



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS – IFAM  
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL  
CURSO TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

**VENILSON ANDRADE DE FARIAS**

**Redes sem Fio: Uma Proposta de Desenvolvimento de Sistema de Inventário  
de Equipamentos Utilizando RFID**

**MANAUS/AM  
2024**

**VENILSON ANDRADE DE FARIAS**

**Redes sem Fio: Uma Proposta de Desenvolvimento de Sistema de Inventário de Equipamentos Utilizando RFID**

Trabalho de Conclusão de curso submetido ao curso de graduação em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro.

**MANAUS/AM  
2024**

**Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Distrito Industrial**

---

F224e Farias, Venilson Andrade de  
Redes sem Fio: Uma Proposta de Desenvolvimento de Sistema de Inventário de Equipamentos Utilizando RFID./ Venilson Andrade de Farias.. – Manaus, 2024.  
43f.: il. Color.

Monografia (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, 2024.

Orientador: Prof. <sup>o</sup> Celso Souza Cordeiro

1. Redes sem fio. 2. RFID 4G. 3. Sistemas de Inventário. 4. Rastreamento em tempo real. 5 I. Cordeiro, Celso Souza. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.382

## ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 16 dias do mês de dezembro de 2024, de 18:30h às 19:30h, o(a) discente **VENILSON ANDRADE DE FARIAS**, apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora constituída pelos seguintes integrantes: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro (docente-orientador), Prof. Esp. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro (Membro 1) e Prof. Me. Jonas Micael Vieira de Lima (Membro 2). A sessão pública de defesa foi aberta pelo(a) presidente da banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC, que tem como título **"REDES SEM FIO: UMA PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE INVENTÁRIO DE EQUIPAMENTOS UTILIZANDO RFID"**.

Na sequência, o(a) discente teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho. Cada integrante da banca examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouvidas as explicações do(a) discente, a banca examinadora, reunida em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberou e decidiu pela **APROVAÇÃO** com média final 8,8 (oito, oito) do referido trabalho.

Foi dada ciência ao(à) discente que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o dia 27 / 12 / 2024, com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 19 h 30 min, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo(a) discente.

Prof.(a) Orientador(a)/Presidente: 

Prof.(a) Avaliador 1: 

Prof.(a) Avaliador 2: 

Discente: Venilson Andrade de Farias.

Dedico com profundo afeto e gratidão a todos que, de alguma forma, compartilharam deste sonho e tornaram esta conquista possível. À minha querida família, em especial aos meus pais, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor incondicional e apoio nos momentos mais difíceis. Sua força e dedicação foram fundamentais para que eu pudesse trilhar este caminho. Aos meus amigos e colegas da faculdade, com quem dividi desafios, vitórias e aprendizados, que tornaram essa jornada mais leve e enriquecedora. E, principalmente, dedico àqueles que acreditaram em mim, que me incentivaram a nunca desistir, pois sem o suporte, a confiança e a motivação de cada um, este sonho jamais teria se concretizado.

A verdadeira motivação vem de realização,  
desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e  
reconhecimento.

(Frederick Herzberg)

## **AGRADECIMENTOS**

Ao longo da minha trajetória, aprendi a valorizar a importância da autonomia, mas também reconheci que o apoio e a colaboração de outras pessoas são fundamentais para alcançar grandes conquistas. Este trabalho, em particular, só se tornou possível graças à ajuda e presença de pessoas queridas que me acompanharam em cada etapa dessa caminhada.

Primeiramente, agradeço a Deus, por guiar meus passos e me fortalecer em cada desafio que enfrentei ao longo desta jornada. Sua presença foi essencial para que eu mantivesse a fé e a determinação em seguir em frente.

Aos meus professores, expesso meu mais sincero agradecimento. Seu compromisso em transmitir conhecimento e orientar com sabedoria foi fundamental para que este projeto pudesse ser desenvolvido com sucesso. Aos meus colegas, agradeço por cada momento de troca, incentivo e aprendizado compartilhado. Vocês me desafiaram a crescer e me ajudaram a expandir meus horizontes acadêmicos.

Minha gratidão profunda vai à minha família, que sempre esteve ao meu lado com paciência, amor e compreensão. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada sacrifício feito por vocês foram cruciais para que eu pudesse chegar até aqui. Sem vocês, esse sonho não teria se tornado realidade.

Por fim, a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste projeto, meus sinceros agradecimentos. Cada ajuda, direta ou indireta, fez a diferença e possibilitou que este trabalho fosse concluído com êxito.

.

## **Resumo**

Este trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento de um sistema de inventário de equipamentos utilizando a tecnologia RFID (Identificação por Rádio Frequência) em redes sem fio. A RFID tem se destacado como uma solução eficaz e confiável para o rastreamento de ativos em tempo real, promovendo uma revolução no modo como os inventários são gerenciados em diversas indústrias. O sistema proposto integra a tecnologia RFID com bases de dados hospedadas em nuvem, possibilitando o monitoramento contínuo e em tempo real dos equipamentos em várias localizações. Essa abordagem permite que o inventário seja atualizado instantaneamente conforme os ativos são movimentados, eliminando a necessidade de intervenções manuais e oferecendo uma visão unificada do estado de cada item. O sistema é escalável, adaptável a novas tecnologias como IoT (Internet das Coisas) e IA (Inteligência Artificial), oferecendo uma solução de longo prazo para empresas que buscam aprimorar sua eficiência operacional. O sistema proposto tem como objetivo otimizar a gestão de inventários, oferecendo uma solução escalável, que reduz erros humanos, custos operacionais e melhora o controle de ativos em tempo real. A pesquisa abrange as fases de design, implementação e testes, além de análise de custos e integrações tecnológicas futuras.

**Palavras-chave:** Redes Sem Fio, RFID, Sistemas de Inventário, Rastreamento em Tempo Real, Gestão de Ativos.

## **ABSTRACT**

*This work presents a proposal for the development of an equipment inventory system using RFID technology (Radio Frequency Identification) in wireless networks. RFID has emerged as an effective and reliable solution for real-time asset tracking, revolutionizing how inventories are managed in various industries. The proposed system integrates RFID technology with cloud databases, enabling continuous monitoring of equipment in various locations. This approach allows for real-time updates as assets are moved, eliminating the need for manual interventions and offering a unified view of each item's status. The system is scalable, adaptable to emerging technologies such as IoT and AI, and provides a long-term solution for organizations aiming to enhance their operational efficiency. The proposed system aims to optimize inventory management, offering a scalable solution that reduces human error, operational costs, and improves real-time asset control. The research includes design, implementation, and testing phases, alongside cost analysis and future technological integrations.*

**Keywords:** *Wireless Networks, RFID, Inventory Systems, Real-Time Tracking, Asset Management.*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01 – Espectro eletromagnético.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 02 - Arquitetura LI-FI.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 03 - Análise de funcionamento do LED XLamp MC-E.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 04 - Arquitetura 802.15.7.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 05 - Topologias de rede de sistemas VLC de curto alcance.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 06 - Ambiente de teste LI-FI.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 07 - Sistema de teste rede LI-FI.....</b>	<b>27</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01 – Estruturas propostas no IEEE 802.15.7 .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabela 02 – Modo de operação PHY I .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabela 03 – Modo de operação PHY II .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabela 04 – Modo de operação PHY III .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabela 05 - Diferença básica entre LiFi e WiFi .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 06 - Lista de materiais utilizados .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 07 - Resultados da transmissão a 5 cm com luz artificial .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 08 - Resultados da transmissão a 10 cm com luz artificial .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabela 09 - Resultados da transmissão a 15 cm com luz artificial .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabela 10 - Resultados da transmissão a 20 cm com luz artificial .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabela 11 - Resultados da transmissão a 30 cm com luz artificial .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabela 12 - Resultados da transmissão a 40 cm com luz artificial .....</b>	<b>33</b>

## **LISTA DE SIGLAS**

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

AP - Access Point

BPS - bits por segundo

CRUD - Create, Read, Update and Delete

DAO - Data Access Object

EPC - Electronic Product Code

ER - Entidade Relacionamento

E/S - entrada e saída

GPS - Global Positioning Systems

HF - High Frequency

ID – Identify

IDE - Integrated Development Environment

IP - Internet Protocol

ISO - International for Standardization

LF - Low Frequency

LPS - Local Positioning System

MAC - Media Access Control

RF – Radiofrequência

RFId - Radio Frequency Identification

SQL - Structured Query Language

UHF - Ultra High Frequency

USB - Universal Serial Bus

# Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	15
1.2 METODOLOGIA .....	16
2. Objetivos .....	17
2.1. Geral .....	17
2.2. Especifico .....	17
3. Problema .....	18
4. REFERENCIAL TEÓRICO .....	19
4.1 REDES SEM FIO .....	19
4.2 Tecnologia Comunicação por Luz Visível .....	19
4.2.1 ESPECTRO ELETROMAGNETICO.....	19
4.2.2 ARQUITETURA DO LI-FI .....	19
4.2.3 Definição do LED utilizado .....	19
4.2.4 – Protocolo utilizado no VLC .....	19
5 A TRANSMISSÃO DE SEM FIO.....	20
5.1 TOPOLOGIA DA TEDE VLC .....	23
6. DIFERENÇA ENTRE WI-FI e LI-FI .....	24
7. SISTEMA DE ESTAÇÃO DE TESTE LI-FI .....	25
7.1 O que são estação de teste? .....	26
7.2 Cenário de teste .....	26
7.3 Modelo proposto .....	27
7.4 Material utilizado .....	27
7.5 Montagem do circuito da estação de Teste .....	29
8. Resultados Encontrados .....	39
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	40
REFERÊNCIAS .....	42

# 1. INTRODUÇÃO

A proposta de desenvolvimento de um sistema de inventário de equipamentos utilizando a tecnologia RFID (Identificação por Rádio Frequência) em redes sem fio. A RFID tem se destacado como uma solução eficaz e confiável para o rastreamento de ativos em tempo real, promovendo uma revolução no modo como os inventários são gerenciados em diversas indústrias. A proposta explora como a implementação dessa tecnologia pode melhorar a precisão no controle de ativos e reduzir significativamente o esforço humano nos processos de inventário. Esse benefício é particularmente visível em organizações de médio a grande porte, onde o volume de equipamentos e ativos torna o monitoramento manual mais complexo e sujeito a erros.

O sistema proposto integra a tecnologia RFID com bases de dados hospedadas em nuvem, possibilitando o monitoramento contínuo e em tempo real dos equipamentos em várias localizações. Essa abordagem permite que o inventário seja atualizado instantaneamente conforme os ativos são movimentados, eliminando a necessidade de intervenções manuais e oferecendo uma visão unificada do estado de cada item. Esse recurso é especialmente vantajoso em indústrias onde o controle preciso de ativos é crucial, como em fábricas, hospitais e grandes corporações.

A pesquisa concentra-se na otimização da gestão de inventários, oferecendo uma solução escalável, capaz de se adaptar e expandir à medida que novas tecnologias surgem. Isso torna o sistema proposto altamente viável para uso futuro, com o potencial de integrar inovações como a Internet das Coisas (IoT) e a inteligência artificial (IA). Essas inovações podem ampliar as capacidades de rastreamento e análise dos dados gerados, proporcionando personalização e escalabilidade, o que torna o sistema uma solução de longo prazo para empresas que buscam aprimorar sua eficiência operacional.

## 1.1 Importância e Benefícios da Implementação de RFID

A principal vantagem da tecnologia RFID, em comparação com métodos tradicionais como códigos de barras, é sua capacidade de realizar leituras de múltiplos itens simultaneamente, sem a necessidade de uma linha de visão direta entre o leitor e o ativo. Além disso, a RFID oferece uma precisão muito superior, pois cada etiqueta RFID possui um identificador único, praticamente eliminando o risco de duplicidades ou confusões no controle de inventário. Isso reduz significativamente o tempo necessário para realizar inventários completos e permite que as empresas economizem em custos operacionais e de mão de obra.

Outro benefício relevante é a redução de erros humanos, comuns em sistemas de inventário que dependem de processos manuais. A automatização promovida pela RFID elimina a necessidade de intervenções humanas frequentes, resultando em um processo mais rápido, eficiente e menos suscetível a falhas. Isso é especialmente importante em setores onde a perda ou o extravio de equipamentos pode gerar grandes prejuízos financeiros ou operacionais.

## **1.2. Integração com a Nuvem e Monitoramento Remoto**

Um dos aspectos mais inovadores do sistema proposto é a integração com bases de dados na nuvem. Essa integração permite que todas as informações capturadas pelos leitores RFID sejam imediatamente armazenadas e processadas em servidores remotos, facilitando o acesso a dados precisos e em tempo real sobre o inventário de qualquer local com conexão à internet. Isso possibilita que gestores de diferentes departamentos ou filiais de uma organização acessem informações atualizadas de forma instantânea, sem a necessidade de sincronizações manuais.

A capacidade de monitoramento remoto é um grande diferencial, principalmente para empresas com operações distribuídas em várias localidades. O sistema permite que gestores acompanhem a movimentação dos ativos de forma centralizada, oferecendo uma visão unificada e completa de onde cada equipamento está localizado, seu estado atual e sua utilização.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia utilizada neste projeto é estruturada em três fases principais: pesquisa bibliográfica, implementação (Design) e testes. Cada uma dessas fases foi planejada para garantir a viabilidade técnica na literatura científica, foi realizada uma análise detalhada dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema, levando em consideração as necessidades específicas do ambiente de aplicação. O design abrange tanto a arquitetura do sistema quanto a configuração do hardware e software necessários para a operação eficiente do sistema RFID.

Na fase de implementação, foi construído um protótipo funcional que passou por testes iniciais para avaliar seu desempenho em um ambiente controlado. Durante essa etapa, foram empregadas tecnologias avançadas, como leitores RFID de alta frequência e bases de dados em nuvem, para garantir que o sistema atendesse às demandas de inventários de grande escala.

Por fim, na fase de testes, o sistema foi avaliado em termos de precisão, confiabilidade e velocidade de operação. Foram realizados testes de estresse para verificar o comportamento do sistema em condições de alta carga, como em cenários onde múltiplos ativos estão sendo monitorados simultaneamente. Além disso, foram avaliados fatores como a interferência de

sinais e a compatibilidade com diferentes tipos de etiquetas RFID, para garantir que o sistema pudesse ser utilizado em uma ampla variedade de ambientes.

## **2.1 Pesquisa Bibliográfica**

Inicialmente, será realizada uma ampla pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias existentes de monitoramento meteorológico e comunicação sem fio para sistemas fotovoltaicos. A revisão incluirá artigos científicos, livros técnicos e relatórios de pesquisa nas áreas de energia renovável, comunicação via Bluetooth e monitoramento ambiental.

## **2.2 Implementação (Design)**

Durante a fase de desenvolvimento, foi projetado um protótipo funcional do sistema de inventário, composto por leitores RFID e bases de dados hospedadas em nuvem. A arquitetura do sistema foi elaborada para garantir a escalabilidade e a integração futura com novas tecnologias, como IoT. O protótipo foi implementado utilizando tecnologias de baixo custo, porém eficazes, para garantir a viabilidade prática da solução em ambientes corporativos.

## **2.3 Testes**

O sistema passou por testes rigorosos para validar seu desempenho em diferentes condições operacionais. Testes de estresse foram realizados para avaliar a capacidade do sistema de lidar com grandes volumes de dados, e o sistema foi testado em cenários onde múltiplos ativos eram rastreados simultaneamente. Os testes também analisaram a compatibilidade das etiquetas RFID com diferentes tipos de ambientes e a interferência de sinais, como a presença de metais.

## **3. Objetivos**

### **3.1. Geral**

Apresentar o objetivo principal do trabalho, que é desenvolver um sistema de inventário eficiente baseado em RFID, capaz de operar em tempo real, fornecendo controle sobre ativos e equipamentos de forma automática e sem intervenção manual constante.

### **3.2. Específicos**

Descrever objetivos específicos, como:

- Projetar uma arquitetura de sistema que integre RFID com bancos de dados na nuvem.
- Implementar um protótipo funcional e testá-lo em um ambiente simulado de inventário.
- Avaliar o desempenho do sistema em termos de precisão, velocidade e facilidade de uso.
- Propor melhorias ou expansões futuras para integrar novas tecnologias emergentes.

## **4. PROBLEMA**

O problema a ser abordado é a dificuldade de gerenciar inventários de grandes proporções em tempo real, sem erros humanos, utilizando métodos tradicionais de controle, como códigos de barras ou registros manuais. A proposta busca solucionar esse problema por meio da implementação de um sistema RFID, que permite o rastreamento automatizado e em tempo real dos ativos de uma organização, eliminando a necessidade de processos manuais demorados e suscetíveis a falhas.

## **5. ANÁLISE DE CUSTOS E VIABILIDADE ECONÔMICA**

Embora a tecnologia RFID apresente um custo inicial mais elevado em comparação com sistemas baseados em códigos de barras, a análise conduzida neste trabalho demonstra que os benefícios a longo prazo justificam o investimento. A redução dos erros de inventário, o aumento da eficiência operacional e a eliminação da necessidade de processos manuais resultam em economias significativas ao longo do tempo. Além disso, o sistema é escalável, o que significa que pode ser expandido conforme a empresa cresce ou novos requisitos surgem, sem a necessidade de grandes mudanças na infraestrutura existente.

Outro aspecto importante a considerar é o custo das etiquetas RFID. Embora o preço das etiquetas tenha diminuído significativamente nos últimos anos, ainda é um fator relevante, especialmente para empresas que precisam monitorar grandes quantidades de ativos. No entanto, a durabilidade e a reutilização das etiquetas fazem com que esse investimento seja mais econômico a longo prazo, pois as etiquetas podem ser reutilizadas várias vezes sem perda de funcionalidade.

## **5. LIMITAÇÕES E APLICAÇÕES FUTURAS**

Apesar das inúmeras vantagens da tecnologia RFID, existem algumas limitações que precisam ser consideradas. Uma delas é a possibilidade de interferência de sinais, especialmente em ambientes com muitos metais ou líquidos, que podem afetar a precisão das leituras RFID. Além disso, a distância de leitura também pode ser um fator limitante, já que as etiquetas RFID passivas possuem um alcance relativamente curto em comparação com outros métodos de rastreamento.

Este trabalho sugere que pesquisas futuras podem focar na integração da RFID com tecnologias emergentes, como sensores da Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial, para ampliar ainda mais as capacidades do sistema. Por exemplo, sensores de IoT poderiam ser utilizados para monitorar não apenas a localização dos ativos, mas também seu estado de funcionamento

ou condições ambientais, como temperatura e umidade, o que seria especialmente útil em indústrias como a farmacêutica ou alimentícia.

A integração com IA também pode abrir novas possibilidades, permitindo a análise preditiva dos dados de inventário para prever quando um equipamento pode necessitar de manutenção ou substituição, reduzindo o tempo de inatividade e aumentando a eficiência geral da organização.

## **6. REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo vamos apresentar os principais conceitos abordados, através de pesquisas bibliográficas, baseadas nas principais literaturas da área, compondo o conhecimento necessário para a execução do nosso trabalho.

### **6.1 ENLACES VIA RÁDIO.**

O uso de enlaces via rádio no campo da tecnologia RFID (Radio-Frequency Identification) tem se mostrado uma solução eficiente para a comunicação sem fio em sistemas de inventário, controle de acesso e monitoramento de ativos. A tecnologia RFID utiliza ondas de rádio para transmitir dados entre um leitor e uma etiqueta, sendo amplamente aplicada em diversos setores, como logística, saúde e comércio. Através de enlaces via rádio, a comunicação ocorre sem a necessidade de contato visual direto entre os dispositivos, tornando a tecnologia altamente versátil e adaptável a diferentes ambientes.

De acordo com Santos (2023), a principal vantagem em tecnologias baseadas em RF em relação a outras tecnologias de identificação é sua capacidade de realizar leituras em ambientes adversos, como em locais com obstruções ou condições climáticas desfavoráveis. As ondas de rádio utilizadas nos sistemas RFID operam em diferentes faixas de frequência, como baixa frequência (LF), alta frequência (HF) e ultra alta frequência (UHF), permitindo diferentes alcances e velocidades de transmissão de dados. “Os sistemas de RFID que operam em UHF são particularmente eficazes em aplicações de longo alcance, permitindo a leitura de múltiplas etiquetas a distâncias superiores a 10 metros” (SANTOS, 2023, p. 23).

A configuração de um enlace via rádio em sistemas RFID envolve uma série de fatores técnicos que devem ser considerados para garantir a eficiência do sistema. Segundo Nascimento. (2022), a escolha da frequência de operação e a potência do sinal são determinantes para a performance do enlace. Em ambientes com alta interferência eletromagnética, como fábricas e armazéns, é essencial que o sistema RFID seja calibrado para minimizar ruídos e evitar perdas de sinal. Conforme afirmam Nascimento. (2022), a configuração adequada da antena e do transmissor é fundamental para garantir a robustez e a confiabilidade do enlace via rádio em sistemas RFID.

Outro ponto relevante é a compatibilidade dos enlaces via rádio com diferentes padrões de RFID. Existem diversos padrões internacionais que regulamentam a operação dos sistemas RFID, como o ISO/IEC 18000 e o EPC global. A conformidade com esses padrões é fundamental para garantir a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes e a adoção ampla da tecnologia em diversas indústrias. “A padronização dos enlaces via rádio é um fator essencial para a evolução e a expansão da tecnologia RFID em escala global” (NASCIMENTO, 2020).

Além disso, o uso de enlaces via rádio em RFID proporciona vantagens no que diz respeito à segurança e à privacidade dos dados transmitidos. Conforme observa Pinheiro (2009), os sistemas RFID podem ser equipados com mecanismos de criptografia e autenticação, garantindo que as informações transmitidas sejam protegidas contra acessos não autorizados. Dessa forma, é possível implementar soluções de identificação seguras em áreas como segurança pública e controle de acesso, onde a confidencialidade dos dados é crucial.

Diante dessas características, os enlaces via rádio voltados para a tecnologia RFID desempenham um papel vital na transformação digital das empresas, proporcionando uma solução eficiente e flexível para a automação de processos e a gestão de ativos. O avanço contínuo das tecnologias de comunicação sem fio promete trazer melhorias significativas para os sistemas RFID, expandindo suas aplicações e aumentando sua eficácia em diferentes cenários operacionais.

## **6.2 A TRANSMISSÃO DE SEM FIO**

Conforme relata Nóbrega; Cardoso; Costa (2012), a história da tecnologia da transmissão de energia sem fios se deu por volta do ano de 1893 quando, o cientista sérvio-americano chamado *Nikola Tesla*, inicia seus estudos sobre transmissão de energia sem fio, denominando-a inicialmente como AC IEEE. Segundo sua pesquisa, através da indução eletromagnética, é possível transferir energia sem a necessidade de um condutor elétrico, tanto que conseguia comprovar sua teoria acendendo lâmpadas de baixa potência com se utilizando seu conceito proposto.

Com o passar de anos após publicação de seus estudos, em 1901, Tesla construiu um laboratório e uma torre de 60m de altura numa fazenda situada em *Long Island*, cidade de Nova Iorque, EUA. Tendo com finalidade através desta torre, transmitir energia para carros, aviões e até mesmo cidades sem utilizar condutores elétricos (cabos). Importunamente, seus estudos foram interrompidos, pois o principal financiador do projeto resolveu cortar gastos (Nóbrega; Cardoso; Costa, 2012).

No entanto, aqueles primeiros estudos são base das tecnologias que são utilizadas na atualidade, muitas delas são baseadas no padrão IEEE 802.11. Neste caso, são tecnológicas basicamente aplicadas para acesso (cobertura de última milha), implementadas com uso de antenas direcionais para áreas externas e em redes que dependem de infraestrutura do local. Desta forma, levam o sinal até *gateways* com interface cabeada que permitem acesso à *Internet* ((FARIAS, 2008).

O problema em satisfazer requisitos de QoS em redes de radiofrequência que possuem canais de comunicação instáveis, principalmente por compartilhar o canal com nós vizinhos. Novamente uma possível solução é a utilização de estratégias de integração multicamadas, violando as tradicionais abordagens de isolamento entre camadas. QoS em redes é um problema em aberto (FARIAS, 2008).

## **7. Tecnologia RFID**

A tecnologia RFID, abreviação de Radio Frequency Identification, pode ser traduzida como Identificação por Radiofrequência. Trata-se de um sistema utilizado para identificar objetos ou suas posições dentro de uma determinada área, sendo amplamente aplicada em sistemas de rastreamento e controle de inventários. Conforme Tanenbaum (2011, p. 45), “os objetos do cotidiano também podem fazer parte de uma rede de computadores”, referindo-se à conexão de itens físicos a sistemas digitais por meio de RFID.

Um dos principais objetivos do RFID é superar as limitações dos tradicionais códigos de barras, permitindo uma leitura com maior alcance e a capacidade de armazenar mais informações em cada etiqueta (TAG).

### **7.1 Surgimento da Tecnologia RFID**

A tecnologia RFID (Radio-Frequency Identification) originou-se durante a Segunda Guerra Mundial, a partir de sistemas de radares desenvolvidos para identificar a aproximação de aeronaves. Robert Alexander Watson-Watt, um dos pioneiros, criou um sistema que inicialmente apenas detectava aviões sem distingui-los. Com o aprimoramento, ele desenvolveu transmissores instalados em aeronaves aliadas, permitindo a diferenciação entre aviões inimigos e aliados. Esse aprimoramento deu origem à base do que hoje conhecemos como RFID (ARAUJO e GIMENEZ, 2018).

A evolução do RFID se deu em fases ao longo das décadas, conforme ilustrado na Tabela 1:

Tabela 1 - Evolução histórica da tecnologia RFID

Década	Eventos
1940-1950	Desenvolvimento do radar durante a Segunda Guerra Mundial e primeiros princípios do RFID em 1948.
1950-1960	Primeiros testes laboratoriais de RFID.
1960-1970	Desenvolvimento da teoria do RFID e primeiras aplicações experimentais.
1970-1980	Expansão no desenvolvimento de RFID e aceleração de testes.
1980-1990	Início de aplicações comerciais de RFID.
1990-2000	RFID amplamente utilizado, estabelecendo-se como parte do cotidiano.

Fonte: Adaptado de Araújo e Gimenez (2008).

## 7.2 Arquitetura Básica de um Sistema RFID

De acordo com Passaretti (2008, p. 2), um sistema RFID consiste em quatro componentes principais: tags, leitores, middleware e software de aplicação. No entanto, Gines e Tsai (2007) sugerem que esses sistemas podem ser divididos em três componentes básicos: transponder (TAG), leitor RFID e computador host. A seguir, são descritos os componentes do sistema RFID:

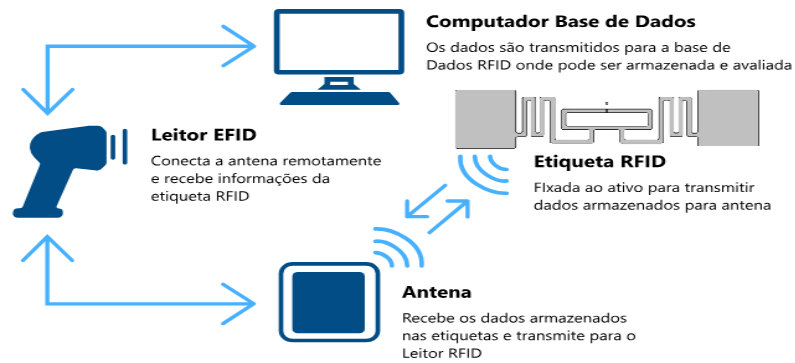
- **Transponder (TAG):** É o dispositivo que contém as informações a serem lidas, fixado ao objeto a ser identificado.
- **Leitor RFID:** Responsável pela leitura das tags.
- **Computador Host:** Processa os dados e encaminha as informações ao banco de dados.
- **Middleware:** Interface de aplicação que gerencia a troca de dados entre o leitor RFID e o computador host.

## 7.3 Funcionamento da Tecnologia RFID

A tecnologia RFID funciona através de um processo de etiquetagem de objetos com tags que contêm um código de identificação (ID). Esse ID é enviado via sinal de radiofrequência a um leitor RFID, que decodifica o sinal e o transmite para o computador host, onde os dados são processados e armazenados. O campo eletromagnético gerado pela antena do leitor ativa a TAG, que então responde com suas informações.

Conforme Couto (2003), a etiqueta RFID passiva, por exemplo, utiliza a indução eletromagnética gerada pelo campo do leitor para alimentar seus circuitos e transmitir dados. Esse processo é ilustrado na figura 1.

Figura 1 - Composição do sistema RFID

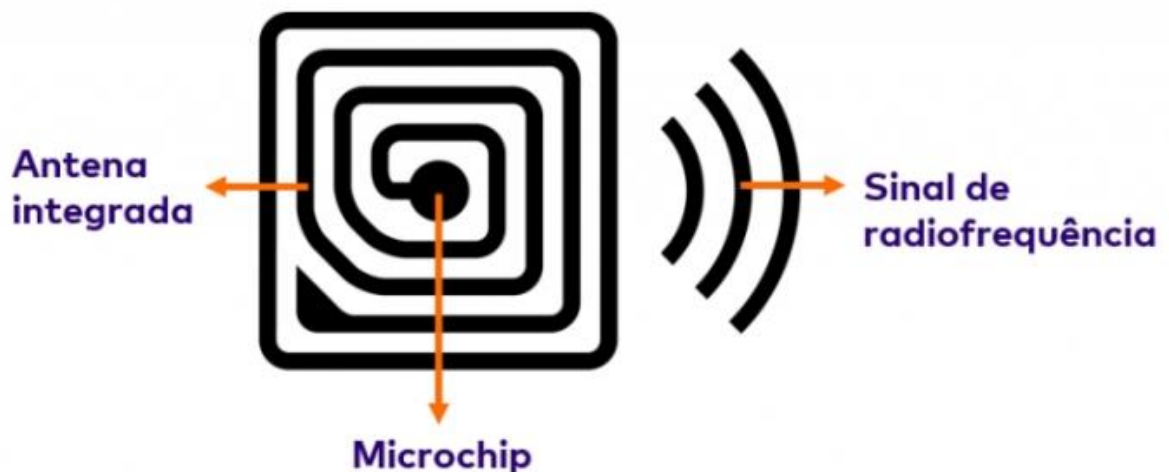


Fonte: Do autor (adaptado de fontes da internet).

## 7.4 TAGs RFID

As tags RFID, também conhecidas como transponders, são os componentes que armazenam o ID do objeto a ser identificado. Elas podem variar em formato, desde adesivos simples até cartões inteligentes. Segundo Tanenbaum (2011), “uma etiqueta consiste em um pequeno microchip com um identificador exclusivo e uma antena que recebe as transmissões de rádio”. Já Gines e Tsai (2007) descrevem a composição física das etiquetas RFID como formada por três partes principais: chip, antena e encapsulamento.

Figura 2 - Composição física das TAGs RFID



Fonte: Composição do autor (Imagem retirada de Couto, 2003).

**Chip:** Gerencia as comunicações e identificações realizadas pela TAG.

**Antena:** Recebe e transmite os sinais, servindo como fonte de energia para as etiquetas passivas.

**Encapsulamento:** Protege o chip e a antena, garantindo a integridade do dispositivo.

## 7.5 Tipos de TAGs RFID

Existem diferentes tipos de tags RFID, sendo classificadas em passivas, ativas, semi-passivas e semi-ativas (GINES e TSAI, 2007). As principais diferenças entre elas estão na forma como obtêm energia e no alcance de leitura.

### a) RFID Passiva

As tags passivas não possuem fonte de energia própria e dependem do campo gerado pelo leitor para funcionarem. Elas são de baixo custo, mas possuem um alcance de leitura menor em comparação com as tags ativas. Segundo Tanenbaum (2011), essas tags se comunicam por meio do método de reflexão de sinais, o que pode causar colisões quando múltiplas etiquetas estão no mesmo campo.

### b) RFID Ativa

Ao contrário das passivas, as tags ativas possuem uma fonte de energia interna e um radiotransmissor, o que lhes permite comunicar-se a maiores distâncias. No entanto, seu custo é significativamente mais elevado, devido à necessidade de baterias que têm uma vida útil limitada.

A seguir podemos observar as TAGs que podem ter diversos formatos, que vão desde simples adesivos até cartões inteligentes. Esta diversidade é mostrada na figura 3.

Figura 3 - Exemplos de TAGs RFId comercializadas



Fonte: Do Autor (Adaptado de imagens retiradas da internet)

## 7.6 Frequência de Operação das TAGs

De acordo com Bal (2018), a frequência de operação das tags define tanto o alcance de leitura quanto a taxa de transferência de dados. A tabela 2 apresenta uma relação das frequências de operação e suas respectivas características.

Tabela 2 - Frequências de operação das TAGs RFID

Frequência	Alcance de Leitura	Capacidade em Ambientes Diversos	Dimensão da Etiqueta	Fonte de Energia	Aplicações
Baixa Frequência (LF)	< 0,5 m	Excelente	Muito grande	Passiva, indução eletromagnética	Controle de acesso, animais
Alta Frequência (HF)	< 1,0 m	Boa	Grande	Passiva, indução eletromagnética	Cartões de proximidade
Ultra Alta Frequência (UHF)	> 3,0 m	Média	Média	Ativa/passiva	Controle de transporte, containers
Micro-ondas	5,0 - 10,0 m	Baixa	Pequena	Ativa	Logística, cadeia de suprimentos

Fonte: Adaptado de Gines e Tsai (2007).

A escolha da frequência depende das condições ambientais e da aplicação desejada, visto que algumas frequências, como LF, são menos suscetíveis a interferências de metais.

## 7.7 Padronização das TAGs RFID

A padronização das tags RFID é crucial para a interoperabilidade dos sistemas. De acordo com a ISO (International Organization for Standardization), diversos padrões foram desenvolvidos para regulamentar o uso de RFID em diferentes setores. Alguns dos principais padrões são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Padrões ISO para TAGs passivas

ISO Standard	Título
ISO 11784	RFID para animais – Estrutura de dados para marcação de animais.
ISO/IEC 14443A, B	Identificação de cartões com circuitos integrados sem contato – Proximidade (alcance até 10 cm).
ISO/IEC 15693	Cartões com circuitos integrados sem contato – Vizinhança (alcance superior a 10 cm).
ISO/IEC 18000-6	Comunicação por interface para UHF (860 a 960 MHz).

Fonte: Adaptado de Gines e Tsai (2007).

Conforme RFID CANADA (2012), os protocolos da ISO garantem maior estabilidade e suporte da indústria, sendo amplamente utilizados em aplicações comerciais.

O Código Eletrônico de Produto (EPC) foi criado como um padrão global para substituir o código de barras, sendo regulado internacionalmente pela EPC global. No Brasil, a GS1 é a responsável por essa padronização, especialmente no que diz respeito às etiquetas de identificação (tags). De acordo com a RFID CANADA (2012), "o EPC foi fundado por usuários finais como Wal-Mart, Gillette e P&G, que buscavam uma tag barata e um protocolo que a suportasse". O lema durante a criação do EPC era: "Torne isso o mais simples possível para que o chip possa ser o mais simples possível e o custo da tag possa ser o mais baixo possível" (RFID CANADA, 2012).

Em julho de 2006, os órgãos ISO e EPC uniram forças para criar o protocolo EPCGlobal Gen2, que foi adotado como o padrão ISO 18000-6C. Esse protocolo representa uma evolução dos anteriores, sendo considerado o mais avançado para comunicação UHF. Ele permite que quatro leitores se comuniquem simultaneamente com uma tag, utilizando sessões separadas, o que evita conflitos de leitura (RFID CANADA, 2012). Segundo o RFID Journal Brasil (2003), "os códigos EPC são compostos de um cabeçalho e três conjuntos de números, como no exemplo '1-2345-67890', onde o primeiro conjunto representa a identificação do fabricante, o segundo identifica o tipo de produto, e o último é o código único da tag". Essa estrutura facilita a programação dos leitores, permitindo separação e buscas específicas.

Os leitores RFID desempenham um papel crucial nesse sistema, pois são responsáveis pelo interfaceamento entre o sistema solicitante e os dados fornecidos pelas tags. Eles utilizam radiofrequência, eliminando a necessidade de contato visual para a leitura das etiquetas, além de permitir a leitura simultânea de várias tags. Além disso, os leitores podem também escrever informações nas etiquetas, desde que estas sejam compatíveis. A principal função do leitor é realizar o inventário das etiquetas presentes na sua proximidade, conforme afirmado por Tanenbaum (2011, p. 206): "A tarefa principal da leitora é fazer o inventário das etiquetas nas vizinhanças, ou seja, descobrir os identificadores das etiquetas vizinhas". Esses equipamentos possuem sua própria fonte de energia e antena para comunicação, sendo capazes de controlar a comunicação entre as etiquetas e o sistema (MOTA, 2006).

O middleware RFID atua como intermediário entre o hardware do sistema e a aplicação final, facilitando a conversão e interpretação das informações coletadas pelos leitores. Segundo Loureiro et al. (2003, p. 221), "o middleware permite que informações adquiridas no canal de sensoriamento sejam repassadas para a pilha de protocolos de rede, a fim de serem transmitidos a outro nó". Zanlourensi (2011) corrobora essa ideia, afirmando que o middleware "é o responsável pela depuração das informações recebidas pelas antenas, eliminando redundâncias e convertendo-as em algo que o sistema do usuário possa interpretar". Em sistemas RFID, o

middleware também pode monitorar e gerenciar os componentes de hardware, sendo especialmente útil em situações em que há um grande volume de dados a ser processado (DIAS et al., 2012).

No Brasil, a regulamentação do uso de radiofrequências para sistemas RFID é de responsabilidade da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), que define as condições de uso desses sistemas. A Resolução nº 680, de 27 de junho de 2017, que trata dos equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita, estabelece as frequências operacionais permitidas e os limites de intensidade de campo elétrico que os dispositivos devem atender (ANATEL, 2017).

## **7.8 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA TECNOLOGIA RFID**

A tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) apresenta uma série de vantagens em relação a outros sistemas de identificação, como o código de barras. Entre os principais benefícios do uso de RFID, destacam-se (SANTANA, 2005):

- **Leitura sem necessidade de contato visual ou físico:** O sistema RFID permite a identificação dos produtos sem que haja contato direto entre o leitor e a etiqueta, facilitando o processo de automação em ambientes complexos.
- **Leitura automática e rápida:** O RFID possibilita a leitura simultânea de múltiplos itens de forma automática e eficiente, o que torna os processos logísticos e de inventário significativamente mais ágeis.
- **Contagens instantâneas:** A tecnologia permite contagens instantâneas em sistemas empresariais, especialmente úteis em inventários, otimizando o controle e a gestão de estoques.
- **Capacidade de armazenamento de dados:** Diferentemente do código de barras, a RFID tem maior capacidade de armazenamento de informações. Além disso, os dados nas etiquetas podem ser escritos, reescritos e apagados, o que garante a reutilização das etiquetas.
- **Precisão das informações:** A acuracidade das leituras e dos dados coletados pela tecnologia RFID é superior, garantindo maior confiabilidade para os processos de controle de estoque e rastreamento de produtos.
- **Robustez e resistência:** As etiquetas RFID são mais resistentes a condições ambientais adversas, como poeira, umidade e variações de temperatura, tornando-as ideais para aplicações em diversos setores.

No entanto, apesar das vantagens mencionadas, o sistema RFID também apresenta algumas desvantagens que devem ser consideradas (SANTANA, 2005):

**Custo elevado:** A implantação de sistemas RFID tem um custo significativamente maior quando comparado ao sistema de código de barras, tanto em relação ao preço das etiquetas eletrônicas quanto à infraestrutura necessária para a sua operação.

**Aumento do custo final dos produtos:** O uso de RFID pode impactar o preço final dos produtos, uma vez que os custos com etiquetas e infraestrutura são repassados ao consumidor.

**Necessidade de padronização:** Para que a tecnologia RFID possa ser amplamente adotada por diferentes setores da indústria, é necessário padronizar as frequências utilizadas, garantindo a interoperabilidade entre diversos sistemas.

**Interferências em determinados ambientes:** A tecnologia pode apresentar limitações em ambientes que contenham materiais metálicos ou condutivos, pois esses materiais podem interferir nas ondas de radiofrequência, prejudicando o funcionamento do sistema.

## **8. Plataforma Arduino**

Atualmente, o desenvolvimento de aplicações específicas requer menos esforço, graças à evolução dos microcontroladores e plataformas como o Arduino. Anteriormente, qualquer alteração em circuitos eletrônicos exigia grandes modificações e trabalho crítico. A criação do Arduino em 2005 trouxe uma solução prática e acessível para o desenvolvimento de projetos interativos, possibilitando que qualquer pessoa, com ou sem formação técnica, pudesse desenvolver suas próprias tecnologias (SILVA, BERTINO e NASCIMENTO NETO, 2012).

A plataforma Arduino foi projetada para ser uma solução acessível e simples para a criação de projetos interativos. Segundo Banzi (2008), o Arduino é uma plataforma de computação física de código aberto, projetada para criar objetos interativos, independentes ou integrados com software de computador, destinada a artistas, projetistas e outros profissionais que desejam incorporar computação física sem precisar ser engenheiros eletrônicos.

### **8.1 Componentes da Placa Arduino**

Conforme visto em Stefanello (2013), a placa Arduino é composta por diversos componentes fundamentais para seu funcionamento. Estes incluem:

- **Interface USB:** Localizada na parte superior esquerda da placa, permite carregar instruções ou alimentar a placa.
- **Conexão Elétrica:** Utilizada para conectar uma fonte de energia externa.
- **Entradas Analógicas:** De A0 a A5, localizadas na parte inferior da placa.

- Entradas Digitais: Localizadas na parte superior.
- Microcontrolador: Componente central responsável por processar todas as informações e ações executadas no dispositivo.

## **8.2 Modelos de Placas Arduino**

Os modelos mais populares incluem Arduino Nano, Micro, Mega, Uno e Leonardo. Essas placas também podem ser expandidas com o uso de Shields, que são placas adicionais que oferecem funcionalidades extras, como o Ethernet Shield e LCD Shield (ARDUINO, 2024).

## **9. Shields Arduino**

A capacidade de expansão do Arduino é uma das suas maiores vantagens. Através de módulos conhecidos como Shields, é possível estender as funcionalidades da placa principal.

### **9.1 Ethernet Shield**

O Arduino Ethernet Shield permite que uma placa Arduino se conecte à internet utilizando a biblioteca Ethernet e o módulo para cartões micro SD. O shield utiliza o chip WIZnet W5100, compatível com os protocolos UDP/TCP, facilitando a conexão com redes (NIDEJELSKI, 2018).

### **9.2 Módulo RFID**

O Módulo RFID RC522 utiliza o chip MFRC522, que opera a uma frequência de 13,56MHz, permitindo a leitura e escrita em cartões padrão Mifare (ELECROW, 2007). No mercado nacional, geralmente o módulo é composto por kit que inclui um leitor, uma tag e um cartão RFID.

## **10. Ambiente de Programação**

O IDE Arduino é o software utilizado para programar o firmware da placa. Esse ambiente é baseado na linguagem C e permite a criação de instruções passo a passo que o Arduino executa interativamente com o hardware conectado a ele (ARDUINO, 2018).

### **10.1 Estrutura do Código no Arduino**

O código no Arduino, conhecido como sketch, é dividido em duas partes principais:

- Setup: Parte inicial do código onde são configurados os pinos de entrada e saída, bibliotecas e variáveis.

- Loop: Após o setup, o loop é executado repetidamente enquanto a placa estiver ligada, permitindo que o código responda a alterações no ambiente (ARDUINO, 2018).

## **11. Comunicação SPI**

A SPI (Serial Peripheral Interface) é uma interface serial utilizada para comunicação entre o microcontrolador e outros dispositivos. A SPI permite comunicação full-duplex, ou seja, transmissão simultânea de dados nos dois sentidos, do mestre para o escravo e vice-versa (MONARO, 2007).

### **11.1 Sinais da SPI**

A interface SPI é composta por quatro sinais principais:

- MOSI (Master Out Slave In): Dados enviados do mestre para o escravo.
- MISO (Master In Slave Out): Dados enviados do escravo para o mestre.
- SCLK (Serial Clock): Controla o fluxo de bits.
- SS (Slave Select): Habilita ou desabilita a comunicação com o escravo.

## **12. Base de Dados**

A utilização de bancos de dados se tornou essencial para o gerenciamento de informações em indústrias desde os anos 1950. A evolução dos bancos de dados, inicialmente físicos, foi acompanhada pela automatização da informação, facilitando o acesso direto a registros (GONÇALVES, 2012).

### **12.1 Banco de Dados NoSQL**

Com o crescimento das aplicações Web, surgiram novas tecnologias de banco de dados como o NoSQL. Esse tipo de banco de dados é caracterizado por não utilizar o modelo relacional e permitir uma grande escalabilidade, sendo amplamente utilizado por redes sociais e outras aplicações com grandes volumes de dados (POLITOWSKI et al, 2014).

### **12.2 MongoDB**

O MongoDB é um banco de dados NoSQL que armazena dados no formato BSON (Binary JSON). A estrutura flexível do MongoDB permite a modificação de atributos de documentos sem a necessidade de reestruturar o banco de dados completo (POLITOWSKI et al, 2014).

## **12.3 JSON**

O JSON (JavaScript Object Notation) é amplamente utilizado em aplicações Web por permitir uma estrutura de dados compacta, facilitando a transmissão e manipulação de informações (GONÇALVES, 2012).

## **13. O Projeto - ambientação**

A gestão de tecnologia em qualquer empresa é essencial para o ter sucesso principalmente na área de telecomunicações, especialmente no controle de equipamentos de teste, que frequentemente são movimentados entre diferentes setores e diversas linhas de produção, o que aumenta a complexidade de seu gerenciamento. Apesar de as manutenções serem programadas para assegurar o funcionamento eficaz desses equipamentos, um grande tempo é consumido na busca por ativos extraviados ou deslocados dentro da organização fabril (Fenili, 2016).

Muitas das vezes a ineficiência no controle de equipamentos de teste pode acarretar diversos problemas, como o aumento dos custos operacionais e a perda de tempo, o que prejudica a eficiência dos processos e a qualidade do serviço prestado pela organização. Entre os principais desafios, destaca-se a dificuldade em realizar o inventário de forma rápida e precisa, o que pode resultar em perdas e extravios de equipamentos com classificação críticos. Além disso, a falta de monitoramento em tempo real compromete a manutenção preventiva e a detecção precoce de falhas, impactando a confiabilidade dos testes realizados e o planejamentos para o uso de ativos em novos projetos (Ics, 2015).

Nesse tipo de cenário é algo presente em muitas empresas do Polo industrial de Manaus, as tecnologias de rastreamento vem se mostrando como essencial, como a utilização de códigos de barras e RFID (Identificação por Rádio Frequência), têm se mostrado soluções promissoras para melhorar a gestão de ativos na área de telecomunicações. A evolução das tecnologias de informação, associada à grande demanda em redução de custos, desempenha um papel fundamental na busca por uma gestão mais eficiente. Embora o código de barras tenha sido amplamente utilizado em diversos setores e mostrando ótimos resultados, suas limitações, como a necessidade de visibilidade direta para a leitura, têm levado as empresas a adotarem tecnologias mais avançadas, dentro desse contexto a RFID vem ganhando espaço afim de atender essa expectativa. Essa tecnologia proporciona controle mais preciso e em tempo real dos equipamentos, permitindo a redução de perdas e o aumento da eficiência operacional (Nogueira Filho, 2005).

A tecnologia RFID como foi citado anteriormente, é composta por tags de identificação e um sistema de leitura que utiliza sinais de rádio para identificar e recuperar dados remotamente. As

tags permitem a identificação automática e o armazenamento preciso de dados. Além disso, a versatilidade das tags e dos leitores facilita sua implementação em diferentes tipos de equipamentos de teste, sejam eles grandes ou pequenos (Bernardo, 2004).

De acordo com Junior, Efrom e Grumovski (2008), a tecnologia RFID apresenta vantagens significativas em relação a outras soluções disponíveis no mercado, como os códigos de barras, que tendem a se desgastar com o tempo. A leitura das tags RFID é mais eficiente e pode ser realizada em ambientes adversos, como locais com água, lama ou metal, onde os códigos de barras seriam ineficazes. Além disso, a captura automática de dados reduz significativamente a ocorrência de erros humanos, aumentando a precisão e a confiabilidade na gestão de equipamentos.

Portanto, a implementação da tecnologia RFID na gestão de equipamentos de teste em telecomunicações visa aprimorar o controle e o rastreamento automatizado desses ativos. A tecnologia permitirá a minimização de perdas e garantirá a disponibilidade dos equipamentos para operações críticas. O protótipo proposto é composto por tags RFID, coletores de dados, antenas estáticas, leitores e um software de gerenciamento, possibilitando a localização rápida dos equipamentos e a geração de inventários em tempo real. Isso trará maior segurança e eficiência na gestão e manutenção desses ativos, assegurando a continuidade operacional e o planejamento eficaz de novos projetos (Cooper et al., 2014).

## **14. Desenvolvimento e montagem do protótipo**

O desenvolvimento do projeto que utilizam a tecnologia RFID para ser aplicado nas indústrias do Polo Industrial de Manaus, especialmente na área de inventário de equipamentos de teste voltados para telecomunicações, como a criação de um protótipo apresentado neste estudo. Para viabilizar a implementação de um sistema eficiente de gestão de ativos utilizando RFID, é necessário passar por diversas etapas, que incluem:

- Desenvolvimento,
- Planejamento,
- Geração de ideias,
- Levantamento de materiais,
- Realização de testes.

Essas etapas são essenciais para garantir que o sistema funcione de maneira adequada e atenda às necessidades específicas da indústria.

Uma parte fundamental do processo de implementação foi o desenvolvimento de um programa utilizando a plataforma Arduino, programado em linguagem C. Este programa foi responsável

pela leitura das tags RFID, que contêm informações detalhadas sobre os equipamentos, como a descrição do item, o setor de origem, última calibração, status, além da data e hora em que foram identificados pela antena. As tags, ao serem lidas, permitem que esses dados sejam automaticamente processados e registrados, proporcionando maior controle e visibilidade sobre a localização e o estado dos equipamentos.

O sistema foi configurado para gravar automaticamente as informações coletadas em Banco de Dados, facilitando, assim, a gestão de inventários e o acompanhamento em tempo real dos ativos. Essa solução permite uma redução significativa do tempo dedicado ao controle manual de ativos, além de minimizar a possibilidade de erros humanos. Com o uso de RFID, o monitoramento dos equipamentos de teste é realizado de forma mais ágil e precisa, otimizando a eficiência operacional e melhorando o gerenciamento dos recursos dentro da organização.

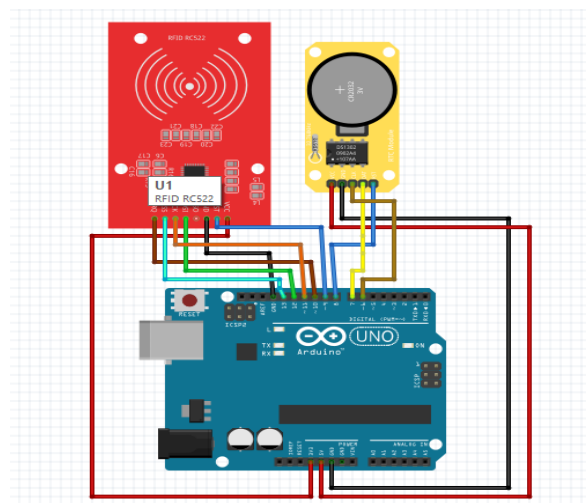
Em suma, a implementação de um sistema RFID em um ambiente industrial, como o do Polo Industrial de Manaus, pode trazer inúmeros benefícios, incluindo maior controle sobre os ativos, redução de perdas e extravios, além de um aprimoramento geral da gestão dos equipamentos, resultando em maior eficiência operacional.

Lista de materiais

## 14.1 Montagem do circuito

A montagem do protótipo foram realizados os devidos testes, onde o cenário do mesmo consistiu-se em um circuito da estrutura física, conforme ilustrado na figura 4.

Figura 4. Montagem do circuito



Fonte: Próprio autor – modelado no Fritzing

## 14.2 Materiais utilizados

Para viabilizar o projeto, será necessário aquisição alguns materiais, os recursos utilizados para este projeto estão relacionados, conforme tabela 4.

Tabela 4 - Descrição dos recursos para implementação do estudo de caso.

Material e Recursos	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Placa Arduino UNO	1	R\$ 68,00	R\$ 68,00
O Módulo RFID RC522	1	R\$ 181,50	R\$ 181,50
Cartão RfId 13.56MHz MIFARE 1Kb	1	R\$ 4,50	R\$ 4,50
Chaveiro RfId 13.56MHz MIFARE 1Kb	1	R\$ 6,50	R\$ 6,50
Ethernet Shield W5100	1	R\$85,40	R\$85,40
Módulo Rtc Ds1302 Real Time Clock Arduino	1	R\$13,10	R\$13,10
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 359,00</b>

Fonte: Próprio autor.

## 14.3 Implementação do código

O código em Arduino criado para o projeto de RFID permite fazer a integração com o Arduino Uno V3, Módulo RFID RC522, Ethernet Shield WIZnet W5100, RTC DS1302, e conexão com um banco de dados MySQL. Proporciona a leitura e gravação das tags RFID e transmite as informações para um servidor MySQL, além de registrar a data e hora da leitura.

O código inclui a integração com o banco de dados via Ethernet. A biblioteca MySQL\_Connector\_Arduino é utilizada para comunicação com o MySQL.

A seguir vamos apresentar a configuração de PinOut do módulos com a interface do Arduino.

a) MFRC522 para comunicação com o Módulo RFID, integração conforme tabela 5.

Tabela 5 – Pinout - MFRC522 / UNO

	MFRC522	Uno / 101
Signal	Pin	Pin
RST/Reset	RST	9
SPI SS	SDA	10
SPI MOSI	MOSI	11 / ICSP-4
SPI MISO	MISO	12 / ICSP-1
SPI SCK	SCK	13 / ICSP-3

b) O modulo RTC DS1302 utiliza a Biboteca RTCLib para fazer comunicação com Arduino, configuração de Pinout conforme tabela 6.

Tabela 6 - Pinout **RTC DS1302**.

	<b>RTC DS1302</b>	<b>Uno</b>
<b>Signal</b>	<b>Pin</b>	<b>Pin</b>
VCC PWR	VCC	5V
GND Analog	GND	GND
SPI SS	SDA	7
SPI SCK	SCK	6
RST/Reset	RST	8

c) Ethernet para o Shield Ethernet.

A placa Arduino se comunica com o shield usando o barramento SPI. Isso está nos pinos digitais 11, 12 e 13 no Uno. O pino 10 é usado como SS para selecionar o chip controlador Ethernet.

Tabela 7 – Pinout WIZnet W5100 /UNO

	<b>WIZnet W5100</b>	<b>Uno</b>
<b>Signal</b>	<b>Pin</b>	<b>Pin</b>
SS sd card	SS	4
SS ETh	SS	10
SPI MOSI	MOSI	11
SPI MISO	MISO	12
SPI SCK	SCK	13

## 14.4 Código do Firmware

Neste ponto projeto apresentamos o código que foi utilizado para que a placa Arduino faça o gerenciamento dos módulos.

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <Ethernet.h>
#include <MySQL_Connection.h>
#include <MySQL_Cursor.h>
#include <RTClib.h>
```

```
// Definições para o RFID
```

```

#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); // Criando instância do MFRC522

// Definições para o LED e Ethernet Shield
#define ledPin 7
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED }; // Endereço MAC do Ethernet Shield
IPAddress server(192, 168, 1, 100); // IP do servidor MySQL
IPAddress ip(192, 168, 1, 177); // IP do Arduino

// Definições para o MySQL
EthernetClient client;
MySQL_Connection conn((Client *)&client);
char user[] = "usuario_mysql";
char password[] = "senha_mysql";

// RTC
RTC_DS1302 rtc;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPin, LOW);

  // Iniciando Ethernet e conexão com o MySQL
  Ethernet.begin(mac, ip);
  delay(1000);
  if (conn.connect(server, 3306, user, password)) {
    Serial.println("Conectado ao MySQL.");
  } else {
    Serial.println("Falha na conexão ao MySQL.");
    while (1);
  }
}

```

```

// Iniciando RFID
SPI.begin();
mfrc522.PCD_Init();

// Iniciando RTC
if (!rtc.begin()) {
  Serial.println("Erro ao inicializar o RTC.");
  while (1);
}
if (!rtc.isrunning()) {
  Serial.println("Ajustando o RTC.");
  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}
Serial.println("Sistema pronto.");
}

void loop() {
  // Verifica se há cartão RFID
  if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() && mfrc522.PICC_ReadCardSerial()) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    // Lê o UID do cartão RFID
    String uid = "";
    for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
      uid += String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
    }
    Serial.print("UID do Cartão: ");
    Serial.println(uid);

    // Lê data e hora do RTC
    DateTime now = rtc.now();
    char dataHora[20];
    sprintf(dataHora, "%02d/%02d/%04d %02d:%02d:%02d", now.day(), now.month(),
now.year(), now.hour(), now.minute(), now.second());
    Serial.print("Data e Hora: ");
    Serial.println(dataHora);
  }
}

```

```

// Informações fictícias do equipamento
String descricao = "Equipamento: Calibrador de RF IITEPOINT";
String setor = "Linha12";
String ultimaCalibracao = "01/09/2024";
String status = "Em uso";

// Envia as informações ao MySQL
char query[256];

sprintf(query, "INSERT INTO inventario (uid, descricao, setor, ultima_calibracao, status,
data_hora) VALUES ('%s', '%s', '%s', '%s', '%s', '%s')",
        uid.c_str(), descricao.c_str(), setor.c_str(), ultimaCalibracao.c_str(), status.c_str(),
dataHora);

MySQL_Cursor *cur_mem = new MySQL_Cursor(&conn);
cur_mem->execute(query);
delete cur_mem;

// Aguarda um momento e desliga o LED
delay(1000);
digitalWrite(ledPin, LOW);

// Halt PICC
mfrc522.PICC_HaltA();
}
}

```

### a) Desvendando o código:

**RFID (RC522):** A comunicação com o cartão RFID é feita usando a biblioteca MFRC522. O UID do cartão é lido e armazenado em uma string.

**RTC (DS1302):** A data e hora são obtidas do RTC e formatadas para serem enviadas ao banco de dados.

**Ethernet Shield:** O Arduino se conecta à rede via Ethernet Shield, estabelecendo uma comunicação com o servidor MySQL.

**MySQL:** As informações do equipamento, incluindo UID, descrição, setor, última calibração, status e data/hora, são enviadas para o banco de dados MySQL.

## **b) CONFIGURAÇÃO DO BANCO DE DADOS MYSQL:**

```
CREATE DATABASE inventario;  
USE inventario;  
CREATE TABLE inventario (  
    id INT NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
    uid VARCHAR(255) NOT NULL,  
    descricao VARCHAR(255),  
    setor VARCHAR(255),  
    ultima_calibracao VARCHAR(255),  
    status VARCHAR(255),  
    data_hora VARCHAR(255),  
    PRIMARY KEY (id)  
);
```

## **15. Resultados Encontrados**

De acordo com o código desenvolvido, a cada leitura da TAG no módulo RFId, a led verde acende, constatando visualmente está leitura. Foram realizados testes baseados nas duas TAGs adquiridas, e após várias identificações de cada uma das TAGs no módulo leitor RFId, verificou-se que a TAG em formato de Cartão RFId possui um alcance máximo de 5 cm, pouco maior que a TAG em formato de chaveiro, a qual possui um alcance máximo de 4 cm

Outra constatação com os testes realizados foi a influência da angulação da face da TAG em relação à face do módulo leitor, a qual dependendo da angulação em que se encontra altera o campo de leitura criado.

Os testes foram executados em somente um ambiente de prototipação onde o número da sala corresponde a sala 12, do prédio principal onde fica a sala de armazenagem de equipamentos para introdução de novos produtos na linha de produção. Dentro deste ambiente de teste foi possível verificar a precisão do sistema, onde utilizando a tecnologia RFId foi identificado uma precisão grande, pois não houve erros na aplicação, porém o sistema depende da identificação do usuário.

Outro ponto que vale pena ressaltar que nesse experimento não foi desenvolvida uma aplicação de que permita a manipulação dos dados gravados na tag, inicialmente a informação gravada está presente diretamente no código. A escolha dessa modalidade foi preterida afim de validar o experimento proposta pois o desenvolvimento de tal aplicação desencadearia a necessidade

de aquisição de habilidades de programação em ambiente web. Objetivando o sucesso do experimento, optou-se por deixar essa parte para projetos futuros.

## **16. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nas considerações finais deste projeto, foi possível observar que a implementação da geolocalização de equipamentos em ambiente fabril, utilizando a tecnologia RFID, obteve resultados satisfatórios em termos de precisão e eficiência. O sistema demonstrou ser capaz de identificar a localização com alta acurácia, sem falhas de leitura durante os testes, atendendo plenamente ao objetivo proposto. Além disso, o projeto se destacou pelo seu baixo custo, o que o torna uma solução viável para a realidade do chão de fábrica e de instituições de ensino como Instituto Federal de Educação do Amazonas (IFAM), que busca dentro de seu programa de extensão e pesquisa desenvolver métodos acessíveis para a gestão de recursos e pessoas para atender a necessidades da sociedade amazonense.

A integração de diversas tecnologias e linguagens de programação foi crucial para o sucesso da implementação, facilitando o desenvolvimento e o funcionamento adequado do experimento proposto. A simplicidade do projeto também foi um fator positivo, permitindo de maneira intuitiva, detecção de geolocalização quanto na visualização dos dados, por meio de uma interface amigável.

No entanto, durante o desenvolvimento, alguns desafios foram identificados, principalmente relacionados ao alcance de leitura dos módulos RFID do tipo HF. O alcance real ficou abaixo do esperado, conforme observado nas referências bibliográficas, o que exigiu adaptações no sistema para melhorar a funcionalidade. Adicionalmente, o campo de leitura foi influenciado pela angulação da TAG, o que, em alguns casos, resultou na ausência de leitura. Outro aspecto que impactou o projeto foi o equilíbrio entre o alcance de leitura e o custo de implementação. Para melhorar o alcance, seria necessário o uso de leitores de alto desempenho, o que aumentaria consideravelmente os custos. Isso também envolveria a instalação de várias antenas por porta, ampliando o investimento necessário.

Para contornar essas dificuldades, optou-se pela adoção de um método alternativo, no qual os usuários declaram manualmente suas localizações diretamente no código, minimizando os problemas identificação dos equipamentos cadastrados.

Por fim, o projeto abre espaço para aprimoramentos futuros. Entre as possibilidades de desenvolvimento estão: a criação de uma aplicação web para cadastro de usuários e locais; a implementação de triggers para controle do tamanho das tabelas de localização e a utilização

de leitores RFID com comunicação via rede para otimizar a atualização dos dados. Esses aprimoramentos poderão agregar ainda mais valor ao sistema, tornando-o mais robusto e adaptável às necessidades futuras.

## REFERÊNCIAS

ANATEL - (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES). Resolução nº 680, de 27 de junho de 2017. Estabelece as condições gerais para equipamentos de radiação restrita, permitindo a operação de RFID sem necessidade de licença. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2017/936-resolucao-680>. Acesso em: 4 out. 2024.

ARAÚJO, Patrícia Lopes de; GIMENEZ, Edson Josias Cruz. IoT: Evolução do uso do RFID. In: VIII SRST – Seminário de Redes e Sistemas de Telecomunicações. Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL, Setembro de 2018. Disponível em: <https://www2.inatel.br/biblioteca/todo-docman/pos-seminarios/seminario-de-redes-e-sistemas-de-telecomunicacoes/2018-1/9942-iot-evolucao-do-uso-do-rfid/file>. Acesso em: 24 Set. 2024.

ARDUINO Company. O que é Arduino? Revisão em: 05 fev. 2018. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 06 set. 2024.

ARDUINO. Arduino Ethernet Shield. 2024. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoEthernetShield>. Acesso em: 23 out. 2024.

BAL, Akshay. Projetando antenas HF personalizadas para aplicações RFID. Journal RFID. Jan. 2018. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/how-to-best-practices/designing-custom-hf-antennas-for-rfid-applications/69101/>. Acesso em: 15 Ago. 2024.

BANZI, Massimo. Getting Started With Arduino. 1. ed. Illustrated. Sebastopol: Make Books; O'Reilly, 2008. 117 p.

BERNARDO, Cláudio Gonçalves. A tecnologia RFID e os benefícios da etiqueta inteligente para os negócios. Revista Eletrônica UNIBERO de Produção Científica, São Paulo, 2004. Disponível em: [https://www.profcordella.com.br/unisanta/textos/tgs23\\_rfid\\_tecnologia\\_detalhes.htm](https://www.profcordella.com.br/unisanta/textos/tgs23_rfid_tecnologia_detalhes.htm). Acesso em: 05 out. 2024.

COOPER, M. Bixby; BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; BOWERSOX, John C. Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, McGraw-Hill Education, 2014. 472 p.

COUTO, Carlos. RFID: identificação por radiofrequências. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, abril de 2003. Trabalho de conclusão de curso. Disponível em: [https://www.dei.isep.ipp.pt/~qtdei/RFID\\_300403.pdf](https://www.dei.isep.ipp.pt/~qtdei/RFID_300403.pdf). Acesso em: 24 Set. 2024.

CARDOSO NETO, C. CARVALHO DE ALMEIDA, M., GIL TEIXEIRA, V. REDES WIRELESS. Revista De Trabalhos Acadêmicos-Campus Niterói, América do Norte. 2014. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1reta2&page=article&op=view&path%5B%5D=1157>. Acesso em: 21 Jul. 2024.

DIAS, Renata Rampim de Freitas. VILLAR, Reinaldo Serrano Goy. HESSEL, Fabiano. BALADEI, Suely De Pieri. Implementando RFID na Cadeia de Negócios: Tecnologia a Serviço da Excelência. 2. ed. Porto Alegre: Edipucrs / Netpress, 2012. 322 p.

ELECROW. MFRC522 Contactless Reader IC Rev. 3.2 .2007 Product data sheet. Disponível em: <https://www.elecrow.com/download/MFRC522%20Datasheet.pdf?srsltid=AfmBOop-xL3M7YMqernht0UOcRDJesSaDfhIC2x8pZfevWA4QdZET6um>. Acesso em: 04 out. 2024.

FALCÃO, Robson da Paixão. Bens públicos e a regulamentação do espectro de radiofrequência: uma análise sobre o setor de telecomunicação. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34587>. Acessado em 04 Ago. 2024.

FARIAS, Márcio Martins. Protocolo de roteamento para redes wireless mesh. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/5112/1/427029.pdf>. Acesso em: 30 Set. 2024.

FELICE, Fernando. Análise do Desempenho de Enlaces Ponto-a-Ponto utilizando a faixa de Frequência não Licenciada de 2, 4GHz em Tecnologia Spread Spectrum. **Master theses**, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Felice/publication/26976765\\_Analise\\_do\\_desempenho\\_de\\_enlaces\\_ponto-a-ponto\\_utilizando\\_a\\_faixa\\_de\\_frequencia\\_ao\\_licenciada\\_de\\_24GHz\\_em\\_tecnologia\\_spread\\_spectrum/links/5889f8b3aca272f628d4ced6/Analise-do-desempenho-de-enlaces-ponto-a-ponto-utilizando-a-faixa-de-frequencia-nao-licenciada-de-2-4GHz-em-tecnologia-spread-spectrum.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Felice/publication/26976765_Analise_do_desempenho_de_enlaces_ponto-a-ponto_utilizando_a_faixa_de_frequencia_ao_licenciada_de_24GHz_em_tecnologia_spread_spectrum/links/5889f8b3aca272f628d4ced6/Analise-do-desempenho-de-enlaces-ponto-a-ponto-utilizando-a-faixa-de-frequencia-nao-licenciada-de-2-4GHz-em-tecnologia-spread-spectrum.pdf). Acessado em: 04 Ago 2024.

FENILI, Renato Ribeiro. Gestão de Materiais. 2. ed. Brasília: Enap, 2016. 164 p.: (Enap Didáticos, 1). Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/2449/1/Apostila%20-%20Gest%C3%A3o%20de%20Materiais%202016%20%283%29.pdf>. Acesso em: 03 out. 2024.

GALLIANO, Alfredo Guilherme. **O método científico: teoria e prática**. São Paulo: Harbra, 1986.

GARCÍA, J. N. **Manual de dificuldades de aprendizagem: linguagem, leitura, escrita e matemática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2010.

GINES, Fernando Henrique; TSAI, Thiago Tadeu. Projeto e Implementação de um sistema de identificação por RFID para uma aplicação de automação residencial. 2007. 79f. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/UsodeRfid/247676.html>. Acesso em: 04 Ago. 2024.

GONÇALVES, Eduardo Corrêa. Introdução ao formato JSON. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/json-tutorial/25275>. Acesso em: 06 nov. 2017.

ICS Soluções. Solução para monitoração e rastreamento de material e equipamentos hospitalares por radiofrequência RFID. Rio de Janeiro, 2015. Logística e segurança. Disponível em: <http://www.icslogistica.com.br/Rastreamento%20de%20ativos%20Rfid%20%20hospitais%20e%20cl%C3%ADnicas.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

JUNIOR, Antônio Dresch; EFROM, Cícero Nogueira; GRUMOVSKI, Dieison. Sistema de controle de patrimônio via RFID. E-Tech: Atualidades Tecnológicas para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 47-57, 1º sem., 2008. Disponível em: <https://etech.sc.senai.br/revista-cientifica/article/download/32/16/3124>. Acesso em: 05 out. 2024.

LOUREIRO, Antonio A. F.; NOGUEIRA, Jose Marcos S.; RUIZ, Linnyer Beatrys; MINI, Raquel Aparecida de Freitas; NAKAMURA, Eduardo Freire; FIGUEIREDO, Carlos Maurício Serodio. Redes de Sensores Sem Fio. Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2003. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/sbrc03.pdf>. Acesso em: 4 out. 2024.

MEDEIROS, Júlio Cesar de Oliveira. Princípios de Telecomunicações: Teoria e Prática, 2ª Edição. São Paulo: Érica, 2007

MIYOSHI, Edson Mitsugo; SANCHES Carlos Alberto. Projetos de Sistema Rádio: Dimensionamento de Rádio Enlace, São Paulo: Érica, 2002.

MONARO, Renato Machado. Sistema de aquisição de dados para um relé de proteção digital de baixo custo. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2007. Disponível em: [https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/c01d4117-52e9-4a16-abb1-4adc7368ddb/Monaro\\_Renato\\_Machado.pdf](https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/c01d4117-52e9-4a16-abb1-4adc7368ddb/Monaro_Renato_Machado.pdf). Acesso em: 04 out. 2024.

MOTA, Rafael Perazzo Barbosa. Extensões ao protocolo de comunicação EPC Global para tags Classe 1 utilizando autenticação com criptografia de baixo custo para segurança em Identificação por Radiofrequência. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2006. Disponível em: [http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1125/](http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1125/). Acesso em: 28 Set. 2024.

NASCIMENTO, Matheus Gomes do. Eficiência da tecnologia RFID na área comercial: interferências eletromagnéticas. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://adelpha-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/ad901292-5138-44bf-af6a-3a9a3043666f/content>. Acesso em: 24 abr. 2024.

NIDEJELSKI, Daniel Machado. Projeto de um sistema de controle de combustíveis em tanques de armazenamento utilizando microcontrolador Arduino. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/190176>. Acesso em: 04 out. 2024.

NÓBREGA, K.Z.; VELOSO, C.H.L.; COSTA, C.L. **Aplicações para a tecnologia de transmissão de energia wireless através da indução magnética e sistemas ressonantes**. VII CONNEPI. pp. 01-08.2012. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/5420/2594>. Acessado:28 Set. de 2024.

NOGUEIRA FILHO, Cícero Casemiro da Costa. Tecnologia RFID aplicada à logística. Orientador: Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo. Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Engenharia Industrial, 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7642/7642\\_1.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7642/7642_1.PDF). Acesso em: 05 out. 2024.

PASSARETTI, Caio Santi. RFID – Identificação por radiofrequência movendo-se para o futuro. 2008. 121f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/901>. Acesso em 20 Ago. 2024.

PINHEIRO, José Maurício dos Santos. Identificação por Radiofrequência: Aplicações e Vulnerabilidades da Tecnologia RFID. Cadernos UniFOA, v. 6, n. 16, p. 105-112, 2009. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/download/889/733/4214>. Acesso em: 30 set. 2024.

POLITOWSKI, Cristiano; MARAN, Vinícius. Comparação de performance entre PostgreSQL e MongoDB. Unijuí - RS, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/261871960\\_Comparacao\\_de\\_Performance\\_entre\\_PostgreSQL\\_e\\_MongoDB](https://www.researchgate.net/publication/261871960_Comparacao_de_Performance_entre_PostgreSQL_e_MongoDB). Acesso em: 04 out. 2024.

RFID CANADA. Understanding RFID (Radio Frequency Identification). 2. ed. Nov. 2012. Disponível em: <https://www.rfidcanada.com/wp-content/uploads/2012/11/UNDERSTANDING-RFID-Nov-2012.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

SANTANA, Sandra R. Matias. Identificação por Rádio Frequência (RFID). Monografia (Tecnólogo em Informática com Ênfase em Gestão de Negócios) – Faculdade de Tecnologia da Baixada Santista–Extensão Praia Grande, Praia Grande, 2005. Disponível em: [http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra\\_santana/rfid\\_01.html](http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_01.html). Acesso em: 4 out. 2024.

SANTOS, Elton John Carvalho dos. **Redes de comunicação sem fio: a proposta de sistema de teste para medir o alcance e a taxa de transferência de dados em dispositivos LI-FI**. Manaus. 2023. 33 f. Monografia. (Graduação em Sistemas de Telecomunicações) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial, Manaus, 2023. <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1161>. Acesso em: 14 Jun. 2024.

SILVA, Marcely Dias da; BERTINO, Wendell Sharles Pereira; NASCIMENTO NETO, José Alves do. Código de barras no controle de acesso a máquinas e serviços. CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 2012.VII CONNEPI - Palmas – To. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/1198/2510>. Acesso em: 4 out. 2024.

STEFANELLO, André Luís. Utilização de RFID na Identificação de Pessoas. 2013. Monografia (Especialização) – Programa de Pós-Graduação em Gestão de Tecnologia da Informação, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/187/Stefanello\\_Andre\\_Luis.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/187/Stefanello_Andre_Luis.pdf?sequence=1). Acesso em: 4 Out. 2024.

TANENBAUM, Andrew S; WETHERALL, David. Redes de Computadores. Tradução Daniel Vieira. Ed. 5. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

ZANLOURENSI, Luis Guilherme. Identificação por rádio frequência - RFID. 2011. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/19986>. Acesso em: 27 Set. 2024.