar o gerenciamento de medicamentos e reduzir erros de administração. Um dos mais relevantes é "Smart Medication Dispenser: IoT-based Adherence Monitoring System" [Peddisetti et al. 2024], que propõe um dispensador automatizado com sensores para monitorar a retirada dos comprimidos, emitindo alertas sonoros e notificações para garantir a administração correta e melhorar a adesão ao tratamento.

Outra contribuição significativa é "IoT-based Smart Pill Organizer for Medication Management" [Boudrali and Boudour 2022], que apresenta um organizador inteligente capaz de registrar e gerenciar horários de medicação. A solução inclui um aplicativo móvel para monitoramento em tempo real por pacientes e cuidadores, além de gerar alertas e relatórios de uso.

A pesquisa "Errors in medicine administration - profile of medicines: knowing and preventing" [Reis et al. 2010] analisa os principais erros na administração de fármacos, enfatizando a importância do cumprimento dos horários prescritos. Os resultados reforçam a necessidade de soluções tecnológicas para aumentar a segurança no uso de medicamentos.

Complementarmente, "A Prototype of IoT Medication Management System for

Improved Adherence” [Smith and Doe 2023] demonstra como sensores e conectividade podem monitorar o consumo, enviando notificações aos pacientes para evitar doses esquecidas. Já ”Smart Medication Management: Enhancing Medication Adherence with an IoT-based Pill Dispenser and Smart Cup” [Lee and Brown 2024] introduz uma abordagem inovadora, combinando um dispensador inteligente com um copo conectado para confirmar a ingestão, garantindo maior precisão no monitoramento. Essas pesquisas serviram como ponto de partida para o projeto, uma vez que proporcionam maior assistência ao indivíduo e maior controle para o cuidador, por meio de um sistema que alerta, coleta dados e monitora a administração de medicamentos.

O foco na simplicidade de uso, aliado à preocupação com acessibilidade e às tecnologias de comunicação com o usuário — destacadas nas pesquisas mencionadas — reforça a proposta de um sistema ágil e acessível. Esse sistema é capaz de funcionar em tempo real em smartphones ou qualquer plataforma web, garantindo uma experiência de navegação segura e intuitiva.

A adoção dessas abordagens estimula a utilização do sistema e facilita a integração de dispositivos tecnológicos como ferramentas auxiliares no cotidiano.

### 3. Metodologia

O desenvolvimento do dispositivo de monitoramento de medicamentos seguiu uma metodologia centrada no usuário, priorizando a resolução de problemas concretos de adesão ao tratamento. A estratégia foi estruturada em etapas sistemáticas, combinando pesquisa aplicada, prototipagem iterativa e validação técnica. Vale ressaltar que foi decidido separar o desenvolvimento em duas principais áreas: **Hardware Físico** e **Aplicação Mobile**.

#### 3.1. Fases de Implementação

A construção do dispositivo foi dividida em quatro etapas fundamentais:

##### 1. Diagnóstico e Concepção

- Levantamento de dados sobre erros de administração de medicamentos
- Identificação de requisitos de usabilidade para diferentes perfis de usuários
- Definição das principais dores de cada público alvo
- Definição das especificações técnicas preliminares

##### 2. Desenvolvimento de Componentes

- Projeto do hardware com sensores magnéticos
- Desenvolvimento do módulo de comunicação Wi-Fi
- Criação do sistema de alertas e notificações

##### 3. Integração de Sistemas

- Desenvolvimento da interface mobile
- Desenvolvimento das funcionalidades do app para diferentes usuários
- Implementação do backend para processamento de dados
- Configuração dos protocolos de comunicação entre dispositivos

##### 4. Testes e Refinamento

- Realização de testes funcionais
- Avaliação de desempenho dos componentes
- Ajustes de precisão e confiabilidade

### 3.2. Cronograma

O presente projeto de desenvolvimento de um dispositivo IoT para monitoramento de medicamentos foi cuidadosamente planejado para ser executado em quatro sprints estratégicas. Cada sprint representa uma fase crítica de desenvolvimento, permitindo uma abordagem incremental e flexível para a construção da solução tecnológica.

Sprint	Tópicos	Data de Início	Data de Término
1	Pesquisa Exploratória e Fundamentos Conceituais	13/02/2025	28/03/2025
2	Prototipagem de Hardware e Desenvolvimento de Infraestrutura	29/03/2025	09/05/2025
3	Desenvolvimento de Software e Integração de Sistemas	10/05/2025	20/06/2025
4	Validação Final e Refinamentos	21/06/2025	27/06/2025

O projeto de monitoramento de remédios será desenvolvido de maneira organizada e iterativa, dividido em quatro etapas, cada uma representando uma fase do desenvolvimento. A abordagem adotada seguirá uma trajetória estruturada, começando com a base conceitual e avançando até a validação final, passando por etapas importantes como a pesquisa de referências, criação de protótipos de hardware, desenvolvimento de software e testes extensivos.

Cada sprint representará um pequeno avanço no progresso do dispositivo, permitindo ajustes e melhorias contínuas ao longo do processo. O projeto começará com a pesquisa e definição das necessidades, seguida pela criação de um modelo piloto de dispositivo IoT, e irá passar pela fase de desenvolvimento e implementação de uma plataforma para dispositivos móveis, bastante útil para análises estatísticas e envio de notificações. O projeto culminará com uma fase final de validação e aprimoramento, garantindo que cada etapa contribua para a evolução natural do produto.

### 3.3. Procedimentos Metodológicos

#### 3.3.1. Seleção de Tecnologias

A escolha das tecnologias foi fundamentada em critérios rigorosos para garantir que o sistema seja eficiente, seguro e adequado às necessidades do projeto. Os critérios de escolha foram os seguintes:

- **Compatibilidade com dispositivos móveis:** As tecnologias selecionadas devem garantir uma integração eficiente com as plataformas móveis, permitindo o desenvolvimento de um aplicativo com boa usabilidade e desempenho.
- **Baixo consumo energético:** Como se trata de um dispositivo IoT, a escolha de tecnologias com baixo consumo de energia é essencial para garantir a autonomia dos dispositivos e a sustentabilidade do sistema.

- **Baixo custo de produção:** A adoção de tecnologias de baixo custo é essencial para garantir a viabilidade econômica do produto e sua ampla disseminação na sociedade. Essa escolha estratégica visa possibilitar o uso contínuo e em larga escala pelo público geral, removendo barreiras financeiras à adoção da solução.
- **Confiabilidade e eficiência na transmissão de dados:** A tecnologia utilizada deve assegurar uma comunicação confiável e eficiente entre os dispositivos, minimizando a latência e maximizando a precisão da transmissão de dados.

### 3.4. Validação e Métricas de Avaliação

A validação da proposta será realizada com base em um conjunto de parâmetros de desempenho que abrangem diferentes aspectos do sistema de monitoramento de remédios, visando garantir sua eficácia e usabilidade. A seguir, detalham-se os principais parâmetros de avaliação que serão considerados para validar a proposta, além de uma justificativa para a escolha do método de avaliação.

#### 3.4.1. Parâmetros de Desempenho

##### 1. Precisão de Monitoramento

- **Taxa de Detecção de Abertura de Compartimentos:** Avaliar a capacidade do sistema de detectar com precisão a abertura dos compartimentos de armazenamento dos remédios, garantindo que os eventos de uso sejam registrados corretamente.
- **Margem de Erro na Identificação de Eventos:** Medir a precisão do sistema na identificação de eventos relacionados ao uso de medicamentos, como a abertura do compartimento e a ingestão do remédio. Uma margem de erro mínima é desejada para garantir a confiabilidade do sistema.

##### 2. Eficiência Computacional

- **Tempo de Resposta entre Detecção e Notificação:** Medir o tempo decorrido entre a detecção de um evento (como a abertura do compartimento) e o envio da notificação ao usuário. O tempo de resposta deve ser o mais rápido possível para garantir a eficácia do sistema.
- **Consumo de Recursos Computacionais:** Avaliar o impacto do sistema sobre os recursos computacionais (memória, processamento) para garantir que o monitoramento não sobrecarregue o dispositivo e que a eficiência energética seja mantida.

##### 3. Usabilidade

- **Facilidade de Configuração:** Testar a facilidade com que os usuários conseguem configurar o sistema, incluindo a instalação do hardware, a configuração do software e a personalização das notificações.
- **Clareza das Interfaces:** Avaliar a clareza e a intuitividade das interfaces do sistema, garantindo que os usuários consigam navegar facilmente e entender as informações apresentadas.
- **Adaptabilidade para Diferentes Perfis de Usuários:** Verificar a flexibilidade do sistema para atender a diferentes perfis de usuários (por exemplo, usuários idosos, pessoas com deficiência ou técnicos de saúde), garantindo que o sistema seja acessível e eficiente para todos.

- **Funcionalidades Escaláveis e Impactantes:** Avaliar a capacidade do sistema de escalar conforme a necessidade de adicionar mais compartimentos de remédios ou integrar novos dispositivos, mantendo a eficácia e a usabilidade.

### 3.4.2. Método de Avaliação/Validação

A validação das métricas de desempenho será realizada por meio de uma combinação dos seguintes métodos de avaliação:

- **Modelo Analítico:** Será utilizado para simular o comportamento do sistema em cenários teóricos, como a detecção de eventos e o consumo de recursos computacionais, permitindo ajustes iniciais antes dos testes práticos.
- **Simulação:** O sistema será simulado em um ambiente controlado para testar a taxa de detecção de eventos, o tempo de resposta e a eficiência computacional, validando os parâmetros de desempenho em diferentes condições de operação.
- **Medição:** Após a implementação real do sistema, serão feitas medições diretas para validar as métricas de usabilidade e desempenho. Isso incluirá testes de campo com usuários para avaliar a clareza das interfaces, a facilidade de configuração e a adaptabilidade do sistema, além de monitorar o consumo de recursos e a precisão do monitoramento.

Essa combinação de métodos garantirá que o sistema atenda aos requisitos de desempenho, usabilidade e escalabilidade, proporcionando uma solução confiável e eficiente para o monitoramento de remédios.

## 4. Desenvolvimento da Proposta

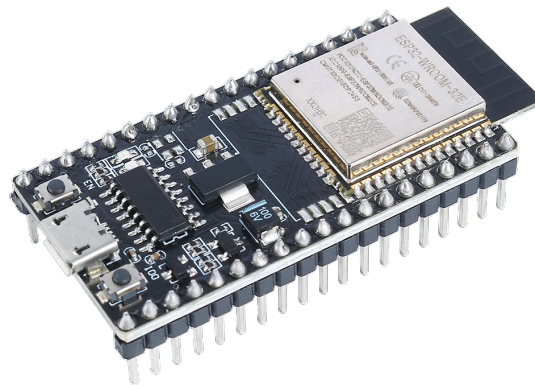
### 4.0.1. Arquitetura Proposta

A solução TimeCare para o monitoramento do uso de medicamentos está dividida em dois ambientes principais: o Ambiente de Captura e Processamento e o Ambiente de Configuração e Controle. Além disso, a arquitetura do sistema é composta por três blocos funcionais principais: Captura, Processamento e Notificação. A escolha de utilizar um dispositivo baseado no ESP32 se deve à sua conectividade Wi-Fi e eficiência energética, permitindo a integração fluida entre o hardware do dispositivo e o aplicativo móvel.

No Ambiente de Captura e Processamento, o ESP32 está integrado a um sensor Reed Switch, responsável por detectar o uso da caixa de medicamentos. Sempre que a tampa da caixa for aberta, o sensor registra o evento e envia essa informação ao microcontrolador. Esse mecanismo garante um monitoramento preciso da interação do usuário com o dispositivo, minimizando erros no registro de uso dos medicamentos.

O Processamento dos dados ocorre diretamente no ESP32, que interpreta os sinais do sensor Reed Switch e atualiza um display embutido na caixa. O display pode assumir quatro configurações distintas:

- **Cronômetro:** conta o tempo desde o último uso registrado.
- **Timestamp:** exibe a data e horário do último uso registrado.

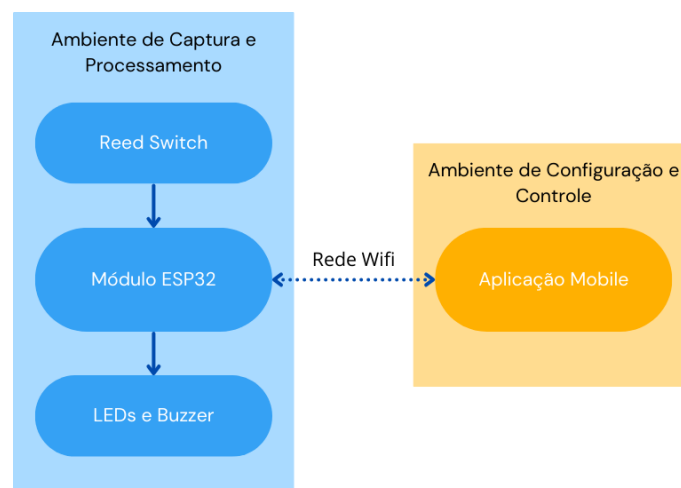


**Figure 1. Módulo Wifi ESP32**

- **Contador de usos:** registra quantas vezes a caixa foi aberta.
- **Timer:** reduz o tempo selecionado pelo usuário até chegar a zero.

Por fim, o Ambiente de Configuração e Controle está centrado no aplicativo móvel, que se comunica via Wi-Fi com o ESP32. O aplicativo permite ao usuário configurar as funcionalidades do dispositivo, ajustar os intervalos do timer, consultar os históricos de uso e personalizar os alertas. Essa abordagem garante uma interface intuitiva e acessível para o monitoramento eficaz do tratamento medicamentoso.

A estabilidade da conexão Wi-Fi entre o aplicativo e o dispositivo é fundamental para garantir a sincronia dos dados e a confiabilidade das notificações. A figura 2 ilustra a arquitetura do sistema, detalhando o fluxo de informação entre os componentes mencionados.



**Figure 2. Fluxo de Informação**

## References

Boudrali, R. and Boudour, R. (2022). An iot-based pill management system for elderly. *[Nome da Revista]*, [Volume]. Keywords: smart healthcare, IoT, pill dispenser, ambient assisted living, medication adherence.

- Lee, M. and Brown, A. (2024). Smart medication management: Enhancing medication adherence with an iot-based pill dispenser and smart cup. In *2024 IEEE International Conference on Smart Health*, pages 78–85.
- Peddisetti, V., Kandregula, P. K., John, J. A., Poomdla, S., George, K., and Panangadan, A. (2024). Smart medication management: Enhancing medication adherence with an iot-based pill dispenser and smart cup. In *2024 IEEE First International Conference on Artificial Intelligence for Medicine, Health and Care (AIMHC)*, pages 137–144.
- Reis, A. M. M., Marques, T. C., Opitz, S. P., de Camargo Silva, A. E. B., Gimenes, F. R. E., Teixeira, T. C. A., Lima, R. E. F., and Cassiani, S. H. D. B. (2010). *Errors in medicine administration - profile of medicines: knowing and preventing*. Acta Paulista de Enfermagem.
- Smith, J. and Doe, J. (2023). A prototype of iot medication management system for improved adherence. In *2023 International Conference on IoT in Healthcare*, pages 45–52.