

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
CAMPUS DIVINÓPOLIS**

**Gustavo Rodrigues Barcelos**

**SISTEMAS DE GESTÃO DE EQUIPAMENTOS NA ERA DIGITAL:  
Explorando a Sinergia entre a IoT e a Computação em Nuvem**

**Divinópolis**

**2023**

**GUSTAVO RODRIGUES BARCELOS**

**SISTEMAS DE GESTÃO DE EQUIPAMENTOS NA ERA DIGITAL:  
Explorando a Sinergia entre a IoT e a Computação em Nuvem**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Graduação em Engenharia de Computação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Eduardo Habib Bechelane  
Maia

Coorientador: Thabatta Moreira Alves De  
Araújo

**DIVINÓPOLIS**

**2023**

**GUSTAVO RODRIGUES BARCELOS**

**SISTEMAS DE GESTÃO DE EQUIPAMENTOS NA ERA DIGITAL:  
Explorando a Sinergia entre a IoT e a Computação em Nuvem**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Graduação em Engenharia de Computação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Aprovado em 11 de dezembro de 2023.

---

Eduardo Habib Bechelane Maia

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)

---

Raulivan Rodrigo da Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)

---

Diego Ascanio Santos

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)

## **AGRADECIMENTOS**

É com profundo respeito e gratidão que dedico este espaço para expressar meu sincero agradecimento àqueles que tornaram possível a realização deste trabalho.

Primeiramente, minha gratidão ao professor Eduardo Habib Bechelane Maia, cuja paciência, ensinamentos e orientações foram fundamentais em minha jornada acadêmica. Sua disposição em me acolher e oferecer oportunidades valiosas como monitoria, projetos de iniciação científica e extensão, além do compartilhamento do seu vasto conhecimento, foram essenciais para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. Graças ao seu apoio, obtivemos reconhecimento e premiação pelo nosso trabalho, um marco que levarei com orgulho em minha carreira.

Expresso também minha imensa gratidão à coorientadora Thabatta Moreira Alves De Araújo, cujo auxílio na redação deste trabalho e paciência me proporcionaram um aprendizado valioso. Juntos, você e o professor Habib formaram uma equipe incrível que me guiou até esta conquista.

Aos meus pais, Rodrigo Silva Barcelos e Kátia Flaviana Rodrigues, meu amor e gratidão. Vocês foram o suporte emocional nesta jornada, oferecendo amor, compreensão e incentivo a cada passo. Seu apoio incondicional foi fundamental para as minhas conquistas e o meu desenvolvimento.

À minha irmã, Maria Luiza Barcelos, sou grato por suas lições de vida e pelo apoio constante. Você me ensinou a enfrentar diversas situações com coragem e sabedoria, algo que levarei sempre comigo.

Minha gratidão à minha namorada, Isadora Menezes Lima, por sua compreensão e incentivo contínuo. Seu constante estímulo e apoio foram fundamentais em minha jornada, encorajando-me a sempre dar o meu melhor e alcançar as metas que estabelecemos juntos. Sua presença e carinho foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho. Cada um de vocês desempenhou um papel vital nesta importante etapa da minha vida.

## RESUMO

Este trabalho se concentra no desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de equipamentos, apoiado em três pilares principais: Arquitetura IoT, Interface Web e Integração. Com uma estrutura modular e adaptável, o sistema ainda em prototipagem, foi concebido para atender às necessidades de diferentes contextos operacionais, tais como hospitais, indústria, comércio. A estrutura de hardware do sistema emprega o sensor RFID MFRC522 para detecção dos equipamentos por meio de tags RFID. Ao receber os dados do sensor, o microcontrolador ESP8266 processa e encaminha as informações a um servidor em nuvem através da conexão wifi. A infraestrutura da computação em nuvem incorpora serviços do Firebase para autenticação, armazenamento e sincronização de dados. O que pode reforçar a segurança e escalabilidade do sistema. Os dados em nuvem poderão ser acessados por uma aplicação web, desenvolvida para a interface com os usuários, a fim de sintetizar informações dos equipamentos como localização, disponibilidade e acessos. Os resultados alcançados nos testes do protótipo em laboratório demonstram que o sistema realça a usabilidade e a acessibilidade da interface web, bem como a possibilidade de eficiência na gestão de dados e de recursos físicos em função do monitoramento automatizado dos equipamentos. Além disso, os benefícios esperados da integração entre a computação em nuvem e a Internet das Coisas (IoT) incorrem em escalabilidade, flexibilidade e eficiência operacional da solução desenvolvida, já que se apresenta com uma estratégia que pode atender à diversos ambientes de aplicação.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Equipamentos; IoT; Computação em Nuvem; RFID; Gestão Operacional.

## ABSTRACT

This study focuses on the development of an equipment management system, supported by three main pillars: IoT Architecture, Web Interface, and Integration. Featuring a modular and adaptable structure, the system, currently in its prototyping stage, is designed to meet the needs of various operational contexts such as hospitals, industry, and commerce. The hardware framework of the system utilizes the MFRC522 RFID sensor for equipment detection through RFID tags. Upon receiving data from the sensor, the ESP8266 microcontroller processes and forwards the information to a cloud server via a WiFi connection. The cloud computing infrastructure incorporates Firebase services for authentication, data storage, and synchronization, potentially enhancing the system's security and scalability. The cloud-stored data can be accessed through a web application developed for user interaction, aimed at synthesizing equipment information like location, availability, and access. The results obtained from prototype testing in the laboratory indicate that the system enhances the usability and accessibility of the web interface, as well as the potential for efficient data and physical resource management due to the automated monitoring of equipment. Furthermore, the expected benefits of integrating cloud computing with the Internet of Things (IoT) include scalability, flexibility, and operational efficiency of the developed solution, presenting a strategy that can be applied across various environments.

**Keywords:** Equipment Management; IoT; Cloud Computing; RFID; Operational Management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema proposto . . . . .	15
Figura 2 – Detalhamento dos três pilares fundamentais da proposta: Arquitetura IoT, Interface Web e Integração. . . . .	16
Figura 3 – Caso de uso do sistema . . . . .	30
Figura 4 – Protótipo do hardware. . . . .	31
Figura 5 – <i>tags</i> Identificação por Radiofrequência, do inglês <i>Radio Frequency Identification</i> (RFID) em formato de cartão para simular os equipamentos hospitalares. . . . .	31
Figura 6 – Fluxo de processo para a leitura e gerenciamento de <i>tags</i> RFID. . . . .	33
Figura 7 – Interface do Firebase Authentication para controle de acesso de usuários. . . . .	34
Figura 8 – Utilização do Firestore Database para gerenciamento de dados estáticos. . . . .	34
Figura 9 – Firebase Realtime Database em operação para dados dinâmicos. . . . .	35
Figura 10 – Interface do Firebase Storage para armazenamento de dados de mídia. . . . .	35
Figura 11 – Variações do logotipo projetadas para a identidade visual do sistema. . . . .	36
Figura 12 – Paleta de cores selecionada para a interface do sistema. . . . .	37
Figura 13 – Protótipos da interface web mostrando a tela de login e a adaptação da identidade visual. . . . .	37
Figura 14 – Diagrama de fluxo do processo de cadastro de empresas. . . . .	39
Figura 15 – Página de pré-cadastro para empresas na interface web. . . . .	40
Figura 16 – Tela dos gestores para administração de empresas no sistema. . . . .	40
Figura 17 – Página de completamento de cadastro do usuário ADM. . . . .	41
Figura 18 – Tela de cadastro de usuário. . . . .	42
Figura 19 – Tela de administração de usuários da empresa. . . . .	42
Figura 20 – Tela de aprovação de cadastro de usuário. . . . .	43
Figura 21 – Diagrama de fluxo de cadastro de usuários. . . . .	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação das Tecnologias RFID Passivas . . . . .	7
Tabela 2 – Requisitos funcionais do sistema . . . . .	24
Tabela 3 – Requisitos não funcionais do sistema . . . . .	27
Tabela 4 – Avaliação de Implementação dos Requisitos do Sistema . . . . .	45



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT	Internet das coisas, do inglês <i>Internet of Things</i>
IA	Inteligência Artificial
TIC's	Tecnologias de Informações e Comunicações
CPU	Unidade Central de Processamento, do inglês <i>Central Processing Unit</i>
RFID	Identificação por Radiofrequência, do inglês <i>Radio Frequency Identification</i>
WIFI	Comunicação Sem Fio de Alta Fidelidade, do inglês <i>Wireless Fidelity</i>
WSNs	Redes de Sensores Sem Fio, do inglês <i>Wireless Sensor Networks</i>
HTTP	Protocolo de Transferência de Hipertexto, do inglês <i>Hypertext Transfer Protocol</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Internet das coisas</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Identificação por Radiofrequência</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1.1</b>	<b>Aplicações da RFID na Gestão de Equipamentos</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Microprocessadores</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Comunicação Sem Fio de Alta Fidelidade, do inglês <i>Wireless Fidelity</i> (WIFI)</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Computação em nuvem</b>	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>Gestão e monitoramento de recursos e ativos</b>	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Arquitetura IoT</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Interface Web</b>	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>Integração</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>Definição dos Requisitos Funcionais e Não Funcionais da Interface Web</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Diagrama de caso de uso</b>	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>Sistema de identificação de objetos</b>	<b>29</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Processo de Leitura e Gerenciamento de Tags RFID</b>	<b>30</b>
<b>4.4</b>	<b>Infraestrutura e Armazenamento de Dados</b>	<b>32</b>
<b>4.5</b>	<b>Interface Web</b>	<b>36</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Criação da Identidade Visual</b>	<b>36</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Apresentação dos Resultados da Interface Web</b>	<b>37</b>
<b>4.5.2.1</b>	<b>Fluxo de Cadastro de Empresas</b>	<b>38</b>
<b>4.5.2.2</b>	<b>Fluxo de Cadastro de Usuários</b>	<b>41</b>
<b>4.5.2.3</b>	<b>Cadastro de quartos</b>	<b>43</b>
<b>4.5.2.4</b>	<b>Cadastro de equipamentos</b>	<b>44</b>
<b>4.6</b>	<b>Revisão do Status de Implementação dos Requisitos do Sistema</b>	<b>45</b>

4.7	<b>Considerações finais</b> . . . . .	46
5	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	48
5.1	<b>Trabalhos futuros</b> . . . . .	48
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	50

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto da acelerada evolução tecnológica e do aumento exponencial de dispositivos e conexões, destaca-se o desafio de gerenciar recursos de forma precisa e eficiente. Essa evolução afeta variados aspectos do cotidiano, estimulando pesquisadores e desenvolvedores a aprimorar a implementação da tecnologia para satisfazer as demandas humanas com o mínimo impacto negativo (ROZA, 2020). Ajustar-se a este progresso é essencial em vários setores, uma vez que a aplicação ética e responsável das Tecnologias de Informações e Comunicações (TIC's) pode impulsionar significativamente a competitividade, importância e relevância das empresas no mercado (SCHWAB, 2018; LEE et al., 2022). Dentro deste panorama, propõe-se uma abordagem voltada para a automatização na gestão de equipamentos na era digital, ressaltando que um gerenciamento eficaz é crucial para a produtividade e eficiência nos ambientes de trabalho.

A adoção de TIC's tem se mostrado benéfica sobretudo pela melhoria que proporciona na qualidade dos serviços (DABIRI et al., 2009). Nesse contexto, tecnologias como Internet das coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), Inteligência Artificial (IA), *Blockchain* e Computação em Nuvem são relevantes, pois oferecem soluções que vão desde a digitalização de registros até a automação de processos administrativos. Essa gama de aplicações reflete a capacidade adaptativa destas tecnologias em atender a diferentes necessidades e contextos, reforçando a sua importância no cenário atual (SERBANATI, 2020; KWON et al., 2022).

Contudo, é notório que os avanços tecnológicos não são uniformemente distribuídos e, em algumas situações, são empregados de forma inadequada (ABDELMONEEM; BENSLIMANE; SHAABAN, 2020). A pandemia do COVID-19, por exemplo, serviu como um alerta, evidenciando fragilidades dos sistemas de saúde, especialmente em termos de capacidade de atendimento e gestão de recursos (MCCABE et al., 2020; GARZOTTO et al., 2020). Diante deste cenário, a gestão criteriosa de recursos, como os equipamentos hospitalares, tornou-se ainda mais essencial (BEDFORD et al., 2020).

Quanto aos equipamentos, sua disponibilidade, localização adequada, manutenção e operação são pilares para garantir a qualidade do serviço prestado (MOSADEGHRAD,

2014). Falhas nestes quesitos podem acarretar consequências graves, como a interrupção de procedimentos vitais ou redução da segurança e funcionalidade em estruturas críticas (BOATEMAA et al., 2017; RIOS et al., 2023). Neste contexto, a tecnologia Identificação por Radiofrequência, do inglês *Radio Frequency Identification* (RFID) se apresenta como uma alternativa eficaz. Essa tecnologia facilita o rastreamento de equipamentos em tempo real e a coleta de dados de forma econômica (POPOVA et al., 2021).

Manter um alto padrão na prestação de serviços está intrinsecamente ligado à eficiência na gestão de recursos. Frequentemente, essa administração ainda se faz de modo manual, trazendo consigo desafios operacionais consideráveis. Um exemplo claro é no setor de logística, onde o gerenciamento manual do inventário pode resultar em contagens erradas e, conseqüentemente, atrasos nas entregas (DE KOSTER; LE-DUC; ROODBERGEN, 2007). Em ambientes como hospitais, os equipamentos não apenas são valiosos, mas também exigem investimentos substanciais. Por exemplo, segundo a Associação Nacional de Hospitais Privados, em 2022, os gastos hospitalares com equipamentos representaram aproximadamente 23,6% da receita bruta, somando cerca de R\$ 95.000.000,00 (ANAHP, 2023). Este dado realça a necessidade de uma gestão focada tanto no bem-estar dos usuários quanto na manutenção adequada dos equipamentos (CL OLIVEIRA et al., 2021). Além do setor hospitalar, a indústria de manufatura também exemplifica a importância desta questão: uma gestão ineficaz de equipamentos pode levar a paradas não planejadas, aumento dos custos de manutenção e redução da vida útil dos equipamentos, impactando diretamente na produtividade e na sustentabilidade financeira da empresa.

Nessa perspectiva, soluções fundamentadas na IoT são aplicáveis a diversas áreas do conhecimento, buscando resolver desafios que necessitam de conectividade entre objetos e pessoas (ABORUJILAH; ELSEBAIE; MOKHTAR, 2021). Essas tecnologias facilitam a coleta de dados, que podem ser utilizados para extrair informações valiosas para a gestão.

Logo, a arquitetura IoT desenvolvida neste trabalho, que incorpora a tecnologia de RFID, se destaca como uma alternativa para aprimorar o gerenciamento de equipamentos. A implementação do RFID oferece uma forma eficiente de rastrear objetos usando sinais de rádio (LE BRETON et al., 2022; POPOVA et al., 2021), promovendo uma coleta de dados contínua e precisa, essencial para uma gestão mais proativa e eficaz dos recursos.

A arquitetura desenvolvida se diferencia pela integração inteligente entre a tecnologia RFID e um sistema avançado de microcontroladores interconectados. A escolha do RFID representa um passo significativo além das práticas convencionais de gerenciamento, proporcionando uma identificação e rastreamento de ativos altamente automatizados e menos passivo de erros. Cada etiqueta RFID é dotada de um identificador único, garantindo a obtenção de informações detalhadas sobre cada equipamento com uma simples leitura.

No cerne do sistema está o microcontrolador, que processa os dados recebidos das etiquetas RFID, oferecendo uma centralização eficiente da informação. Esta abordagem não só simplifica a análise e a gestão dos dados, mas também capacita os administradores a tomar decisões rápidas e informadas, uma vantagem considerável em ambientes onde a agilidade é crucial. A arquitetura foi cuidadosamente projetada para ser escalável, adaptando-se facilmente ao crescimento do inventário de equipamentos e à integração com novos sistemas.

Para complementar, uma interface web , proporciona aos gestores uma plataforma intuitiva para acessar e gerenciar informações de equipamentos de qualquer dispositivo com conexão à internet. Esta interface não é apenas um portal para visualizar o estado dos ativos, mas um centro de comando para operações vitais como a gestão de empréstimos. A harmonia entre a arquitetura IoT e a interface web resulta em um ecossistema coerente e adaptável, preparado para enfrentar os desafios do gerenciamento de ativos na era moderna.

No segundo capítulo deste trabalho, é apresentado um referencial teórico abrangente que cobre áreas como gestão e monitoramento de equipamentos, Internet das Coisas (IoT), Identificação por Radiofrequência (RFID), Wi-Fi, microprocessadores e computação em nuvem. O capítulo subsequente é dedicado aos materiais e métodos, onde se detalha a arquitetura IoT utilizada, a interface web desenvolvida e a integração eficiente destes componentes. No quarto capítulo, são expostos os resultados alcançados, ressaltando a eficiência do sistema por meio da análise dos dados coletados e especificando os requisitos funcionais e não funcionais da interface web. Por fim, o trabalho destaca suas contribuições para o campo de estudo, enfatizando o potencial de expansão e aprimoramento do sistema em diversos contextos, particularmente com a incorporação de novas tecnologias como a Inteligência Artificial.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, analisam-se tecnologias essenciais na gestão e monitoramento de recursos em vários setores. Inicialmente, a Seção 2.1 investiga a Internet das Coisas (IoT), salientando sua capacidade de conectar e monitorar dispositivos em tempo real, o que é crucial para a gestão eficiente de recursos. Posteriormente, a Seção 2.2 explora a computação em nuvem, destacando seu papel no armazenamento e processamento de grandes volumes de dados, uma componente vital para a análise e tomada de decisões informadas. A seguir, na Seção 2.3, examina-se como as tecnologias avançadas são aplicadas na otimização da eficiência e eficácia operacional, abordando diversas ferramentas e métodos que facilitam o gerenciamento de recursos. O capítulo tem o propósito de demonstrar como a integração dessas tecnologias promove um gerenciamento de recursos mais eficaz, ágil e adaptável aos desafios contemporâneos.

### 2.1 Internet das coisas

A Internet das coisas, do inglês *Internet of Things*, possibilita a interconexão digital de objetos cotidianos através da Internet. Neste âmbito, a IoT se caracteriza por uma rede composta por dispositivos diversos, cada um equipado com sensores e atuadores, que se comunicam através da Internet (SULTAN, 2019). Para integrar a IoT, um sistema precisa satisfazer requisitos específicos: ter um identificador único para cada dispositivo, como um endereço IP, capacidade de interagir com o ambiente usando sensores ou atuadores, e habilidade de se conectar a uma rede de dados para enviar e receber informações (CARAVEO-CACEP; VÁZQUEZ-MEDINA; ZAVALA, 2023).

Em diversos setores, como manufatura, logística e serviços, a IoT tem sido aplicada com sucesso. No contexto da saúde, por exemplo, a IoT pode ser utilizada para rastrear equipamentos, monitorar condições de saúde dos pacientes remotamente e gerenciar estoques de medicamentos. O potencial para melhorar a eficiência operacional e otimizar o gerenciamento de recursos é significativo com a aplicação da IoT.

Especificamente no gerenciamento de equipamentos, a IoT pode desempenhar um papel crucial. Dispositivos IoT são capazes de monitorar o status dos equipamentos em tempo real, alertar sobre a necessidade de manutenção e até mesmo prever falhas

potenciais antes que estas ocorram. Este gerenciamento proativo é essencial para a manutenção da continuidade das operações e a eficiência organizacional (RODRIGUEZ-GARCIA et al., 2023).

Além disso, a IoT pode ser empregada para o rastreamento da localização de equipamentos, uma funcionalidade particularmente valiosa em ambientes de grande escala, onde itens podem ser facilmente deslocados ou perdidos. Com a IoT, é possível rastrear a localização exata de cada item em tempo real, melhorando a gestão de ativos e reduzindo a incidência de perda de equipamentos (CHU et al., 2020).

No entanto, a adoção da IoT em qualquer setor não está livre de desafios. A segurança dos dados é uma preocupação primordial, dada a vulnerabilidade dos dispositivos IoT a ataques cibernéticos. A interoperabilidade entre diferentes dispositivos IoT também pode ser um obstáculo, devido à diversidade de padrões e protocolos adotados pelos fabricantes (MANSOUR et al., 2023; BALAJI; NATHANI; SANTHAKUMAR, 2019).

Em suma, a IoT detém um potencial incrível para transformar diversos setores, otimizando a eficiência operacional e a gestão de recursos. No entanto, é vital que os desafios associados à segurança de dados e à interoperabilidade dos dispositivos sejam adequadamente endereçados.

Considerando a relevância da IoT na gestão de equipamentos, este trabalho procederá à análise de três componentes tecnológicos fundamentais: RFID, microprocessadores e WIFI. Inicialmente, será abordada a utilização do RFID como ferramenta de rastreamento e identificação. Posteriormente, discutiremos o papel dos microprocessadores, essenciais na operação dos dispositivos IoT. E enfim, será explorado o papel do WIFI como meio de conectividade, enfatizando sua importância na transmissão de dados em sistemas de IoT.

### **2.1.1 Identificação por Radiofrequência**

A Identificação por Radiofrequência, do inglês *Radio Frequency Identification*, é uma tecnologia que se baseia no uso de ondas eletromagnéticas para identificar e rastrear objetos. Sua aplicabilidade estende-se por uma ampla gama de contextos e indústrias, incluindo, mas não se limitando a, logística de suprimentos e gerenciamento de ativos. A



capacidade da Identificação por Radiofrequência, do inglês *Radio Frequency Identification* de fornecer identificação única e rastreamento em tempo real torna-a uma ferramenta versátil em diversas aplicações práticas (CHOKSHI et al., 2022).

O sistema RFID consiste em três componentes principais: o transponder, também conhecido como *tag*, o leitor e a antena, todos integrados a um software de aplicação específico (COSTA et al., 2021). A *tag*, elemento central do sistema, é composta por um meio de acoplamento e um chip, que confere identificação única ao objeto ao qual está associada. Ao receber um sinal de radiofrequência, a *tag* emite informações para o leitor, alterando a impedância do chip entre dois estados, *Zmatch* e *Zreflect*. Esse mecanismo gera um nível de potência retroespalhado, interpretado pelo leitor como um sinal digital (LE BRETON et al., 2022).

As *tags* RFID podem ser classificadas em ativas ou passivas. As *tags* ativas possuem uma fonte de energia própria, permitindo-lhes transmitir sinais com maior potência e alcance, enquanto as *tags* passivas dependem da energia do sinal de radiofrequência recebido para operar (OLIVEIRA, 2021). As tecnologias RFID passivas são categorizadas de acordo com suas radiofrequências, conforme ilustrado na Tabela 1 (ALINDEKON et al., 2023).

O campo de aplicação do RFID é vasto e em crescimento constante. A integração de sensores com *tags* RFID tem aberto novas possibilidades para a tecnologia, oferecendo soluções de baixo custo e manutenção reduzida, tornando-as atrativas para aplicações em manufatura, logística, agricultura e indústria de alimentos (ZUO et al., 2022). Ademais, as tecnologias RFID são essenciais para a IoT e são amplamente utilizadas em soluções modernas de gestão de equipamentos (RAAD et al., 2019). Portanto, a RFID é uma tecnologia que merece atenção especial no contexto da IoT.

#### **2.1.1.1 Aplicações da RFID na Gestão de Equipamentos**

A tecnologia RFID demonstra seu valor no rastreamento automatizado e preciso de objetos em uma variedade de ambientes. Esta tecnologia é amplamente utilizada em sistemas antifurto, em lojas para gerenciamento de inventário, no monitoramento de equipamentos em contextos industriais, e até em operações logísticas para rastrear cargas. Além disso, em qualquer cenário, seja no controle de estoque ou no rastreamento

Tabela 1 – Comparação das Tecnologias RFID Passivas

	<b>LF RFID</b>	<b>HF RFID</b>	<b>UHF RFID</b>	<b>Microondas RFID</b>
<b>Frequência de Operação</b>	125 - 134 kHz	13,56 MHz	856 - 960 MHz	2,45 GHz ou superior
<b>Alcance Aproximado</b>	menos de 1 metro	Até 1 metro	Vários metros	Maior alcance
<b>Aplicações Comuns</b>	Controle de acesso, identificação de animais	Rastreamento em bibliotecas, identificação de bagagens, pagamentos sem contato	Logística, gerenciamento de cadeia de suprimentos, rastreamento de paletes e contêineres	Rastreamento de veículos em alta velocidade
<b>Características Adicionais</b>	Resistente a interferências de líquidos e metais, tamanho maior de tag	Equilíbrio entre alcance e resistência a interferências, amplamente utilizado em cartões inteligentes	Longo alcance, sensível a líquidos e metais, tamanho menor de tag	Muito alto alcance, maior custo e consumo de energia, sensível a interferências ambientais

Fonte: (ALINDEKON et al., 2023; CHAWLA; HA, 2007).

de equipamentos, a capacidade de monitorar a localização e o estado dos objetos é essencial para a eficiência operacional e a gestão efetiva de recursos (CHOKSHI et al., 2022). A utilização da RFID para coletar dados de diversos sensores simultaneamente tem se provado uma técnica eficaz para o gerenciamento e supervisão em tempo real.

Avançando nas inovações da RFID, as *tags* passivas podem ser empregadas como sensores ou localizadores. Esse uso inovador permite monitorar a dinâmica de ambientes complexos, utilizando redes densas de *tags* de baixo custo e duráveis (DODDS et al., 2023). Essas *tags*, estrategicamente posicionadas, fornecem informações valiosas sobre a localização de equipamentos essenciais, contribuindo para a gestão eficiente de inventário.

Além disso, a aplicação da RFID no rastreamento de equipamentos minimiza erros, reduz a possibilidade de perda ou uso inadequado de ativos e garante a disponibilidade de equipamentos necessários em boas condições, impactando diretamente na produtividade e na manutenção de operações (KAHVZADEH, 2019).

As capacidades da RFID têm o potencial de transformar a gestão de equipamentos, tornando-a mais eficiente e precisa. Com a implementação adequada,

esta tecnologia pode resultar em maior transparência na utilização de ativos, melhor manutenção e, conseqüentemente, operações mais eficazes (DA XU; HE; LI, 2014).

### 2.1.2 Microprocessadores

Os microprocessadores, ou Unidade Central de Processamento, do inglês *Central Processing Unit* (CPU), constituem o coração de uma ampla variedade de dispositivos eletrônicos, abrangendo desde computadores pessoais até *smartphones* e veículos (TANENBAUM; WETHERALL, D. J., 2011). Esses componentes vitais executam instruções de programas de computadores, realizando operações aritméticas, lógicas, de controle e de entrada/saída, fundamentais para a operacionalidade dos sistemas. Sua relevância advém da habilidade em processar informações e conduzir tarefas complexas, atuando como o "cérebro" dos dispositivos (WOLF, 2017).

Com avanços tecnológicos, os microprocessadores evoluíram para estruturas altamente complexas, integrando milhões ou até bilhões de transistores, o que lhes confere a capacidade de processar dados com grande eficiência (WOLF, 2017). A literatura especializada detalha a complexidade desses componentes e sua versatilidade em executar uma gama diversificada de tarefas, com ênfase em sistemas de computação embarcada (ASHWINI; RAVI, 2020; NANDINI; SESHIKALA, 2021). Pesquisas recentes enfatizam sua crescente importância no âmbito da IoT, destacando seu papel crucial na análise e processamento de dados em tempo real, o que é essencial para a resposta ágil a eventos dinâmicos em sistemas de monitoramento e alerta (SUBARNA et al., 2023).

No contexto da IoT, os microprocessadores são imprescindíveis, facilitando a comunicação e o processamento de dados entre dispositivos interconectados, sendo fundamentais em sistemas de gestão inteligente. Eles processam as informações coletadas por sensores, permitindo o monitoramento e controle em tempo real (LIMA et al., 2023).

Além disso, sua aplicabilidade estende-se a sistemas de rastreamento de ativos, onde são essenciais para manter registros precisos da localização e condição dos itens, contribuindo para uma gestão de recursos mais eficaz (SILVA, 2021). No setor agrícola, por exemplo, os microprocessadores são empregados no desenvolvimento de sistemas de irrigação inteligentes, otimizando o uso de água e incrementando a produtividade em

cultivos hidropônicos, ilustrando assim sua adaptabilidade em diversos segmentos (HALL; LLINAS, 1997; MILLÁN et al., 2023).

Portanto, os microprocessadores são componentes chave na interconexão e no processamento de dados em uma miríade de dispositivos inteligentes, desempenhando um papel central na IoT e trazendo benefícios significativos para uma variedade de setores industriais e comerciais (ABORUJILAH; ELSEBAIE; MOKHTAR, 2021).

### **2.1.3 Comunicação Sem Fio de Alta Fidelidade, do inglês *Wireless Fidelity* (WIFI)**

O WIFI, é uma tecnologia que viabiliza a conexão de dispositivos eletrônicos à internet sem o uso de cabos. Funcionando por meio de ondas de rádio para transmitir dados entre dispositivos dentro de uma área especificada, é geralmente usado em contextos domésticos ou de escritório (CISCO, 2023).

Baseado no padrão IEEE 802.11, o WIFI define as especificações para redes locais sem fio (WLAN). Este padrão possui diversas subcategorias, como 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n e 802.11ac, cada uma com características específicas de velocidade, alcance e frequência (IEEE 802..., 2016). Mais recentemente, a versão 802.11ax, conhecida como WIFI 6, surgiu como um aprimoramento considerável, apresentando operações mais inteligentes e velocidades superiores, especialmente úteis em ambientes industriais de grande fluxo de dados (TYAGI et al., 2021).

A comunicação WIFI começa a partir de um roteador, que se conecta à internet por meio de um Provedor de Serviços de Internet (ISP). O roteador, por sua vez, emite um sinal de rádio, que é recebido por dispositivos habilitados para Wi-Fi, como computadores, *smartphones* e tablets. Após estabelecer a conexão, esses dispositivos podem enviar e receber dados através do roteador, proporcionando acesso à internet.

A relevância do WIFI no contexto da IoT é fundamental. Esse tipo de rede sem fio é essencial para conectar uma ampla gama de dispositivos na IoT, abrangendo desde eletrodomésticos inteligentes até sensores industriais (MATTERN; FLOERKEMEIER, 2010). Além disso, o WIFI provou ser particularmente útil em aplicações como sistemas de detecção de ocupação e contagem de pessoas em edifícios inteligentes (ZOU et al., 2018), assim como em eventos públicos (MEHMOOD et al., 2019), facilitando a coleta precisa e prática de informações sobre ocupação.

As vantagens do WIFI para a IoT incluem a facilidade de instalação, a capacidade de conectar um grande número de dispositivos e a habilidade de transmitir grandes volumes de dados (AL-FUQAHA et al., 2015). No entanto, o WIFI também apresenta desafios significativos, como a segurança dos dados e a necessidade de gerenciar eficientemente o consumo de energia dos dispositivos conectados. Notavelmente, uma característica valiosa para conectar nós de IoT é a capacidade de uma rede ser autoconfigurável, o que reduz a necessidade de configuração manual e colaboração entre os nós, tornando a implementação e a gestão da IoT menos complexas e mais eficientes (GERGELEIT, 2019).

No contexto do gerenciamento de equipamentos utilizando a IoT, o papel do WIFI é estratégico. Sua capacidade de conectar diversos dispositivos sem fio facilita o monitoramento e controle de equipamentos em tempo real. Isso permite não apenas a coleta eficiente de dados, mas também a implementação de ações de manutenção e gestão baseadas em informações precisas e atualizadas. Portanto, a integração do WIFI em sistemas de IoT para o gerenciamento de equipamentos representa um avanço significativo na otimização de processos e na tomada de decisões estratégicas.

## **2.2 Computação em nuvem**

O paradigma de computação em nuvem é reconhecido como uma evolução no campo da tecnologia da informação, transformando o modo como as organizações gerenciam seus recursos computacionais (MICROSOFT AZURE, 2023). Esse modelo permite que servidores remotos hospedem e manipulem dados, garantindo acesso e armazenamento a qualquer momento, sob demanda (KUMAR, 2023).

Este modelo de computação promove inovações aceleradas, oferecendo recursos flexíveis e aproveitando economias de escala. Notavelmente, os custos são baseados apenas nos serviços efetivamente utilizados pelos usuários, o que ajuda a diminuir as despesas operacionais e otimizar a execução da infraestrutura (AL MASARWEH; ALWADA'N; AFANDI, 2022).

A escalabilidade é uma das principais vantagens da computação em nuvem, permitindo que usuários aloquem recursos conforme necessário e pagando exclusivamente pelo consumo. Grandes provedores de serviços de nuvem destacam

benefícios como agilidade, elasticidade, controle de custos e a capacidade de realizar implementações globais em curtos espaços de tempo. Qualidades como rapidez, aumento de produtividade, melhor desempenho, confiabilidade e segurança também são enfatizadas (AWS, 2023; MICROSOFT AZURE, 2023; GOOGLE CLOUD, 2023).

Dentro deste contexto, emergem três modelos fundamentais de serviços que estruturam a oferta de computação em nuvem. O modelo de Infraestrutura como Serviço (IaaS) proporciona aos usuários acesso a recursos de computação virtualizados, como servidores e armazenamento, em um modelo de pagamento conforme o uso, permitindo uma gestão de recursos mais flexível e uma redução significativa no investimento em hardware (ARMBRUST et al., 2010).

Por sua vez, a Plataforma como Serviço (PaaS) oferece um ambiente de desenvolvimento e implantação completo na nuvem, com recursos que permitem aos desenvolvedores entregar desde aplicativos simples até complexas aplicações empresariais, abstraindo a complexidade da gestão da infraestrutura subjacente e permitindo que os desenvolvedores se concentrem na criação de software (MELL; GRANCE, 2011).

Por fim, o modelo de Software como Serviço (SaaS) permite aos usuários se conectar e usar aplicativos baseados em nuvem pela Internet, como e-mail e ferramentas de escritório, com o provedor de serviços gerenciando a infraestrutura e a plataforma de aplicativos até o próprio software, facilitando o acesso a soluções completas sem a complexidade de instalação e manutenção (ARMBRUST et al., 2010).

Cada um desses modelos fornece diferentes graus de controle, flexibilidade e gestão, adaptando-se às diversas necessidades empresariais e permitindo que as organizações escolham a opção mais adequada às suas demandas específicas (GOOGLE CLOUD, 2023).

A computação em nuvem tem beneficiado vários setores industriais e comerciais, atuando como um suporte para aplicações baseadas na Internet das Coisas (IoT), facilitando a coleta e processamento escalável de dados em diversas aplicações. A tecnologia também simplifica o acesso a grandes volumes de dados e é crucial para o armazenamento e gerenciamento de grandes conjuntos de informações (SIRIPURAPU et al., 2023).

Além disso, a computação em nuvem é eficaz na coleta e no processamento de

grandes volumes de dados, que podem ser oriundos de diversos sensores e dispositivos, enviando as informações para a nuvem via internet (ELSHAHED et al., 2023; AWSAJ; MASHHADANY; FOURATI, 2022; TELLO et al., 2022).

A gestão e o armazenamento dos recursos na nuvem geralmente são feitos por prestadores de serviços terceirizados em grandes data centers. Contudo, os usuários mantêm a habilidade de acessar, realizar backups, transferir dados e executar operações em aplicações via servidores remotos, desde que tenham as autorizações necessárias (SIRIPURAPU et al., 2023; YILDIZ; ALTINBAS, 2023).

Assim, os benefícios da computação em nuvem são evidenciados por características como escalabilidade, flexibilidade e facilidade de manutenção, consolidando esta tecnologia como um recurso valioso para auxiliar organizações em sua contínua busca por eficiência operacional (KUMAR, 2023).

A computação em nuvem, com suas características de escalabilidade, flexibilidade e eficiência operacional, desempenha um papel vital no gerenciamento de equipamentos usando a IoT. A natureza escalável e a capacidade de processamento da computação em nuvem permitem o gerenciamento eficaz de uma grande quantidade de dados gerados por dispositivos IoT. Isso é particularmente benéfico no contexto do gerenciamento de equipamentos, onde a coleta, análise e armazenamento de dados são cruciais para a manutenção preventiva, a otimização de recursos e a tomada de decisões estratégicas. A utilização da computação em nuvem como infraestrutura para IoT não apenas simplifica a gestão de dados, mas também oferece uma plataforma escalável e econômica para o monitoramento em tempo real e a manutenção de equipamentos. Com isso, a computação em nuvem não só apoia a implementação da IoT, mas também aumenta sua eficiência e eficácia, tornando-se um recurso indispensável no gerenciamento de equipamentos em ambientes industriais e comerciais.

### **2.3 Gestão e monitoramento de recursos e ativos**

O monitoramento de recursos e ativos tem se tornado cada vez mais sofisticado e integrado, graças ao avanço de tecnologias como Redes de Sensores Sem Fio, do inglês *Wireless Sensor Networks* (WSNs), IoT, Computação em Nuvem e até mesmo IA. Estas inovações não apenas reformularam a forma como o monitoramento é realizado,

mas também expandiram consideravelmente o espectro de suas aplicações.

A combinação dessas tecnologias é capaz de gerar um ecossistema no qual a coleta e a análise de dados acontecem em tempo real. Isso proporciona uma resposta imediata e eficaz a eventos críticos, melhorando a eficiência operacional e possibilitando novas abordagens, como a manutenção preditiva e a gestão automatizada de recursos (ZHONG et al., 2017). Por exemplo, no setor agrícola, a implementação das tecnologias IoT e WSNs no monitoramento e localização de animais tem aprimorado a gestão da pecuária e a saúde animal. Sensores e dispositivos estão entregando dados preciosos sobre a localização, saúde e comportamento dos animais, promovendo uma gestão mais eficaz e proativa do rebanho (WOLFERT et al., 2017).

Entretanto, a coleta de dados é apenas o início. O processamento, armazenamento e análise subsequente desses dados são cruciais. Neste contexto, a Computação em Nuvem emerge como uma solução escalável e flexível, capaz de armazenar e processar o grande volume de informações geradas. Esta abordagem não apenas minimiza os custos de hardware e manutenção, mas também aumenta a eficiência operacional, permitindo o acesso e análise de dados de qualquer lugar. Adicionalmente, ela facilita a integração de sistemas e plataformas distintas, contribuindo para um gerenciamento de ativos mais integrado e centralizado (KUMAR, 2023).

Complementando este quadro, a IA desempenha um papel indispensável na interpretação dos dados coletados. Utilizando algoritmos de aprendizado de máquina, ela é capaz de identificar padrões, antecipar tendências e, em certos casos, automatizar a tomada de decisões em sistemas de monitoramento. Essa capacidade de análise preditiva é essencial para a implementação de manutenção preventiva em indústrias, minimizando interrupções e estendendo a vida útil dos equipamentos. Estudos recentes indicam que a aplicação de princípios de inteligência artificial em sistemas adaptativos e preventivos pode ser significativamente benéfica, não apenas em contextos industriais, mas também em aplicações ambientais e de saúde, demonstrando a versatilidade e eficácia da IA em diversos campos (MELO; FONTGALLAND, 2023). Além disso, a integração da IA em sistemas de saúde ilustra seu potencial em melhorar a eficiência operacional, a precisão no diagnóstico e a gestão de recursos, aspectos que são diretamente transferíveis para o gerenciamento de equipamentos industriais (KUWAITI et al., 2023).

Em suma, a utilização conjunta destas tecnologias modernas está aprimorando



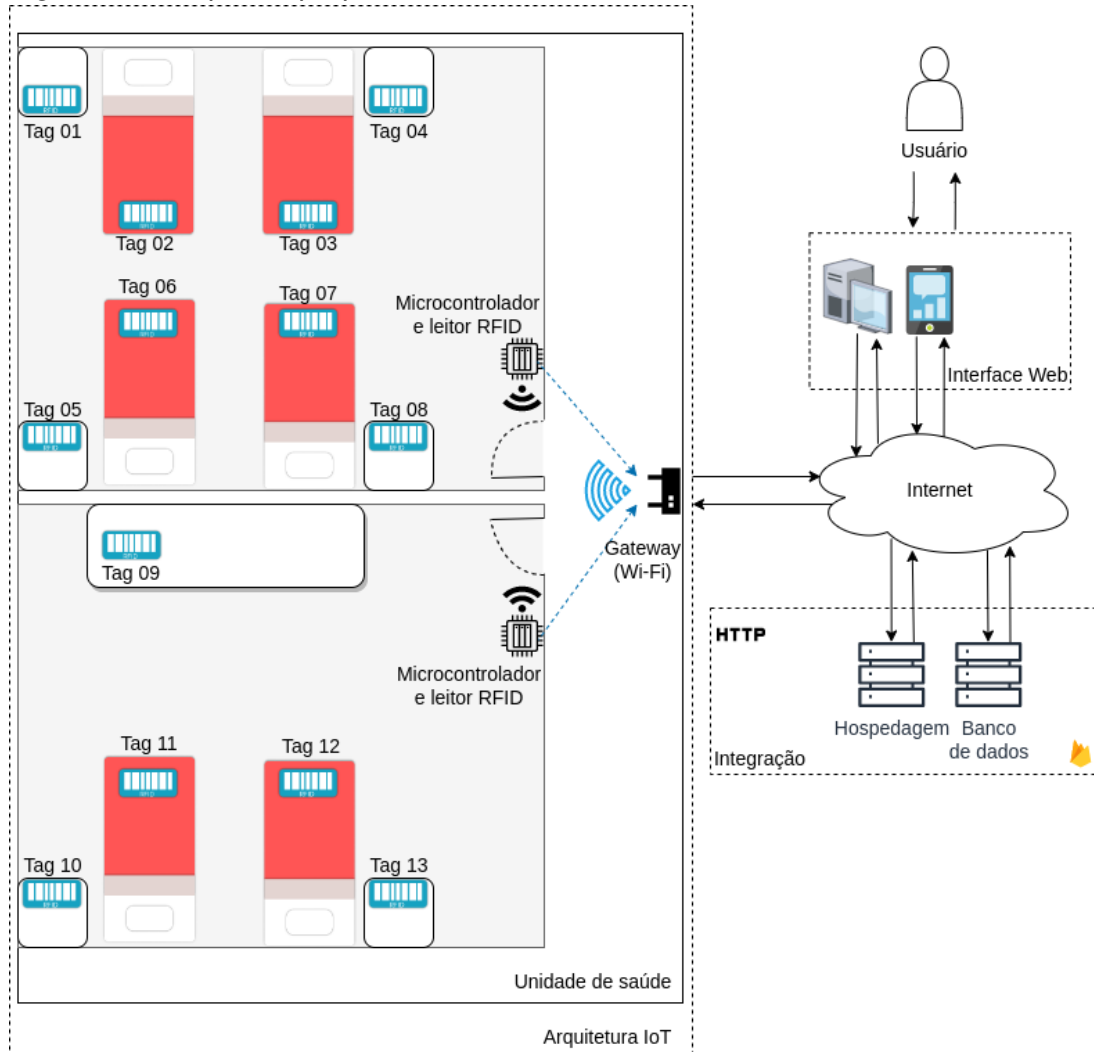
significativamente a gestão e o monitoramento de recursos e ativos. A capacidade de coleta e análise de dados de forma extensiva e em tempo real está influenciando positivamente a abordagem de gestão de ativos, incentivando métodos mais proativos e preditivos, especialmente em ambientes urbanos inteligentes. Esses avanços, embora sutis, estão gradualmente aumentando a eficiência, a sustentabilidade e a adaptabilidade na gestão de recursos, preparando o terreno para um futuro onde tais práticas se tornam ainda mais integradas e essenciais em uma sociedade em constante evolução.

## **2.4 Considerações finais**

Concluindo esta seção, destaca-se o impacto transformador da IoT e da computação em nuvem na gestão e no monitoramento de recursos em variados setores. A integração destas tecnologias favorece uma gestão de equipamentos mais eficiente e integrada, com uma melhoria notável na precisão e eficácia operacional. As análises apresentadas enfatizam a importância da adoção dessas inovações tecnológicas para enfrentar desafios contemporâneos na gestão de recursos. Assim, ressalta-se a necessidade de investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, visando aprimorar e integrar de maneira constante estas tecnologias, com o objetivo de otimizar a gestão de equipamentos e recursos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Figura 1 – Esquema proposto



Fonte: Próprio autor

A solução apresentada, visualizada na Figura 1, é uma estrutura modular e flexível para a gestão de ativos em diversos domínios, sendo o gerenciamento de equipamentos hospitalares uma aplicação de exemplo dentre as várias possíveis. Esta proposta é fundamentada em três pilares centrais de igual importância: Arquitetura IoT, Interface Web e Integração, projetados para trabalhar de forma integrada e sem uma ordem hierárquica estabelecida.

No pilar de Arquitetura IoT, a figura demonstra a capacidade de monitoramento e rastreamento dos ativos, onde a infraestrutura física — o *hardware* — é um componente crítico para o sucesso na gestão de equipamentos em variados contextos. As decisões

sobre a seleção de microprocessadores, a definição de estratégias de comunicação e a escolha de plataformas de programação são fundamentais para a adaptabilidade e eficácia da solução. Tais escolhas são determinantes para a capacidade do sistema se integrar e operar em qualquer ambiente proposto.

A Interface Web é retratada na Figura 1 como o meio pelo qual os usuários interagem com a arquitetura IoT, destacando a importância de um design intuitivo e reativo. Este pilar engloba a, definição de requisitos funcionais e não funcionais, a prototipagem e escolha de uma plataforma e um *framework* de desenvolvimento, assegurando que a interface atenda às necessidades dos usuários finais.

Por fim, a Integração, como mostrado no esquema, é o processo de ligação entre a arquitetura de hardware e a interface de software, através do uso de protocolos de comunicação como Protocolo de Transferência de Hipertexto, do inglês *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Este pilar é essencial para a coleta, transmissão e armazenamento de informações, utilizando bancos de dados e serviços de hospedagem em nuvem para garantir uma operacionalidade consistente e eficaz.

Figura 2 – Detalhamento dos três pilares fundamentais da proposta: Arquitetura IoT, Interface Web e Integração.



Fonte: Próprio autor

A Figura 2 expõe uma visão detalhada dos três pilares fundamentais, elucidando os componentes específicos que compõem cada um. Juntos, estes pilares formam o cerne da solução proposta, permitindo uma gestão de ativos eficaz e adaptável a diferentes contextos operacionais.

As seções seguintes irão explorar cada pilar em maior profundidade, proporcionando uma análise detalhada da função e da integração dos componentes no sistema proposto.

### **3.1 Arquitetura IoT**

A arquitetura IoT, um dos pilares fundamentais do sistema proposto, foi baseada no microprocessador ESP8266 (ESPRESSIF SYSTEMS, 2023). Este microcontrolador de 32 bits é notável por sua capacidade integrada de WIFI e facilidade de implementação, tornando-o uma escolha atraente para aplicações de IoT em uma vasta gama de cenários, incluindo a gestão de equipamentos (NAWANDAR; SATPUTE, 2019; JONES, 2020). Além disso, o custo acessível do ESP8266 o torna uma ótima opção para fins de prototipagem.

A versatilidade do ESP8266 é reforçada pela sua compatibilidade com diversas linguagens de programação. Para o presente projeto, escolheu-se utilizar C++, uma linguagem eficiente que proporciona um controle refinado sobre o hardware, fator crítico para a concepção de uma solução de IoT eficaz (AL-FAZARI; AL-RISI; ABDULWAHHAB, 2019). A plataforma de desenvolvimento selecionada foi o Arduino, uma plataforma de código aberto amplamente suportada por uma robusta comunidade. Essas características permitiram maior colaboração e inovação e facilitaram a personalização e a expansão das funcionalidades do projeto. Além disso, a vasta gama de bibliotecas e exemplos de código disponíveis na literatura também contribuíram para acelerar o desenvolvimento do projeto (ARDUINO TEAM, 2019).

Em comparação com outros microcontroladores, como o Arduino Uno e o Raspberry Pi, o ESP8266 se destaca principalmente pela sua integração nativa com Wi-Fi, oferecendo conectividade de rede sem fio em um módulo compacto e com baixo consumo de energia. Enquanto o Arduino Uno é amplamente reconhecido por sua facilidade de uso e robusta comunidade de apoio, ele carece de capacidade Wi-Fi embutida, necessitando de módulos adicionais para conectividade sem fio. Por outro lado, o Raspberry Pi, apesar de ser mais poderoso em termos de processamento e recursos, é significativamente maior e mais caro, tornando-o menos ideal para aplicações onde tamanho e custo são críticos (RASPBERRY PI FOUNDATION, 2024). Assim, o ESP8266 oferece um equilíbrio ideal entre conectividade, tamanho, custo e consumo de energia

para aplicações IoT, especialmente em cenários de gestão de equipamentos e prototipagem rápida.

Ao Integrar a tecnologia RFID com microcontrolador ESP8266, o sistema adquire capacidades de localização e rastreamento. A escolha da RFID é impulsionada por sua habilidade em realizar leituras remotas, o que permite a identificação e o rastreamento de objetos sem necessidade de contato físico direto. Em contraste com métodos como o QR Code, que requerem alinhamento visual e podem ser obstruídos por sujeira ou danos, a RFID se destaca por sua resistência a interferências e obstáculos físicos, o que garante confiabilidade mesmo em ambientes onde outras formas de identificação visual podem falhar (ZUO et al., 2022). Além disso, as *tags* RFID são pequenas e leves, o que facilita a incorporação em uma diversidade de objetos e equipamentos.

A tecnologia RFID é capaz de proporcionar identificação única para uma diversidade de objetos, similar ao modo como um CPF serve como um identificador exclusivo para cada cidadão. Assim como o CPF permite a identificação inequívoca de uma pessoa, cada *tag* RFID é equipada com um identificador único, uma espécie de CPF digital, para o objeto ao qual está anexada. Esse recurso possibilita o rastreamento preciso de itens individuais, o que simplifica significativamente a administração e a localização de equipamentos em ambientes variados (LE BRETON et al., 2022).

Para a prototipagem, a escolha de um sensor RFID recai sobre o baseado no chip MFRC522 (NXP SEMICONDUCTORS N.V, 2016). Este chip é amplamente reconhecido em aplicações de RFID por sua confiabilidade e eficiência, estando em harmonia com as vantagens que a tecnologia proporciona (GROSINGER et al., 2021).

Após a seleção do microcontrolador e da tecnologia de rastreamento, o próximo passo na implementação da solução é estabelecer a conexão em rede. Nesse contexto, optou-se pela implementação da rede de comunicação via WIFI, reconhecida por sua eficácia na transmissão de dados entre dispositivos IoT (AL-FUQAHA et al., 2015). O WIFI é particularmente benéfico em ambientes internos, pois fornece conexões de alta velocidade mesmo em espaços compactos ou complexos, como escritórios densamente povoados ou armazéns com múltiplos obstáculos (HEINZELMAN; CHANDRAKASAN; BALAKRISHNAN, 2002).

A decisão pelo WIFI é fundamentada em suas propriedades distintivas, como ubiquidade, usabilidade e capacidade para suportar a transmissão de grandes volumes

de dados (DINESH et al., 2022) . Essa confluência de fatores reforça o WIFI como uma escolha eficaz e habitual para a maioria dos contextos de aplicação da solução.

### 3.2 Interface Web

O segundo pilar essencial da solução é a interface web, um elo vital de interação entre os usuários e o sistema. Desenvolvida com o *framework* Flutter, esta plataforma de código aberto se destaca por criar telas intuitivas e visualmente atraentes (FLUTTER, 2023). Sua capacidade de desenvolver para várias plataformas, como *Android*, *iOS* e *Web*, a partir de um único código fonte, destaca-se pela eficiência e otimização de tempo no desenvolvimento e manutenção.

Em contraste com o React Native, que enfrenta desafios de desempenho em diferentes plataformas, e as linguagens Kotlin e Swift, que requerem códigos distintos para *Android* e *iOS*, Flutter oferece uma abordagem unificada (META, 2024; JETBRAINS, 2024; APPLE INC., 2024). Isso não só economiza tempo de desenvolvimento, mas também garante uma experiência de usuário homogênea e de alta qualidade em todas as plataformas. A escolha do Flutter para desenvolvimento multiplataforma atende de forma eficiente e integrada tanto aos requisitos funcionais quanto aos não funcionais do sistema.

Inicialmente, a definição dos requisitos funcionais e não funcionais assegurou que a interface atendesse integralmente às necessidades do sistema (CAMPOS; ALMEIDA CAMPOS; DE SOUZA, 2019). Os requisitos funcionais detalharam as operações e funcionalidades necessárias, enquanto os não funcionais focaram em aspectos como desempenho, segurança e usabilidade, essenciais para a implementação do sistema.

A elaboração de um diagrama de casos de uso seguiu a definição dos requisitos (BENTO et al., 2021). Este diagrama, ilustra as interações dos usuários com o sistema, foi fundamental para garantir a cobertura completa das necessidades dos usuários.

Posteriormente, a fase de definição da identidade visual, incluindo a paleta de cores e logos, foi conduzida com o auxílio da plataforma Figma. Esta etapa forneceu uma base visual sólida para a prototipagem subsequente da interface (RACHE; MEYER, 2020). Os protótipos interativos, também desenvolvidos no Figma, permitiram avaliações e ajustes detalhados antes do desenvolvimento final, otimizando o processo e garantindo a

usabilidade e o design adequados.

Finalmente, a interface web foi projetada para ser interativa, funcional e adaptável, capaz de realizar uma gama de operações essenciais. O sistema também inclui funcionalidades para armazenamento e gestão de arquivos de manutenção, o que simplifica o acompanhamento e a documentação dessas atividades.

Operando no modelo cliente-servidor conforme o protocolo TCP/IP (TANENBAUM; WETHERALL, D., 2011), a interface permite o acesso remoto ao sistema por meio da internet, oferecendo flexibilidade e conveniência aos usuários.

### **3.3 Integração**

A integração, como o terceiro e último pilar do projeto, foi essencial para estabelecer uma comunicação efetiva entre a Arquitetura IoT e a Interface Web. A adoção do protocolo HTTP foi uma escolha estratégica, dada a sua flexibilidade e prevalência em sistemas web (GOURLEY et al., 2002). Este protocolo facilitou a troca de informações em formato de texto entre a arquitetura IoT e o banco de dados, a fim de proporcionar compatibilidade com uma ampla gama de sistemas e plataformas.

Para o armazenamento de dados, o Firebase, um produto da Google, foi a opção selecionada. Sua natureza de banco de dados não relacional permitiu um armazenamento e manuseio de dados flexíveis, sem a necessidade de alterações significativas no código do sistema. Além disso, a utilização do Firebase como solução de computação em nuvem eliminou a necessidade de infraestrutura física para armazenamento de dados (KUMAR, 2023), o que proporciona uma economia de custos e facilitando a escalabilidade do sistema conforme as demandas (AWS, 2023). A política de pagamento conforme o uso do Firebase foi uma vantagem adicional, especialmente útil durante a fase de prototipação do projeto (GOOGLE CLOUD, 2023).

A escolha do Firebase para hospedagem trouxe também benefícios como um domínio gratuito, o que reduz os custos de desenvolvimento dos protótipos e simplifica a estratégia de hospedagem. A integração entre o banco de dados e a aplicação web foi otimizada pelo ecossistema Google, que inclui o Flutter, tornando o processo mais eficiente.

Em resumo, a integração do projeto foi fundamentada na comunicação via

protocolo HTTP, no armazenamento de dados e na hospedagem com o Firebase. Esses componentes garantiram uma comunicação eficaz, armazenamento de dados flexível e escalável, e uma hospedagem econômica e prática.

### **3.4 Considerações finais**

A escolha dos componentes e métodos para este sistema foi meticulosamente planejada para equilibrar eficiência técnica com custo-benefício. A utilização do microcontrolador ESP8266 e a implementação do Firebase para armazenamento de dados são exemplos claros dessa abordagem, visando manter os custos operacionais baixos sem comprometer a funcionalidade. Esta estratégia é particularmente relevante na fase de prototipagem, onde o controle de custos é essencial.

Além disso, a modularidade do sistema foi uma consideração importante, permitindo futuras expansões e adaptações sem a necessidade de grandes revisões ou custos adicionais. Esta flexibilidade assegura que o sistema permaneça atualizado e eficiente frente às rápidas mudanças tecnológicas e às necessidades variáveis do mercado.

Em resumo, a metodologia adotada neste projeto não só atende aos requisitos funcionais como também enfatiza a economia operacional. Esta combinação de eficácia técnica e viabilidade financeira é fundamental para a aplicação prática do sistema em ambientes reais e estabelece uma base sólida para futuras inovações no campo do gerenciamento de ativos e da IoT.



## 4 RESULTADOS

Este capítulo é dedicado à apresentação dos resultados obtidos no desenvolvimento do sistema de gerenciamento de equipamentos. O processo iniciou-se com a meticulosa definição dos requisitos funcionais e não funcionais, estabelecendo as fundações para um sistema adaptável e robusto. Essa fase inicial foi crucial, pois delineou as diretrizes para todas as etapas subsequentes do desenvolvimento, assegurando que o sistema fosse alinhado precisamente às necessidades de gerenciamento de equipamentos.

A elaboração do diagrama de caso de uso surgiu como um passo vital, proporcionando uma visão clara e estruturada das interações dos usuários com o sistema. Esse esquema não apenas auxiliou na compreensão do contexto operacional, mas também guiou o design das funcionalidades, garantindo que fossem tanto práticas quanto intuitivas.

O desenvolvimento subsequente do protótipo do hardware de localização foi um avanço significativo, demonstrando a aplicabilidade prática e a eficiência do sistema em um cenário real. A infraestrutura e o armazenamento de dados, tratados com detalhe e cuidado, garantiram que o sistema pudesse gerenciar eficientemente grandes volumes de informações, enfatizando sua escalabilidade e confiabilidade.

Finalmente, a criação da interface web, com sua ênfase na usabilidade e acessibilidade, reforçou a facilidade de interação com o sistema, tornando a experiência do usuário final fluída e intuitiva. Essa abordagem integrada dos diversos componentes do sistema reflete um compromisso com a eficácia e a inovação no campo do gerenciamento de equipamentos.

As seções subsequentes proporcionarão uma análise detalhada dos componentes e processos implementados no sistema de gerenciamento de equipamentos. A Seção 4.1 foca nos requisitos funcionais e não funcionais da interface web, elementos cruciais para a funcionalidade e eficácia do sistema. Em seguida, a Seção 4.2 examina o diagrama de caso de uso, elucidando as interações dos usuários com o sistema. A Seção 4.3 detalha o desenvolvimento do hardware de identificação de objetos, ressaltando sua importância estratégica. A infraestrutura e o armazenamento de dados, explorados na Seção 4.4, abordaram o uso da computação em nuvem para aprimorar o desempenho do sistema.

Finalmente, a Seção 4.5 apresenta a interface web, destacando suas funcionalidades e design.

#### **4.1 Definição dos Requisitos Funcionais e Não Funcionais da Interface Web**

Esta sessão apresenta os requisitos identificados para a interface web, fundamentais para o desenvolvimento de um sistema que atenda às necessidades de uma solução de gerenciamento e monitoramento de equipamentos. Os requisitos são divididos em duas categorias principais: requisitos funcionais e requisitos não funcionais.

A Tabela 2 detalha os requisitos funcionais do sistema. Cada requisito é apresentado com um código para fácil identificação e referência futura. O campo "Nome" oferece um resumo do objetivo do requisito, enquanto a "Descrição" explica mais detalhadamente o que o sistema deve ser capaz de realizar. A "Prioridade" indica a importância do requisito, classificada em três níveis: essencial, importante e desejável. Requisitos essenciais são cruciais para a operação básica do sistema, importantes acrescentam valor significativo, e desejáveis, embora não críticos, melhoram a funcionalidade e a conveniência.

Os requisitos funcionais descrevem as capacidades específicas e as operações que o sistema deve executar, detalhando as funcionalidades e características que estarão disponíveis para os usuários. Eles são vitais para definir o comportamento do sistema em resposta a entradas específicas, assegurando uma interface que atenda às exigências dos usuários.

Por outro lado, a Tabela 3 aborda os requisitos não funcionais do sistema. Estes são cruciais para definir as qualidades e condições sob as quais o sistema deve operar. Enquanto os requisitos funcionais se concentram no que o sistema faz, os não funcionais focam em como o sistema realiza suas funções, incluindo aspectos como desempenho, usabilidade, segurança e conformidade.

Juntas, estas tabelas fornecem uma visão completa das expectativas para o sistema de gestão e monitoramento, abrangendo tanto as funções que deve realizar quanto as qualidades gerais que deve possuir. Elas formam a base para o design e a implementação do sistema, assim como os critérios para sua avaliação.

Tabela 2 – Requisitos funcionais do sistema

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Prioridade</b>
RF01	Cadastro, leitura, atualização e deleção (CRUD) de usuários	O sistema deverá ser capaz de adicionar, atualizar, visualizar e deletar todos os usuários envolvidos.	Essencial
RF02	Controle de acesso	O sistema deve permitir o controle de acesso às funcionalidades do sistema de acordo com o nível de permissão de cada usuário, garantindo a segurança das informações e do gerenciamento.	Essencial
RF03	Registro de auditoria	O sistema deve permitir o registro de todas as operações realizadas pelos usuários no sistema, incluindo a data e hora da operação, o usuário que realizou a operação e o resultado da operação.	Essencial
RF04	Backup e restauração	O sistema deve permitir a realização de backups regulares. Para que no caso de falhas fosse possível a restauração das informações.	Desejável
Continua na próxima página			

Tabela 2 – Requisitos funcionais do sistema - Continuação

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Prioridade</b>
RF05	CRUD de equipamentos	O sistema deve permitir o registro de todos os equipamentos utilizados na empresa, incluindo informações como o nome, modelo, fotos do equipamento, número de série, data de compra, data de manutenção e localização atual.	Essencial
RF06	Monitoramento de equipamentos	O sistema deve ser capaz de monitorar em tempo real a localização de cada equipamento registrado.	Essencial
RF07	Gerenciamento de manutenção preventiva	O sistema deve permitir a programação de manutenções preventivas para cada equipamento registrado, com alertas de vencimento de prazos para garantir que as manutenções sejam realizadas no momento adequado.	Importante
RF08	Gerenciamento de manutenção corretiva	O sistema deve permitir o registro de todas as manutenções corretivas realizadas em cada equipamento, incluindo informações como o tipo de problema, as peças trocadas, os custos e a data da manutenção.	Importante
Continua na próxima página			

Tabela 2 – Requisitos funcionais do sistema - Continuação

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Prioridade</b>
RF09	Controle de estoque de peças	O sistema deve permitir o registro e controle do estoque de peças de reposição para cada equipamento, incluindo informações como o tipo de peça, a quantidade em estoque e a data de compra.	Desejável
RF10	Agenda de manutenção	O sistema deve permitir que os responsáveis pela manutenção dos equipamentos visualizem uma agenda de manutenção com as manutenções preventivas programadas, as manutenções corretivas pendentes e as manutenções realizadas.	Importante
RF11	Relatórios de manutenção	O sistema deve permitir a geração de relatórios de manutenção para cada equipamento, mostrando as manutenções preventivas e corretivas realizadas, os custos envolvidos e o tempo de inatividade do equipamento.	Importante
RF12	Reserva de equipamentos	O sistema deve permitir que os usuários reservem equipamentos para uso em determinados períodos, evitando conflitos de agenda e garantindo a disponibilidade dos equipamentos quando necessário.	Desejável
Continua na próxima página			

Tabela 2 – Requisitos funcionais do sistema - Continuação

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Prioridade</b>
RF13	Controle de empréstimos	O sistema deve permitir o controle de empréstimos de equipamentos, registrando informações como o nome do usuário que está realizando o empréstimo, a data do empréstimo, a data de devolução e o estado do equipamento no momento da devolução.	Desejável
RF14	Registro de ocorrências	O sistema deve permitir o registro de ocorrências envolvendo equipamentos, permitindo que os usuários relatem problemas encontrados durante a utilização dos equipamentos.	Importante

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Tabela 3 – Requisitos não funcionais do sistema

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>
RNF01	Responsivo	O sistema deve se adequar a diferentes tamanhos de tela.
RNF02	Usabilidade	O sistema deve ser intuitivo e fácil de usar, com interfaces limpas e bem estruturadas.
RNF03	Confiabilidade	O sistema deve ser confiável, com mínimas falhas e disponibilidade constante.
Continua na próxima página		

**Tabela 3 – continuação da página anterior**

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>
RNF04	Escalabilidade	O sistema deve ser facilmente escalável para permitir um aumento no número de usuários e de dados armazenados.
RNF05	Portabilidade	O sistema deve ser compatível com diferentes plataformas e dispositivos (desktop, mobile, etc).
RNF06	Manutenibilidade	O sistema deve ser fácil de manter e atualizar, com código limpo e bem documentado.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

## 4.2 Diagrama de caso de uso

Para proporcionar uma visão mais ampla do projeto, compreender de forma clara os requisitos funcionais definidos, as funcionalidades do sistema e as responsabilidades de cada ator envolvido, a elaboração de um diagrama de caso de uso se fez necessária. Esta técnica de modelagem, que descreve as interações entre a solução e os usuários, é fundamental para representar o conjunto de ações que o sistema realiza, evidenciando o valor que proporciona aos atores envolvidos. Os atores identificados no contexto da solução proposta são:

- Gestor (Programador/Equipe responsável pelo sistema): O gestor tem a responsabilidade de gerenciar o acesso ao sistema, além de adicionar e remover empresas, desempenhando um papel fundamental na configuração e manutenção do sistema.
- Usuários administrativos (Representantes das empresas): Os usuários administrativos, que são os representantes das empresas que desejam contratar o serviço, têm a responsabilidade de gerenciar o sistema dentro de suas respectivas unidades, realizando tarefas como cadastro de pacientes, agendamento de consultas, controle de estoque, entre outras atividades administrativas.

- **Usuários (Funcionários):** Os usuários, ou funcionários, são as pessoas que utilizam do sistema no seu dia a dia, ou seja, as pessoas que manuseiam os equipamentos durante a jornada de trabalho. Em uma unidade de saúde esses atores são: médicos, enfermeiros, técnicos de laboratório, entre outros profissionais de saúde, que incluem , utilizam o sistema de gerenciamento e monitoramento para realizar suas atividades clínicas, como acessar registros médicos, solicitar exames, prescrever medicamentos e realizar outras tarefas relacionadas ao atendimento dos pacientes.
- **Equipe de manutenção:** A equipe de manutenção, responsável por garantir o bom funcionamento do sistema e realizar atividades de manutenção, como atualizações, correções de bugs e suporte técnico, é essencial para manter a operação contínua e a integridade do sistema.

A descrição dos atores e suas respectivas responsabilidades é crucial para compreender as partes interessadas envolvidas e suas necessidades dentro do contexto do sistema. As interações entre esses atores e o sistema são ilustradas no diagrama de caso de uso, que é apresentado na Figura 3.

A elaboração do diagrama de caso de uso é de suma importância, pois permite visualizar as funcionalidades da solução a partir da perspectiva dos usuários, facilitando a compreensão do comportamento do sistema. Além disso, contribui para a identificação de possíveis problemas ou melhorias, auxiliando na tomada de decisões durante o processo de desenvolvimento.

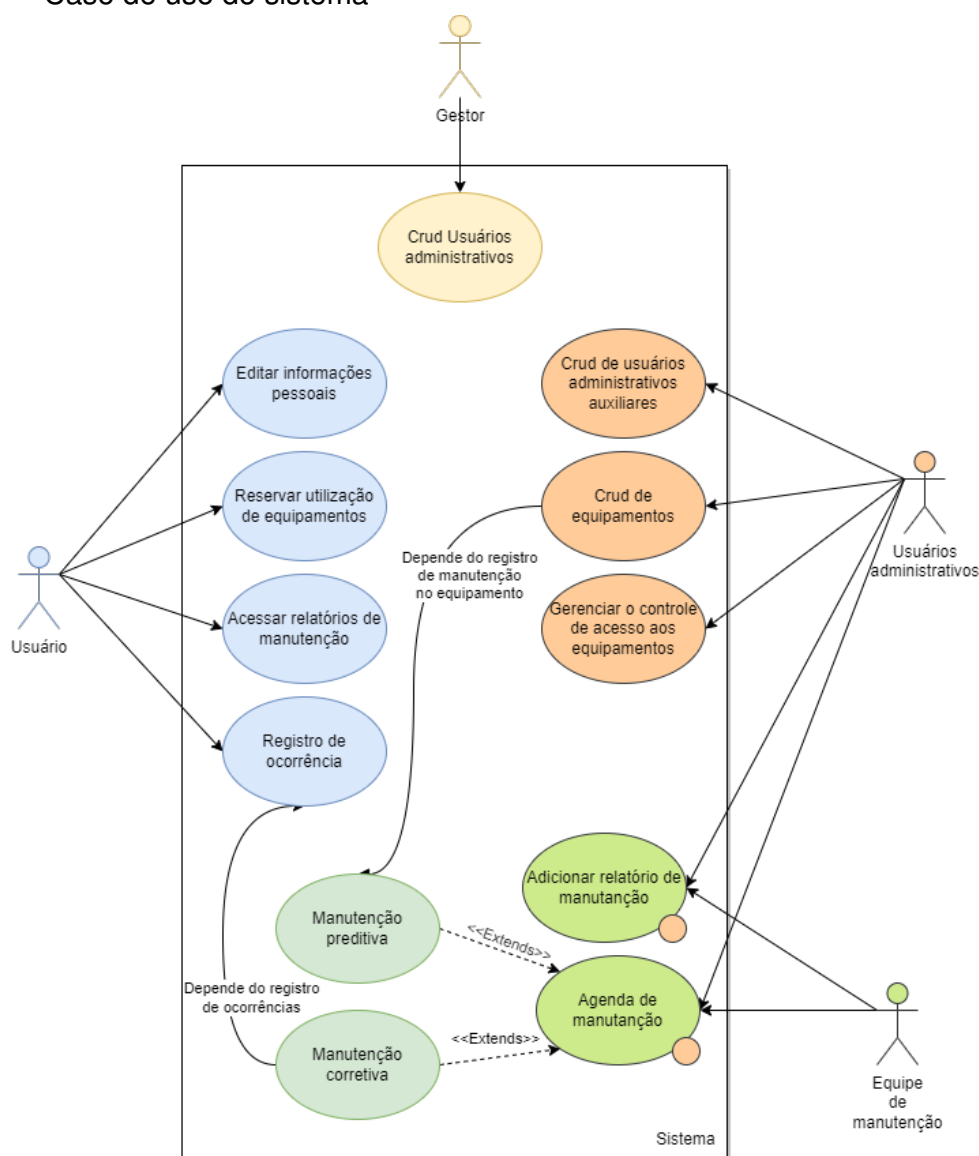
### **4.3 Sistema de identificação de objetos**

Este segmento detalha os resultados obtidos com o desenvolvimento e implementação do *hardware* do sistema de identificação de objetos baseado em IoT, destinado a uma ampla variedade de contextos de gerenciamento e monitoramento de equipamentos. O sistema foi construído utilizando o microcontrolador ESP8266 e o sensor RFID MFRC522, conforme demonstrado na Figura 4. Sua funcionalidade principal é a identificação de *tags* RFID e a interação com uma interface web para a exibição dos dados.

Para a simulação prática, utilizaram-se *tags* RFID em formato de cartão, ilustradas na Figura 5. Essas *tags* são associadas a diferentes tipos de equipamentos e contêm



Figura 3 – Caso de uso do sistema



Fonte: Próprio autor

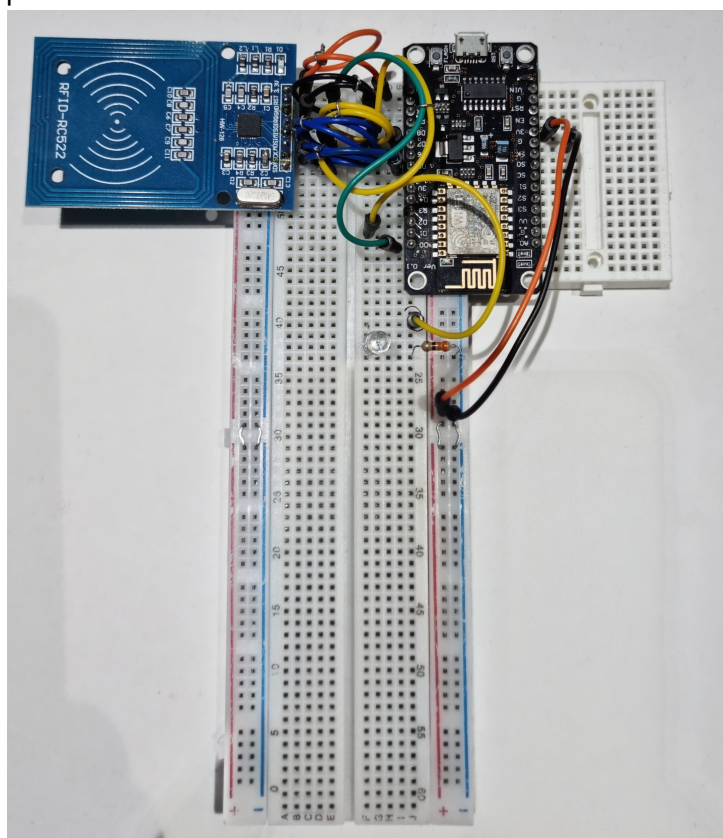
códigos únicos, facilitando sua identificação.

O microcontrolador ESP8266 opera como o elemento central do sistema, gerenciando as operações e a comunicação. O sensor RFID MFRC522 é utilizado para ler as informações das *tags*. Quando uma *tag* é lida, o sistema captura e processa os dados associados a ela.

#### 4.3.1 Processo de Leitura e Gerenciamento de Tags RFID

O funcionamento eficiente do sistema de identificação de objetos é baseado em um processo claro de leitura e gerenciamento das tags RFID. O fluxo desse processo é

Figura 4 – Protótipo do hardware.



Fonte: Próprio autor

Figura 5 – tags RFID em formato de cartão para simular os equipamentos hospitalares.



Fonte: Próprio autor

ilustrado na Figura 6 e ocorre da seguinte maneira:

- O sistema permanece em estado de espera até que uma *tag* RFID seja lida pelo sensor.
- Ao ler uma *tag*, o sistema verifica a existência de registros correspondentes no banco

de dados.

- Dependendo se a *tag* está associada a um equipamento dentro ou fora do quarto, ela é marcada como presente ou ausente.
- Após a identificação, o sistema atualiza o banco de dados para refletir a nova localização do equipamento.

Este ciclo de leitura e atualização é crucial para manter o controle efetivo sobre o inventário dos equipamentos em tempo real, garantindo que as informações estejam sempre atualizadas e precisas.

O sistema foi desenvolvido para ser aplicável em variados ambientes, onde a necessidade de monitorar e gerenciar equipamentos é fundamental. A detecção de uma *tag* pelo *hardware* aciona a atualização automática do banco de dados, registrando a entrada ou saída do equipamento associado à *tag* de um local específico. Esta funcionalidade é essencial para o controle eficiente da localização e do status dos equipamentos em tempo real, independentemente do contexto de aplicação.

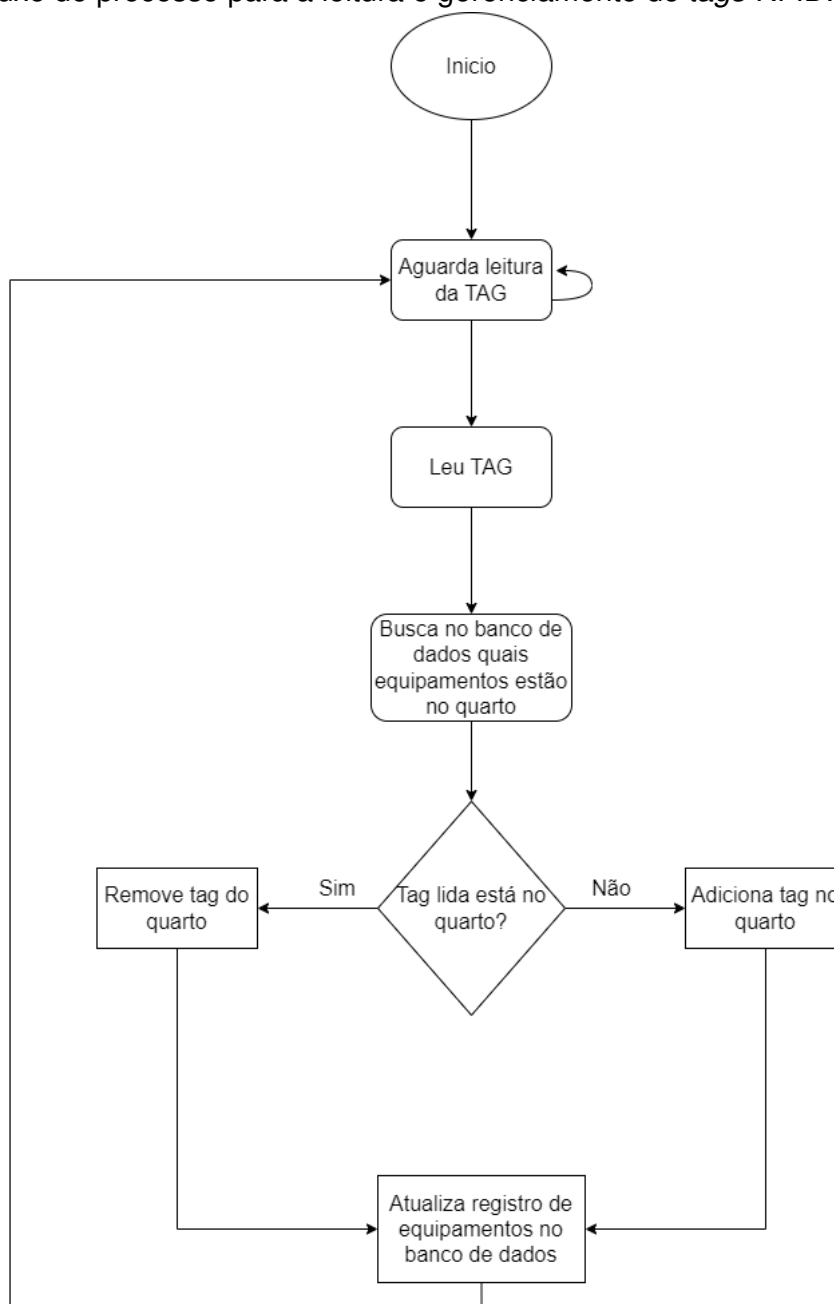
Além disso, o sistema mantém uma constante sincronização com o banco de dados, assegurando que o monitoramento dos equipamentos esteja sempre alinhado com as informações mais atualizadas. Esta característica torna o sistema uma solução versátil e eficaz para o gerenciamento e monitoramento de equipamentos em diferentes ambientes e setores.

#### **4.4 Infraestrutura e Armazenamento de Dados**

A infraestrutura do sistema de gerenciamento adotou uma abordagem baseada na computação em nuvem, utilizando os serviços fornecidos pelo Firebase, uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos da Google. A escolha dos serviços do Firebase foi estratégica, visando aproveitar as vantagens oferecidas pela computação em nuvem, tais como alta escalabilidade e flexibilidade, além da redução da necessidade de infraestrutura física e, conseqüentemente, dos custos operacionais.

Os serviços do Firebase selecionados para integrar ao projeto foram essenciais para o funcionamento do sistema, cada um atendendo a aspectos específicos da gestão de dados:

Na Figura 7, é evidenciado o papel do Firebase Authentication, que provê um

Figura 6 – Fluxo de processo para a leitura e gerenciamento de *tags* RFID.

Fonte: Próprio autor

sistema de autenticação seguro. Este serviço é vital para o controle de acesso ao sistema, assegurando que apenas usuários com permissões adequadas realizem operações específicas, garantindo a segurança dos dados.

O Firestore Database, ilustrado na Figura 8, permite armazenar e sincronizar dados na nuvem de maneira eficiente. Utilizado no projeto para gerenciar informações estáticas como nomes de usuários e registros de auditoria, é fundamental para a estrutura de dados do sistema.

Figura 7 – Interface do Firebase Authentication para controle de acesso de usuários.

Identificador	Provedores	Data de criação	Último login	UID do usuário
func02@empresa01.com	✉	6 de nov. de...	6 de nov. de...	q1wZ43RxWrNB0aaKZGNsChnOifj1
func01@empresa01.com	✉	6 de nov. de...	6 de nov. de...	TVANnByEUFTmxyxa36yrhIXRZAs2
admin@empresa01.com	✉	6 de nov. de...	6 de nov. de...	XXFougMg8vekIly1gKUWB5Jqc682
admin@syncpro.com	✉	6 de nov. de...	8 de nov. de...	W9QoDH0FyNalsHZWH0byyy4oky...

Linhas por página: 50 1 - 4 of 4

Fonte: Próprio autor

Figura 8 – Utilização do Firestore Database para gerenciamento de dados estáticos.

users	q1wZ43RxWrNB0aaKZGNsChnOifj1
<ul style="list-style-type: none"> <li>companies</li> <li>users</li> </ul>	<pre> birthDate: "13/02/1994" company: "Empresa01" companyId: "283403ca-4bbe-456a-b64c-275fc8cf9ebd" companyImage: "https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/sync-pro-a680b.appspot.com/o/company%2F283403ca-4bbe-456a-b64c-275fc8cf9ebd?alt=media&amp;token=639c3e6e-9186-4525-a0ce-4ce7ca7c7276" cpf: "542.887.431-76" email: "func02@empresa01.com" name: "Joana" phone: "(23) 1 3213-2132" photoUrl: "https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/sync-pro-a680b.appspot.com/o/profile%2Fq1wZ43RxWrNB0aaKZGNsChnOifj1?alt=media&amp;token=25957f50-d738-483f-9887-446b85888435" </pre>

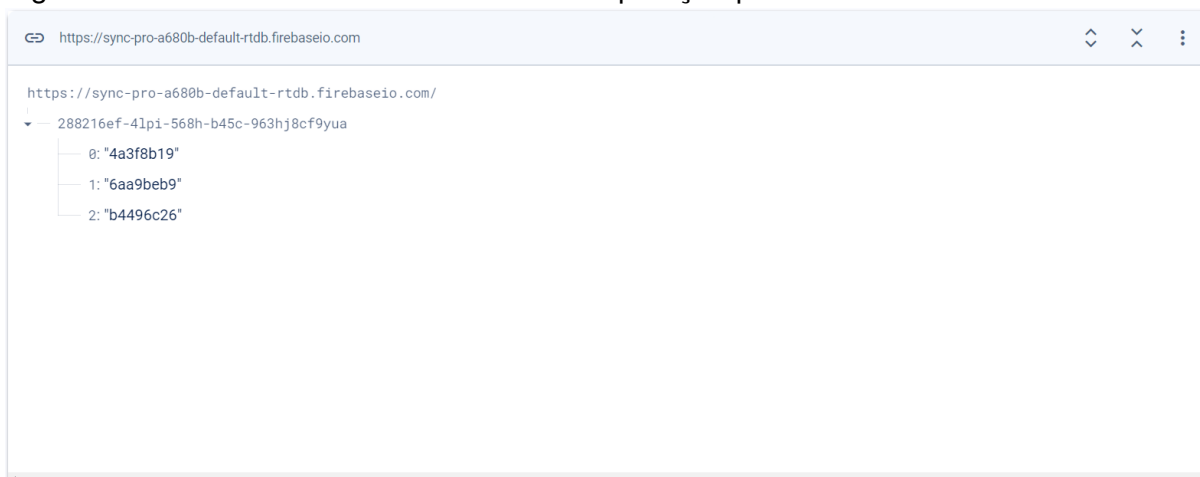
Fonte: Próprio autor

Já a Firebase Realtime Database, apresentada na Figura 9, é especializada na sincronização de dados em tempo real, o que é utilizado para gerenciar informações dinâmicas, como a localização atual dos equipamentos, mostrando-se como um componente crucial para a atualização instantânea das informações.

Por fim, o Firebase Storage, cuja interface é mostrada na Figura 10, fornece soluções robustas para o armazenamento de arquivos e imagens. Este serviço é essencial para a gestão de grandes volumes de dados de mídia, garantindo a integridade e a disponibilidade do conteúdo armazenado.

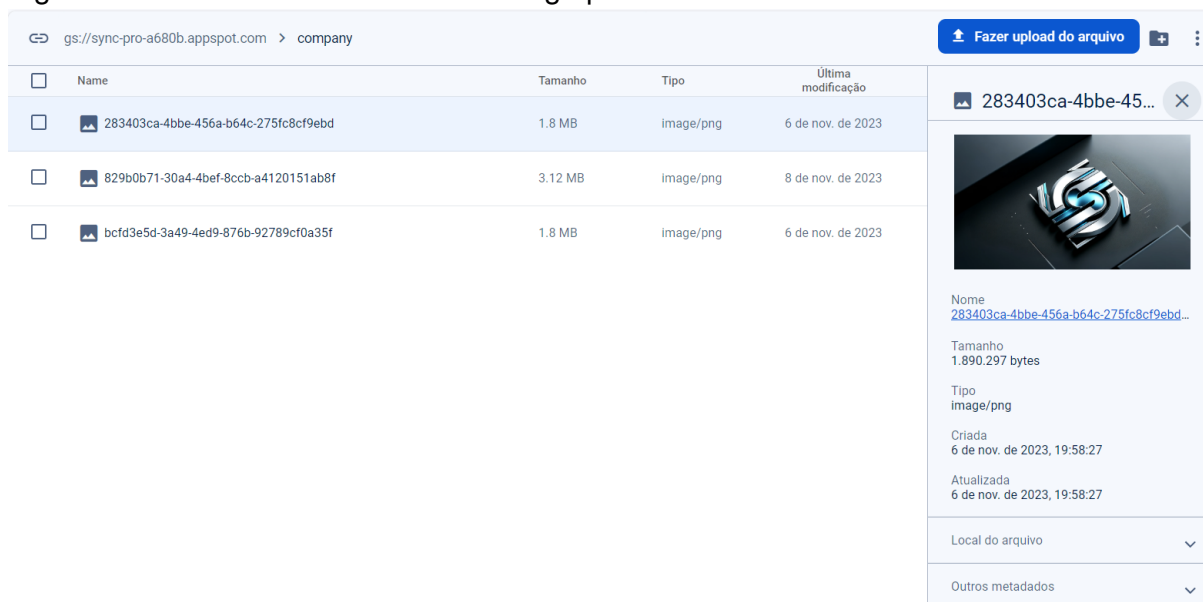
A implementação desses serviços do Firebase oferece um sistema altamente

Figura 9 – Firebase Realtime Database em operação para dados dinâmicos.



Fonte: Próprio autor

Figura 10 – Interface do Firebase Storage para armazenamento de dados de mídia.



Fonte: Próprio autor

escalável e adaptável, capaz de responder automaticamente a variações na demanda de uso e volume de dados. A alta disponibilidade e confiabilidade são garantidas, aspectos cruciais para o gerenciamento eficiente em ambientes dinâmicos como os industriais. Portanto, a adoção dos serviços baseados em nuvem do Firebase não só beneficia o sistema com suas funcionalidades específicas, mas também aproveita as vantagens da computação em nuvem, resultando em um sistema de gerenciamento eficiente, escalável e adaptável às necessidades de um ambiente moderno.

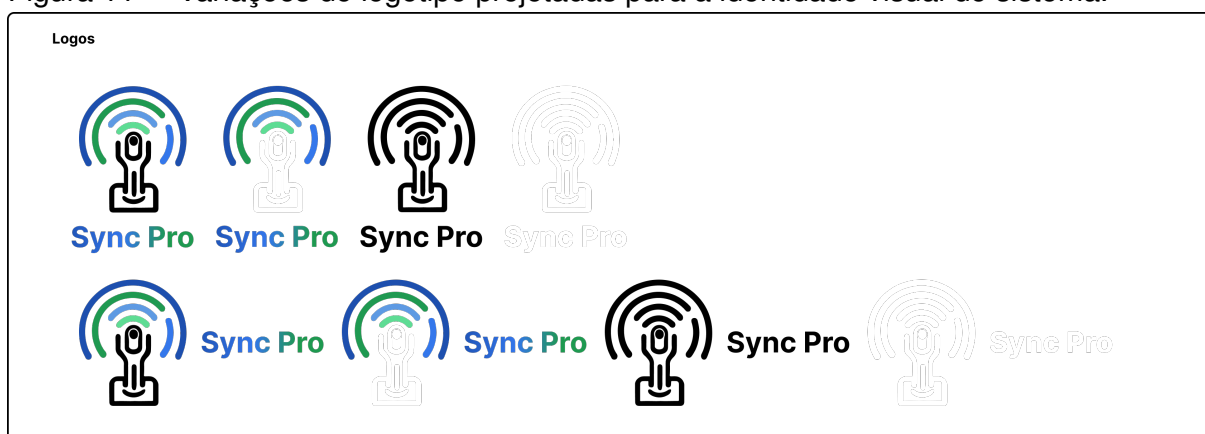
## 4.5 Interface Web

A interface web é o ponto de interação entre o usuário e o sistema proposto. Ela foi cuidadosamente projetada para consumir e apresentar os dados do banco de dados de maneira intuitiva e interativa, permitindo que o usuário acesse as funcionalidades do sistema com eficiência e simplicidade.

### 4.5.1 Criação da Identidade Visual

A definição da identidade visual foi o marco inicial do design da interface web. Esse processo criativo envolveu a seleção de uma paleta de cores, a criação de logotipos e a prototipagem da interface do usuário, estabelecendo assim a linguagem visual do sistema.

Figura 11 – Variações do logotipo projetadas para a identidade visual do sistema.



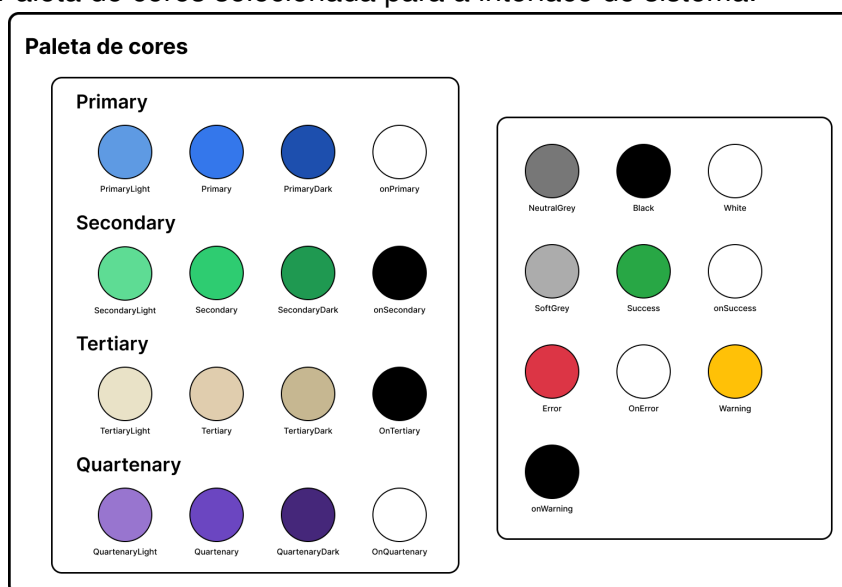
Fonte: Próprio autor

A Figura 11 apresenta as variações do logotipo que foram desenvolvidas, refletindo a marca e a essência do sistema. A escolha do logotipo visou criar uma representação visual imediatamente reconhecível e que ressoasse com os valores centrais do sistema.

Como mostra a Figura 12, a paleta de cores foi cuidadosamente escolhida para garantir acessibilidade e uma experiência de usuário agradável. Cores primárias, secundárias e terciárias foram definidas para criar uma hierarquia visual e facilitar a navegação na interface.

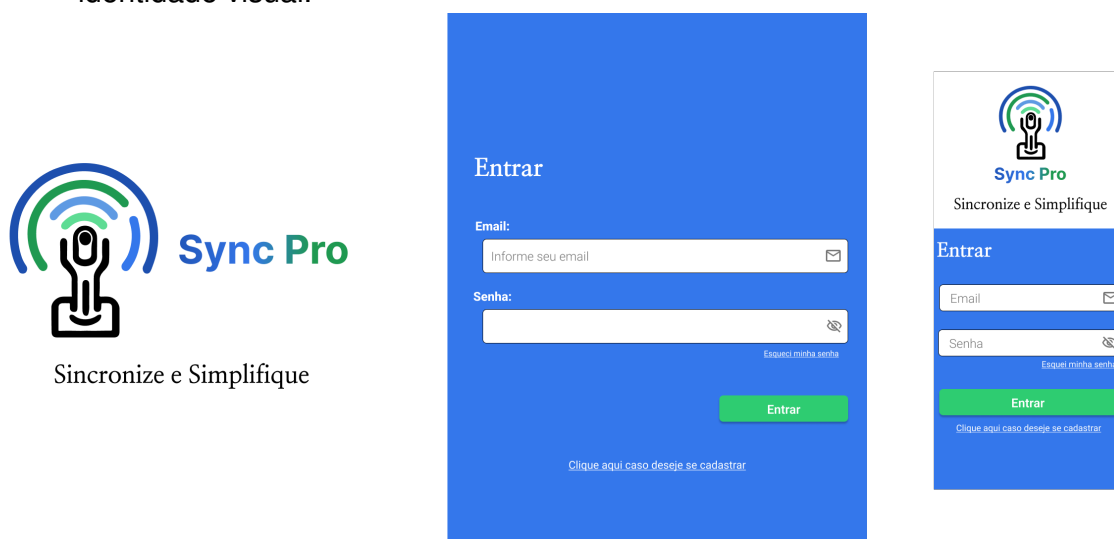
A Figura 13 ilustra os protótipos iniciais para a tela de login, destacando a aplicação da identidade visual. O design visa proporcionar uma experiência de usuário consistente e

Figura 12 – Paleta de cores selecionada para a interface do sistema.



Fonte: Próprio autor

Figura 13 – Protótipos da interface web mostrando a tela de login e a adaptação da identidade visual.



Fonte: Próprio autor

envolvente, alinhada com a identidade visual definida anteriormente.

#### 4.5.2 Apresentação dos Resultados da Interface Web

A interface web desenvolvida apresenta uma estrutura organizada em quatro fluxos principais de operação, cada um abordando aspectos vitais da gestão e monitoramento dos equipamentos. Esses fluxos refletem as principais funcionalidades do



sistema, proporcionando um meio eficiente e intuitivo para que os usuários interajam com a aplicação. Os fluxos são: Cadastro de Empresas, Cadastro de Usuários, Cadastro de Quartos e Cadastro de Equipamentos. Cada um desses fluxos é detalhado a seguir, elucidando as etapas e procedimentos envolvidos.

#### 4.5.2.1 Fluxo de Cadastro de Empresas

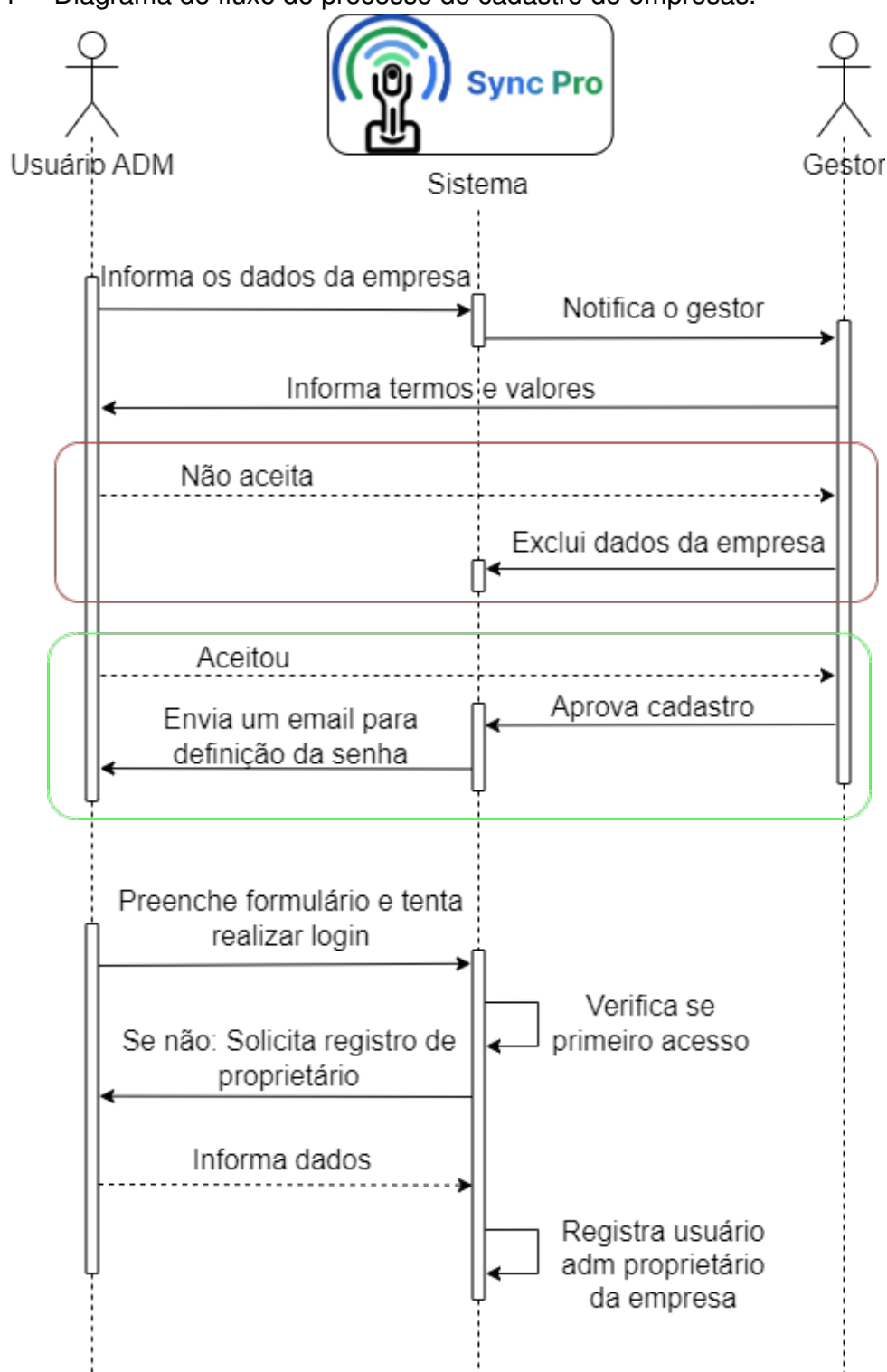
O processo de cadastro de empresas na interface web é realizado quando uma empresa opta por contratar o serviço. Esse procedimento facilita a integração da organização ao sistema, permitindo o gerenciamento e monitoramento eficientes de seus equipamentos. O cadastro, feito diretamente na plataforma, destina-se ao usuário administrador da empresa (Usuário ADM) e inicia com o fornecimento de informações essenciais sobre a organização. Estas informações são então avaliadas pelos gestores do sistema. As interfaces a seguir detalham as etapas do processo e um diagrama de fluxo, referenciado em Figura 14, demonstra a sequência operacional.

**Passo 1: Pré-Cadastro** Neste primeiro passo, o proprietário da empresa inicia o pré-cadastro no sistema, fornecendo informações detalhadas da organização, como CNPJ, nome, imagem, número de quartos e funcionários. Esta etapa preliminar, visualizada na Figura 15, é crucial para que os gestores do sistema possam efetuar uma avaliação inicial das informações submetidas.

**Passo 2: Análise e Aprovação** Após a submissão, os gestores do sistema analisam as informações fornecidas e entram em contato com o usuário ADM para discutir a viabilidade do cadastro. Nesta fase, são abordados os interesses da empresa, os valores associados e os termos e condições de uso. Uma vez aprovado, o sistema procede com a liberação do cadastro da empresa. A interface de gestão, utilizada pelos gestores para o gerenciamento das empresas cadastradas, é representada na Figura 16.

**Passo 3: Confirmação de Cadastro e Envio de Email** Com a aprovação, um email é enviado ao usuário ADM contendo instruções para definir uma senha e confirmar o cadastro. Este email é um componente essencial para garantir a segurança e a verificação da autenticidade do usuário administrador.

Figura 14 – Diagrama de fluxo do processo de cadastro de empresas.



Fonte: Próprio autor

**Passo 4: Completamento de Cadastro** No último passo do processo, o usuário administrador (Usuário ADM), após a aprovação, realiza sua primeira entrada no sistema. Neste momento, ele é direcionado para uma página específica destinada ao completamento do cadastro. Aqui, o usuário ADM é solicitado a fornecer seus dados

Figura 15 – Página de pré-cadastro para empresas na interface web.

Contrate nossos serviços e tenha a melhor experiência em gestão de equipamentos




## Cadastre sua empresa

Sua Logomarca



\*A imagem deve estar na proporção 16:9

**Nome da Empresa**

**CNPJ:**

**Em média quantos funcionários sua empresa possui?**

**Em média quantos equipamentos para monitorar sua empresa possui?**

**Em média quantos cômodos sua empresa possui?**

**E-mail para contato**


**Telefone para contato**

\* Ao clicar em cadastrar, você concorda em receber um contato de um de nossos consultores indicando como funcionará nossos serviços, valores, e qualquer outra dúvida.

[Cadastrar](#)

Fonte: Próprio autor

Figura 16 – Tela dos gestores para administração de empresas no sistema.


Administração de empresas

Gustavo Rodrigues  
Barcelos  
SyncProAdmin

Home

Empresas

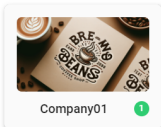
Perfil

teste

Saír


Procure pelo nome da empresa

Filtrar por: Ordem alfabética [Solicitações de pendentes](#)



Company01

Empresas aguardando aprovação



Empresa 02


admin@empresa02.com

Fonte: Próprio autor

peçoais adicionais para o cadastro de proprietário. Este passo é crucial, pois é apenas após a conclusão deste cadastro que o usuário obtém acesso integral às funcionalidades do sistema.

Figura 17 – Página de completamento de cadastro do usuário ADM.


Seja bem vindo ao

 Sync Pro

Parece que ainda falta alguns dados para você começar a usar o SyncPro.  
Por favor, preencha os campos ao lado para continuar.

**Complete seu registro**

Foto de perfil



Nome completo:

CPF

Email:

Data de nascimento

Empresa

Telefone

**Finalizar cadastro**

Fonte: Próprio autor

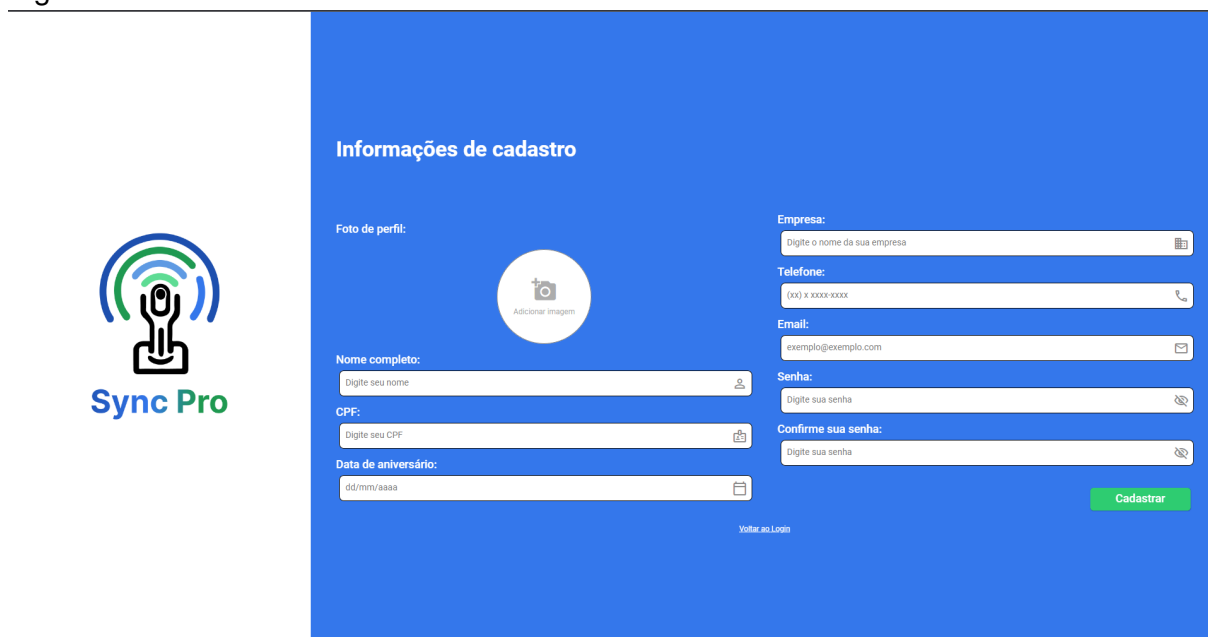
#### 4.5.2.2 Fluxo de Cadastro de Usuários

O processo de inclusão de funcionários no sistema pode ser realizado logo após a finalização do cadastro de uma empresa. Os usuários interessados em se juntar ao sistema devem preencher um formulário de cadastro com seus dados pessoais, incluindo a empresa a qual pretendem se vincular, como ilustrado na Figura 18.

Uma vez preenchido o formulário, o sistema verifica se a empresa indicada está registrada. Caso positivo, o cadastro do usuário é armazenado, e uma solicitação de aprovação é enviada para o administrador da empresa. Esta etapa é documentada na Figura 19, onde as solicitações de cadastro pendentes são exibidas para o administrador da empresa.

O administrador então avalia a solicitação por meio da Tela de Aprovação de Cadastro de Usuário, representada na Figura 20, que fornece informações detalhadas sobre o candidato. Com base nessa informação, o administrador pode aprovar ou rejeitar

Figura 18 – Tela de cadastro de usuário.

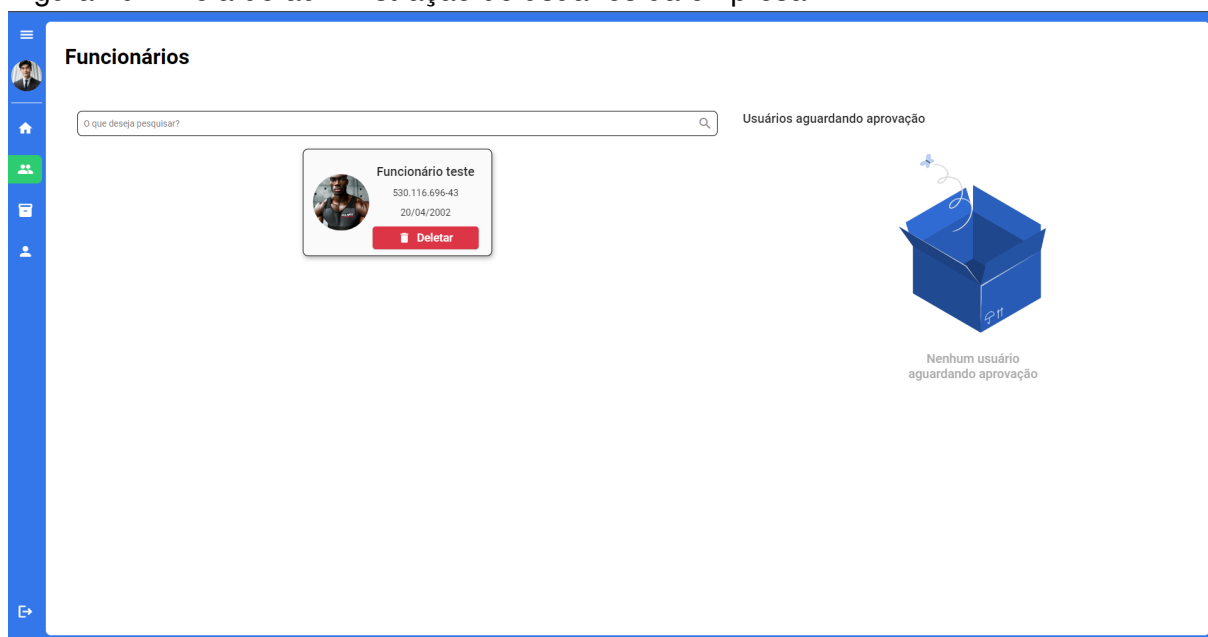


A tela de cadastro de usuário do Sync Pro apresenta o seguinte layout:

- Logo Sync Pro:** Localizado no canto superior esquerdo, consistindo de um ícone de uma mão segurando um sinal de Wi-Fi e o texto "Sync Pro" em azul e verde.
- Título:** "Informações de cadastro" em branco sobre o fundo azul.
- Foto de perfil:** Um círculo branco com um ícone de câmera e o texto "Adicionar imagem".
- Formulário de Cadastro:**
  - Nome completo:** Campo de texto com o placeholder "Digite seu nome".
  - CPF:** Campo de texto com o placeholder "Digite seu CPF".
  - Data de aniversário:** Campo de texto com o placeholder "dd/mm/aaaa".
  - Empresa:** Campo de texto com o placeholder "Digite o nome da sua empresa".
  - Telefone:** Campo de texto com o placeholder "(xx) x. xxxx-xxxx".
  - Email:** Campo de texto com o placeholder "exemplo@exemplo.com".
  - Senha:** Campo de texto com o placeholder "Digite sua senha".
  - Confirme sua senha:** Campo de texto com o placeholder "Digite sua senha".
- Botões:** Um botão verde "Cadastrar" no canto inferior direito e um link "Voltar ao Login" no canto inferior central.

Fonte: Próprio autor

Figura 19 – Tela de administração de usuários da empresa.



A tela de administração de usuários da empresa apresenta o seguinte layout:

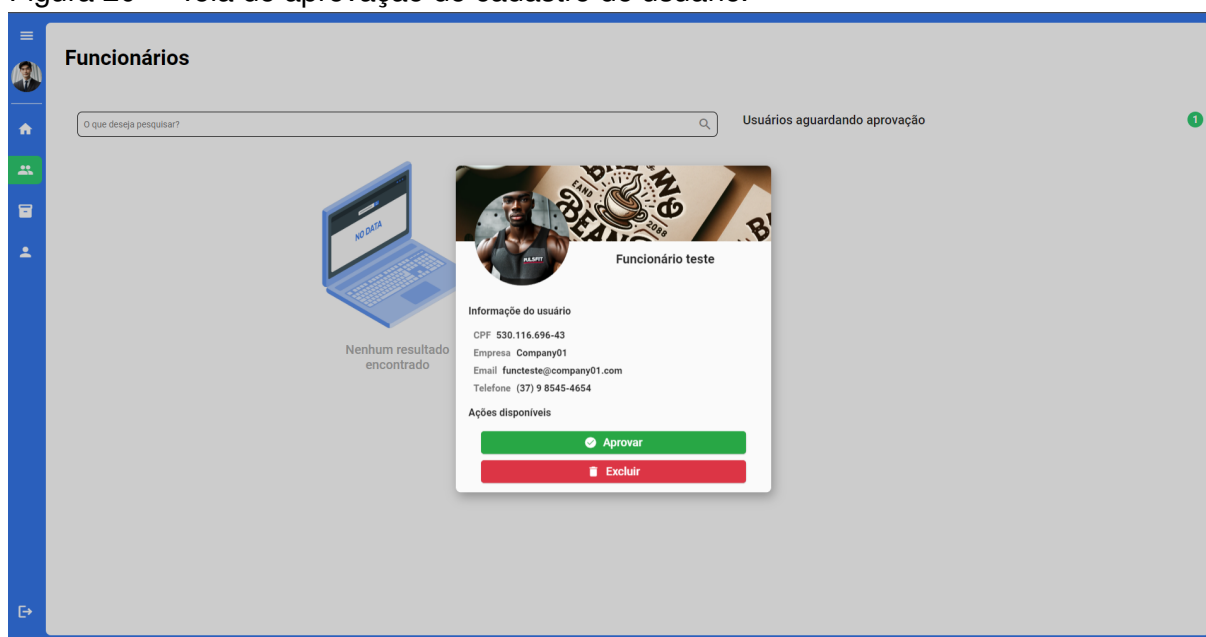
- Menu Lateral:** Localizado no lado esquerdo, com ícones para home, usuários, mensagens e perfil.
- Título:** "Funcionários" em azul escuro.
- Barra de Pesquisa:** Um campo de texto com o placeholder "O que deseja pesquisar?".
- Usuários aguardando aprovação:** Um título em azul escuro no canto superior direito.
- Card de Usuário:** Um card com uma foto de perfil, o nome "Funcionário teste", o CPF "530.116.696-43" e a data de nascimento "20/04/2002". Um botão vermelho "Deletar" está localizado na base do card.
- Ícone de Caixa:** Um ícone de uma caixa azul com um fio de cabelo saindo, representando um usuário aguardando aprovação.
- Legenda:** "Nenhum usuário aguardando aprovação" em azul escuro.

Fonte: Próprio autor

o novo usuário.

Se o administrador rejeitar a solicitação, os dados submetidos pelo usuário são removidos do sistema, garantindo que apenas os usuários autorizados possam ser incorporados ao ambiente empresarial. Este protocolo de segurança é essencial para manter a integridade dos dados corporativos. Todo o processo de cadastro de usuários é

Figura 20 – Tela de aprovação de cadastro de usuário.



Fonte: Próprio autor

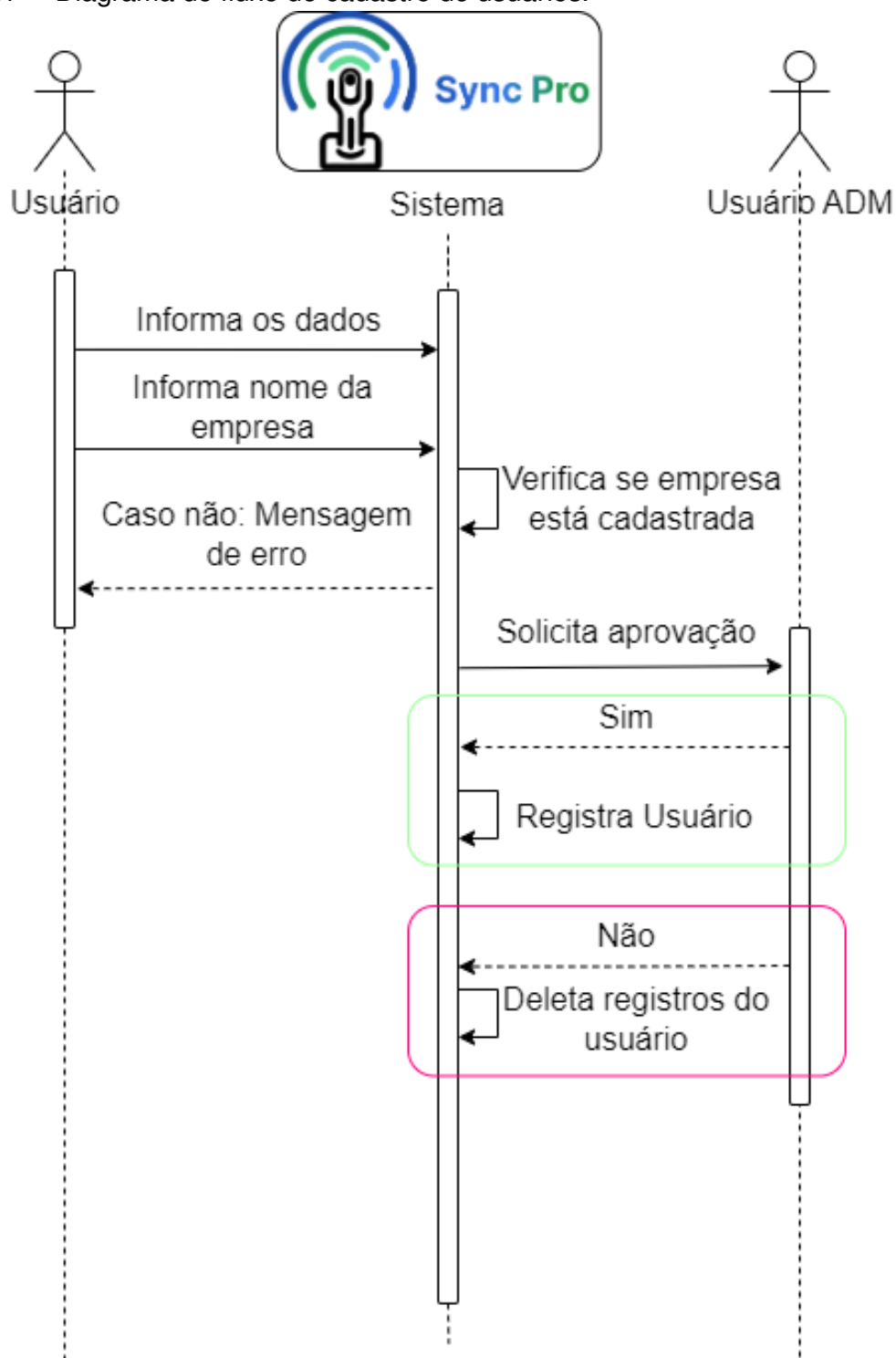
visualmente representado pelo Diagrama de Fluxo de Usuário, mostrado na Figura 21, que esquematiza as decisões e ações realizadas ao longo do processo de cadastro.

Cada etapa do fluxo de cadastro de usuários é cuidadosamente projetada para assegurar que a integração do funcionário à plataforma da empresa ocorra de maneira segura e eficiente, sublinhando a robustez e a confiabilidade do sistema.

#### 4.5.2.3 Cadastro de quartos

Este fluxo envolve o proprietário da empresa cadastrada solicitando o cadastro de um quarto para monitoramento. O processo é iniciado com o preenchimento de informações básicas do quarto. Posteriormente, os gestores do sistema entram em contato com o administrador para tratar de detalhes como a implementação do hardware e eventuais regras de negócio específicas. Uma vez aprovado o cadastro, são gerados códigos de identificação para programar o hardware, permitindo o início do monitoramento dos equipamentos no quarto.

Figura 21 – Diagrama de fluxo de cadastro de usuários.



Fonte: Próprio autor

#### 4.5.2.4 Cadastro de equipamentos

O administrador da empresa tem a capacidade de cadastrar equipamentos e associá-los a um quarto específico. Os equipamentos cadastrados tornam-se auto

gerenciáveis, sendo automaticamente alocados em um quarto com base na detecção dos sensores, embora também possam ser alocados manualmente, se necessário.

#### 4.6 Revisão do Status de Implementação dos Requisitos do Sistema

Nesta seção, é realizada uma análise criteriosa do progresso na implementação dos requisitos do sistema proposto. A Tabela 4 proporciona uma visão consolidada dos requisitos funcionais e não funcionais, indicando claramente quais foram implementados e quais ainda aguardam desenvolvimento. Esta avaliação é essencial para uma compreensão precisa do estágio atual do projeto e para identificar as áreas que exigem atenção ou melhorias futuras.

É importante ressaltar que determinados requisitos não funcionais, como a escalabilidade e a confiabilidade do sistema, são significativamente influenciados pela integração com serviços de terceiros, exemplificada pelo uso do Firebase. A adesão a esta plataforma de backend robusta assegura que o sistema possa se adaptar e responder eficientemente ao crescimento tanto em termos de base de usuários quanto de volume de dados. Além disso, a confiabilidade é reforçada por meio da infraestrutura sólida do Firebase, que oferece garantias como redundância de dados e mecanismos de recuperação rápida em casos de falhas.

Esta abordagem de avaliação do sistema não apenas destaca o cumprimento dos requisitos estabelecidos, mas também sublinha a eficácia das escolhas tecnológicas realizadas durante o desenvolvimento. O entendimento detalhado do status de implementação dos requisitos fornece uma base fundamental para o planejamento estratégico das etapas subsequentes do projeto, visando a otimização contínua e o aprimoramento do sistema.

Tabela 4 – Avaliação de Implementação dos Requisitos do Sistema

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Status de Implementação</b>
RF01	Cadastro, leitura, atualização e deleção (CRUD) de usuários	Implementado
Continua na próxima página		



Tabela 4 – Continuação da Avaliação de Implementação dos Requisitos

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Status de Implementação</b>
RF02	Controle de acesso	Implementado
RF03	Registro de auditoria	Implementado
RF04	Backup e restauração	Não Implementado
RF05	CRUD de equipamentos	Implementado
RF06	Monitoramento de equipamentos	Implementado
RF07	Gerenciamento de manutenção preventiva	Não Implementado
RF08	Gerenciamento de manutenção corretiva	Não Implementado
RF09	Controle de estoque de peças	Não Implementado
RF10	Agenda de manutenção	Não Implementado
RF11	Relatórios de manutenção	Não Implementado
RF12	Reserva de equipamentos	Não Implementado
RF13	Controle de empréstimos	Não Implementado
RF14	Registro de ocorrências	Não Implementado
RNF01	Responsivo	Implementado
RNF02	Usabilidade	Implementado
RNF03	Confiabilidade	Implementado
RNF04	Escalabilidade	Implementado
RNF05	Portabilidade	Implementado
RNF06	Manutenibilidade	Implementado

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

#### **4.7 Considerações finais**

Concluindo este capítulo, reflete-se sobre os avanços realizados no desenvolvimento do sistema de gerenciamento de equipamentos, originalmente focado em equipamentos hospitalares, mas que foi adaptado para um contexto mais generalista.

Esta adaptação demonstra a versatilidade e a capacidade de resposta do projeto às necessidades em evolução.

Foram implementados com êxito os fluxos de cadastro, registro e gerenciamento de usuários, empresas e equipamentos, além do monitoramento e rastreamento de equipamentos. Essas funcionalidades são cruciais para o funcionamento do sistema e demonstram a eficiência das soluções desenvolvidas.

Contudo, ainda existem desafios a serem superados, particularmente na implementação de alguns requisitos funcionais. A definição de uma agenda de manutenção e o agendamento de reservas são aspectos que ainda precisam ser incorporados ao sistema, sendo essenciais para uma gestão completa dos equipamentos.

Paralelamente, os requisitos não funcionais foram atendidos com destaque, especialmente no que diz respeito à interface do usuário, que se mostrou fluida, responsiva, interativa e intuitiva. A modularização do sistema foi outro ponto forte, com cada módulo implementado de forma independente, facilitando a manutenção e permitindo atualizações futuras sem grandes complicações.

O tratamento de erros no sistema foi abordado com atenção especial, assegurando que qualquer problema na interface fosse tratado eficazmente, proporcionando *feedbacks* claros aos usuários. Esta abordagem melhora significativamente a experiência do usuário e a confiabilidade do sistema.

Portanto, este capítulo reconhece os sucessos obtidos e também estabelece os próximos passos e metas. Importante destacar que, mesmo com alguns requisitos funcionais pendentes, o sistema já está completo e operacional. As funcionalidades implementadas são eficazes e prontas para uso. A continuidade no desenvolvimento visa aprimorar o sistema, completando os aspectos restantes para atingir a visão integral do projeto e oferecer uma solução de gerenciamento de equipamentos eficiente.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho destacou a construção de um sistema de gerenciamento de equipamentos, inicialmente voltado para o setor hospitalar, mas que rapidamente se mostrou aplicável em uma variedade mais ampla de contextos. A adaptabilidade e escalabilidade do sistema foram aspectos cruciais, permitindo que ele atendesse eficazmente a uma gama de necessidades operacionais. Este projeto enfatiza a importância de soluções flexíveis e expansíveis em campos tecnológicos que evoluem rapidamente, como a IoT.

O desenvolvimento do sistema focou em criar uma interface de usuário que fosse não apenas funcional, mas também intuitiva e agradável. O resultado foi uma plataforma que atende a requisitos técnicos específicos e oferece uma experiência de usuário envolvente. A escolha de componentes como o microcontrolador ESP8266 e o uso do Firebase visa atender às necessidades atuais e facilitar a integração de futuras expansões, reforçando a sustentabilidade do sistema.

Algumas funcionalidades importantes, como a agenda de manutenção e o sistema de reservas, foram consideradas para adição ao sistema. Estas funcionalidades, embora não essenciais, têm o potencial de enriquecer ainda mais a plataforma, incrementando sua utilidade geral. A avaliação da eficiência e funcionalidade do sistema em diferentes cenários operacionais é um aspecto relevante para assegurar sua adaptabilidade e desempenho contínuo.

O projeto, com uma perspectiva futura, almeja alinhar-se às tendências emergentes e às necessidades evolutivas do setor de IoT. Com um foco em adaptação contínua, o sistema se posiciona como uma solução atual projetada para acompanhar as inovações e avanços tecnológicos, mantendo sua relevância e eficácia num ambiente tecnológico que está sempre em transformação.

### 5.1 Trabalhos futuros

Olhando para o futuro, este projeto indica caminhos para avanços adicionais. Um aspecto particularmente interessante é o desenvolvimento de uma rede social de equipamentos. Esta plataforma utilizará os dados coletados pelo sistema para melhorar a

distribuição de recursos. A identificação de equipamentos pouco utilizados e a sua disponibilização para instituições ou empresas que deles necessitem poderia aprimorar a eficiência na utilização de recursos.

A expansão do sistema para atender diferentes setores industriais e a inclusão de tecnologias emergentes, como a IA, também apresentam potencial. A aplicação de IA poderia aprimorar a capacidade do sistema de analisar padrões nos dados coletados, prever necessidades futuras de equipamentos e adaptar-se dinamicamente a mudanças nas demandas e condições operacionais.

Este trabalho, embora tenha atingido a maioria dos objetivos propostos, também estabeleceu as bases para futuros aprimoramentos no campo do gerenciamento de equipamentos. Há um potencial considerável para a continuidade do desenvolvimento e melhoria do sistema, visando soluções mais eficientes e práticas para o gerenciamento e uso de equipamentos.

## REFERÊNCIAS

- ABDELMONEEM, Randa M; BENSLIMANE, Abderrahim; SHAABAN, Eman. Mobility-aware task scheduling in cloud-Fog IoT-based healthcare architectures. **Computer networks**, Elsevier, v. 179, p. 107348, 2020.
- ABORUJILAH, Abdulaziz; ELSEBAIE, Abubaker-Eseddig Fathi Mahmoud; MOKHTAR, Shamsul Anuar. IoT MEMS: IoT-Based Paradigm for Medical Equipment Management Systems of ICUs in Light of COVID-19 Outbreak. **IEEE Access**, v. 9, p. 131120–131133, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3069255.
- AL MASARWEH, Mohammed; ALWADA'N, Tariq; AFANDI, Waleed. Fog Computing, Cloud Computing and IoT Environment: Advanced Broker Management System. **Journal of Sensor and Actuator Networks**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 4, p. 84, 2022.
- ALINDEKON, Serge et al. Setting the stage to Tag'n'Track: a guideline for implementing, validating and reporting an RFID system for monitoring resource visit behavior in poultry. **Poultry Science**, Elsevier, p. 102799, 2023.
- ANAHP. **Observatório 2023 - Anahp**. [S.l.: s.n.], 2023. <https://www.anahp.com.br/publicacoes/observatorio-2023/>. Accessed: 2023-06-14.
- APPLE INC. **Swift**. [S.l.: s.n.], 2024. [Online; accessed 17-January-2024]. Disponível em: <<https://www.swift.org/>>.
- ARDUINO TEAM. **Arduino IoT Cloud: Support for ESP8266 and other third party boards**. [S.l.: s.n.], 2019. <https://blog.arduino.cc/2019/10/28/arduino-iot-cloud-support-for-esp8266-and-other-third-party-boards/?queryID=undefined>. Accessed: 2023-06-18.
- ARMBRUST, Michael et al. A view of cloud computing. **Communications of the ACM**, ACM New York, NY, USA, v. 53, n. 4, p. 50–58, 2010.
- ASHWINI, M.; RAVI, Renjith V. A Detailed Investigation on Embedded Computing Systems for IoT Applications. In: 2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS). [S.l.: s.n.], 2020. P. 161–164. DOI: 10.1109/ICACCS48705.2020.9074481.
- AWS. **O que é a computação em nuvem?** [S.l.: s.n.], 2023. <https://aws.amazon.com/pt/what-is-cloud-computing/>. Accessed: 2023-06-18.

AWSAJ, Mahmood. K.; MASHHADANY, Yousif I. Al; FOURATI, Lamia Chaari. An analytical review for cloud computing in healthcare system based biosensors.

**International journal of health sciences**, Universidad Tecnica de Manabi, p. 656–677, ago. 2022. ISSN 2550-6978. DOI: 10.53730/ijhs.v6ns9.12297.

BALAJI, Subramanian; NATHANI, Karan; SANTHAKUMAR, Rathnasamy. IoT technology, applications and challenges: a contemporary survey. **Wireless personal communications**, Springer, v. 108, p. 363–388, 2019.

BEDFORD, Juliet et al. COVID-19: towards controlling of a pandemic. **The lancet**, Elsevier, v. 395, n. 10229, p. 1015–1018, 2020.

BENTO, Clístenes Grizafis et al. Estudo exploratório para desenvolvimento de sistema destinado a gerenciamento de clientes e orçamentos em uma oficina mecânica localizada em São José dos Pinhais. **Inova+ Cadernos da Graduação da Faculdade da Indústria**, v. 2, n. 2, 2021.

BOATEMAA, Mercy Adusei et al. Hospital equipment and its management system: a mini review. **Current Trends in Biomedical Engineering & Biosciences**, Juniper Publishers Inc., v. 6, n. 2, p. 27–30, 2017.

CAMPOS, Linair Maria; ALMEIDA CAMPOS, Maria Luiza de; DE SOUZA, Jóice Cleide Cardoso Ennes. Requisitos para softwares de tesouro/Requirements for tesouro software. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 3, p. 1886–1902, 2019.

CARAVEO-CACEP, Miguel Antonio; VÁZQUEZ-MEDINA, Rubén; ZAVALA, Antonio Hernández. A survey on low-cost development boards for applying cryptography in IoT systems. **Internet of Things**, Elsevier, v. 22, p. 100743, 2023.

CHAWLA, Vipul; HA, Dong Sam. An overview of passive RFID. **IEEE Communications Magazine**, v. 45, n. 9, p. 11–17, 2007. DOI: 10.1109/MCOM.2007.4342873.

CHOKSHI, Vishrut et al. Implementation of RFID-based Lab Inventory System. In: 2022 IEEE Bombay Section Signature Conference (IBSSC). [S.l.: s.n.], 2022. P. 1–5. DOI: 10.1109/IBSSC56953.2022.10037518.

CHU, Edward T.-H. et al. SBOT: A Social Media Based Object Tracking System. In: 2020 Indo – Taiwan 2nd International Conference on Computing, Analytics and Networks (Indo-Taiwan ICAN). [S.l.: s.n.], 2020. P. 132–137. DOI: 10.1109/Indo-TaiwanICAN48429.2020.9181331.

CISCO. **What Is Wi-Fi? - Definition and Types**. [S.l.: s.n.], 2023.

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-wifi.html>. [Online; accessed 6-June-2023].

CL OLIVEIRA, Ana Carolina de et al. Gestão hospitalar de equipamentos de proteção individual no enfrentamento à pandemia covid19. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 23814–23831, 2021.

COSTA, Filippo et al. A review of RFID sensors, the new frontier of internet of things. **Sensors**, MDPI, v. 21, n. 9, p. 3138, 2021.

DA XU, Li; HE, Wu; LI, Shancang. Internet of things in industries: A survey. **IEEE Transactions on industrial informatics**, IEEE, v. 10, n. 4, p. 2233–2243, 2014.

DABIRI, Foad et al. A Telehealth Architecture for Networked Embedded Systems: A Case Study in In Vivo Health Monitoring. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, v. 13, n. 3, p. 351–359, 2009. DOI: 10.1109/TITB.2009.2013248.

DE KOSTER, René; LE-DUC, Tho; ROODBERGEN, Kees Jan. Design and control of warehouse order picking: A literature review. **European journal of operational research**, Elsevier, v. 182, n. 2, p. 481–501, 2007.

DINESH, M et al. An energy efficient architecture for furnace monitor and control in foundry based on industry 4.0 using IoT. **Scientific Programming**, Hindawi Limited, v. 2022, p. 1–8, 2022.

DODDS, Laura et al. A Handheld Fine-Grained RFID Localization System with Complex-Controlled Polarization. **arXiv preprint arXiv:2302.13501**, 2023.

ELSHAHED, Eman M et al. Prioritized scheduling technique for healthcare tasks in cloud computing. **The Journal of Supercomputing**, Springer, v. 79, n. 5, p. 4895–4916, 2023.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP8266 Datasheet**. [S.l.: s.n.], 2023. [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf).

Accessed: 2023-06-18.

AL-FAZARI, Ameera Ali; AL-RISI, Mahra Said Ahmed; ABDULWAHHAB, Rasha. Green Home: New Application for Monitoring Indoor Air Quality Using Arduino Platform. **Journal of Student Research**, 2019.

FLUTTER. **Build apps for any screen**. [S.l.: s.n.], 2023. <https://flutter.dev/>. Accessed: 2023-06-20.

AL-FUQAHA, Ala et al. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. **IEEE communications surveys & tutorials**, IEEE, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, 2015.

GARZOTTO, Francesco et al. COVID-19: ensuring our medical equipment can meet the challenge. **Expert Review of Medical Devices**, Taylor & Francis, v. 17, n. 6, p. 483–489, 2020.

GERGELEIT, Martin. Autotree: Connecting Cheap IoT Nodes with an Auto-Configuring WiFi Tree Network. In: IEEE. 2019 Fourth International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC). [S.l.: s.n.], 2019. P. 199–203.

GOOGLE CLOUD. **O que é a computação em nuvem?** [S.l.: s.n.], 2023. <https://cloud.google.com/learn/what-is-cloud-computing?hl=pt-br>. Accessed: 2023-06-18.

GOURLEY, David et al. **HTTP: The Definitive Guide**. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2002. ISBN 9781565925090. Disponível em: <<https://www.oreilly.com/library/view/http-the-definitive/1565925092/>>.

GROSINGER, Jasmin et al. HF RFID tag chip impedance measurements. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, IEEE, v. 71, p. 1–11, 2021.

HALL, David L; LLINAS, James. An introduction to multisensor data fusion. **Proceedings of the IEEE**, IEEE, v. 85, n. 1, p. 6–23, 1997.

HEINZELMAN, Wendi B; CHANDRAKASAN, Anantha P; BALAKRISHNAN, Hari. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks. **IEEE Transactions on wireless communications**, IEEE, v. 1, n. 4, p. 660–670, 2002.

INSTITUTE OF ELECTRICAL e ELECTRONICS ENGINEERS. **IEEE 802.11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications**. [S.l.: s.n.], 2016. [https://standards.ieee.org/standard/802\\_11-2016.html](https://standards.ieee.org/standard/802_11-2016.html). [Online; accessed 6-June-2023].



JETBRAINS. **Kotlin Programming Language**. [S.l.: s.n.], 2024. [Online; accessed 17-January-2024]. Disponível em: <<https://kotlinlang.org/>>.

JONES, James Peyton. A Hands-on Introduction to Embedded Systems & IOT. In: 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access. [S.l.: s.n.], 2020.

KAHVAZADEH, Sarang. Security architecture for Fog-To-Cloud continuum system. Universitat Politècnica de Catalunya, 2019.

KUMAR, Deepak. CLOUD COMPUTING. **International Scientific Journal of Engineering and Management**, v. 02, 04 abr. 2023. ISSN 25836129. DOI: 10.55041/ISJEM00289. Disponível em: <<https://isjem.com/download/cloud-computing/>>.

KUWAITI, Ahmed Al et al. A Review of the Role of Artificial Intelligence in Healthcare, jun. 2023. DOI: 10.3390/jpm13060951.

KWON, Hyuktae et al. Review of smart hospital services in real healthcare environments. **Healthcare Informatics Research**, Korean Society of Medical Informatics, v. 28, n. 1, p. 3–15, 2022.

LE BRETON, Mathieu et al. Dense and long-term monitoring of earth surface processes with passive RFID—a review. **Earth-Science Reviews**, Elsevier, p. 104225, 2022.

LEE, Tsu Yian et al. RFID-cloud construction equipment management system framework: Current issues and user needs. **Materials Today: Proceedings**, 2022. ISSN 2214-7853. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.12.089>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322074612>>.

LIMA, Fernanda Barreto Meneses Pessoa et al. Estratégias para o processo de gerenciamento de leitos em hospitais: Uma revisão integrativa. **Saúde Coletiva (Barueri)**, v. 13, n. 84, p. 12362–12383, 2023.

MANSOUR, Mohammad et al. Internet of Things: A Comprehensive Overview on Protocols, Architectures, Technologies, Simulation Tools, and Future Directions. **Energies**, MDPI, v. 16, n. 8, p. 3465, 2023.

MATTERN, Friedemann; FLOERKEMEIER, Christian. From the Internet of Computers to the Internet of Things. **From active data management to event-based systems and more: Papers in honor of Alejandro Buchmann on the occasion of his 60th birthday**, Springer, p. 242–259, 2010.

MCCABE, Ruth et al. Adapting hospital capacity to meet changing demands during the COVID-19 pandemic. **BMC medicine**, BioMed Central, v. 18, n. 1, p. 1–12, 2020.

MEHMOOD, Ubaid et al. Occupancy estimation using WiFi: A case study for counting passengers on busses. In: IEEE. 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT). [S.l.: s.n.], 2019. P. 165–170.

MELL, Peter; GRANCE, Timothy. The NIST definition of cloud computing, jan. 2011. DOI: 10.6028/nist.sp.800-145.

MELO, Wedsley Oliveira de; FONTGALLAND, Isabel Lausanne. Biomimetics and circular economy in the Brazil semi-arid: application of functional principles of xerophilous plants, jan. 2023. DOI: 10.34140/bjbv5n1-021.

META. **React Native**. [S.l.: s.n.], 2024. [Online; accessed 17-January-2024]. Disponível em: <<https://reactnative.dev/>>.

MICROSOFT AZURE. **O que é computação em nuvem? Um guia para iniciantes**. [S.l.: s.n.], 2023. <https://azure.microsoft.com/pt-br/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-cloud-computing>. Accessed: 2023-06-18.

MILLÁN, Francisco Sánchez et al. Development of Smart Irrigation Equipment for Soilless Crops Based on the Current Most Representative Water-Demand Sensors, mar. 2023. DOI: 10.3390/s23063177.

MOSADEGHRAD, Ali Mohammad. Factors affecting medical service quality. **Iranian journal of public health**, Tehran University of Medical Sciences, v. 43, n. 2, p. 210, 2014.

NANDINI, K.P; SESHIKALA, G. Role of Embedded Computing Systems in Biomedical Applications—Opportunities and Challenges. In: 2021 IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER). [S.l.: s.n.], 2021. P. 332–335. DOI: 10.1109/DISCOVER52564.2021.9663646.

NAWANDAR, Neha K.; SATPUTE, V. R. IoT based low cost and intelligent module for smart irrigation system, jul. 2019. DOI: 10.1016/j.compag.2019.05.027.

NXP SEMICONDUCTORS N.V. **MFRC522 Standard performance MIFARE and NTAG frontend**. [S.l.: s.n.], 2016. <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MFRC522.pdf>. Accessed: 2023-06-18.

OLIVEIRA, S. de. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi - 2ª edição**. [S.l.]: Novatec Editora, 2021. ISBN 9786586057355. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=T6AjEAAAQBAJ>>.

POPOVA, Irina et al. Application of the RFID technology in logistics. **Transportation Research Procedia**, v. 57, p. 452–462, 2021. International conference of Arctic transport accessibility: networks and systems. ISSN 2352-1465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.072>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521007006>>.

RAAD, Wasim et al. An IoT Based Inventory System for High Value Laboratory Equipment. In: 2019 Sixth International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS). [S.l.: s.n.], 2019. P. 314–319. DOI: 10.1109/IOTSMS48152.2019.8939259.

RACHE, Cesar Augusto Navarro; MEYER, Guilherme Englert Corrêa. A PROTOTIPAGEM NO VIÉS DO ECT. **Revista Triades**, v. 2, n. 9, 2020.

RASPBERRY PI FOUNDATION. **Raspberry Pi**. [S.l.: s.n.], 2024. Acessado em 17 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.com/>>.

RIOS, Thalyta de Miranda Lanna et al. Bridge Information Modeling (BrIM) used in the operation and maintenance of Civil Engineering Structures (CESs). **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, SciELO Brasil, v. 17, e17304, 2023.

RODRIGUEZ-GARCIA, Patricia et al. Strategic decision making in smart home ecosystems: A review on the use of artificial intelligence and Internet of things. **Internet of Things**, Elsevier, p. 100772, 2023.

ROZA, Rodrigo Hipólito. O papel das tecnologias da informação e comunicação na atual sociedade. **Ciência da Informação**, v. 49, n. 1, 2020.

SCHWAB, Klaus. The global competitiveness report 2018. In: WORLD ECONOMIC FORUM.

SERBANATI, Luca Dan. Health digital state and Smart EHR systems. **Informatics in Medicine Unlocked**, Elsevier, v. 21, p. 100494, 2020.

SILVA, Érica Carolina Correia da. Proposta de controle e monitoramento de pontos críticos em hospitais. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2021.

SIRIPURAPU, Sridhar et al. Technological Advancements and Elucidation Gadgets for Healthcare Applications: An Exhaustive Methodological Review-Part-I (AI, Big Data, Block Chain, Open-Source Technologies, and Cloud Computing). **Electronics**, MDPI, v. 12, n. 3, p. 750, 2023.

SUBARNA, B et al. IoT Based Monitoring and Alert System for Sewage Worker's Safety, jun. 2023. DOI: 10.36548/jucct.2023.2.001.

SULTAN, Talal. Internet of Things-IOT: definition, architecture and applications. **Egypt Journal of Applied Science**, v. 34, n. 1, p. 81–95, 2019.

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Computer Networks**. 5. ed. Boston: Prentice Hall, 2011. ISBN 978-0-13-212695-3.

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David J. **Computer Networks**. [S.l.]: Prentice Hall, 2011.

TELLO, Alcides Bernardo et al. International Journal of Communication Networks and Information Security Cloud Computing Based Network Analysis in Smart Healthcare System with Neural Network Architecture CC License CC-BY-NC-SA 4.0. v. 14, p. 269–279, mar. 2022. ISSN 2076-0930.

TYAGI, Sumarga Kumar Sah et al. Redesigning compound TCP with cognitive edge intelligence for WiFi-based IoT. **Future Generation Computer Systems**, Elsevier, v. 125, p. 859–868, 2021.

WOLF, Marilyn. **Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2017.

WOLFERT, Sjaak et al. Big data in smart farming—a review. **Agricultural systems**, Elsevier, v. 153, p. 69–80, 2017.

YILDIZ, Ezgi Pelin; ALTINBAS, Sahap. Investigation of Efficient Backup Techniques To Reduce Late In Cloud Systems: A Modeling Study. **Global Journal of Information Technology: Emerging Technologies**, v. 13, p. 46–54, 1 abr. 2023. ISSN 2301-2617. DOI: 10.18844/gjit.v13i1.8863.

ZHONG, Ray Y. et al. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review, out. 2017. DOI: 10.1016/j.eng.2017.05.015.

ZOU, Han et al. Device-free occupancy detection and crowd counting in smart buildings with WiFi-enabled IoT. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 174, p. 309–322, 2018.

ZUO, Jinsong et al. RFID-based sensing in smart packaging for food applications: a Review. **Future Foods**, Elsevier, p. 100198, 2022.