**UNIVERSIDADE DE SOROCABA**

**Engenharia da computação**

**Felipe Eduardo Amaral de Almeida, Julio Cesar Gonçalves Vieira,**

**Leonardo de Paula Cardoso, Lucas Amaral Ferreira,**

**Luiz Gustavo Santos Vieira**

**Automação de estoques**

**pick by light**

**Felipe Eduardo Amaral de Almeida, Julio Cesar Gonçalves Vieira,**

**Leonardo de Paula Cardoso, Lucas Amaral Ferreira,**

**Luiz Gustavo Santos Vieira**

Projeto integrador: Automação de Estoques – Pick by Ligh

Documentação apresentada ao curso de Engenharia da Computação, destinado à disciplina Projeto Integrador: Sistemas e Comunicação, da Universidade de Sorocaba como requisito para a apresentação do trabalho de sexto semestre.

Orientador: Henri Marcos Esgalha Castelli

**RESUMO**

O presente projeto tem como objetivo automatizar o processo de localização de itens dentro de um estoque, utilizando tecnologias de identificação por radiofrequência (RFID) e comunicação sem fio de longo alcance, (LoRa). A proposta surge da necessidade de solucionar um problema comum em ambientes industriais: a dificuldade em localizar rapidamente um item específico entre diversas prateleiras. Essa tarefa, quando feita manualmente, é demorada, suscetível a falhas humanas e pode comprometer a eficiência operacional e o controle de materiais.

Para resolver essa questão, o sistema desenvolvido é composto por dois conjuntos principais. O primeiro, denominado **Prateleira Inteligente**, é responsável por realizar a leitura dos itens armazenados por meio de módulos RFID MFRC522, cada um instalado em uma das vagas da prateleira. Esses leitores são controlados por um microcontrolador ESP32, que também se comunica com um módulo LoRa RFM95 de 915 MHz. Cada slot da prateleira possui um LED indicador, que acende para sinalizar a localização física do item solicitado.

O segundo conjunto, chamado **Terminal do Usuário**, também utiliza um ESP32 e um módulo LoRa RFM95. Ele funciona como interface de comunicação, permitindo que o operador solicite o material desejado. Ao receber o pedido, o Terminal envia uma mensagem via LoRa para a Prateleira Inteligente, que verifica, por meio dos leitores RFID, em qual posição o item está localizado. Assim que o item é identificado, o LED correspondente é acionado, e uma mensagem de confirmação é enviada de volta ao terminal, informando que o produto foi encontrado.

A utilização da tecnologia LoRa garante uma comunicação estável, de longo alcance e baixo consumo de energia entre os módulos, dispensando o uso de redes Wi-Fi ou cabeamento. Com isso, o sistema se torna versátil e de fácil implementação em diferentes tipos de estoques, inclusive em locais afastados ou com infraestrutura de rede limitada.

Essa solução oferece benefícios diretos como a redução do tempo de busca por materiais, o aumento da precisão no controle de estoque e a diminuição de erros humanos. Além disso, contribui para a melhoria da produtividade e da rastreabilidade dos itens, promovendo um processo mais eficiente e inteligente de gerenciamento de recursos.

O projeto também se alinha às Metas de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, especialmente às ODS 8 e 9. A ODS 8, que trata do “Trabalho Decente e Crescimento Econômico”, é contemplada ao propor uma automação que aumenta a eficiência e reduz atividades repetitivas, permitindo que os trabalhadores concentrem seus esforços em tarefas de maior valor agregado. Já a ODS 9, referente à “Indústria, Inovação e Infraestrutura”, é atendida por meio da aplicação de tecnologias emergentes da Internet das Coisas (IoT), promovendo a modernização dos processos industriais e incentivando a inovação tecnológica voltada para a sustentabilidade e a eficiência.

Dessa forma, o sistema automatizado de localização de itens em estoque representa uma integração prática entre tecnologia, inovação e desenvolvimento sustentável, demonstrando como soluções acessíveis e inteligentes podem transformar processos cotidianos em operações mais produtivas, confiáveis e alinhadas com os princípios da Indústria 4.0.

**Palavras-chave:** Automação de Estoque; Internet das Coisas (IoT); RFID; LoRa; ESP32; Indústria 4.0; Comunicação Sem Fio; Rastreamento de Itens; Eficiência Operacional;

**SUMÁRIO**

[1 INTRODUÇÃO 6](#_Toc210595434)

[2 Termo de abertura do projeto - tap 7](#_Toc210595435)

[3 Objetivos 11](#_Toc210595436)

[3.1 Objetivo Geral 11](#_Toc210595437)

[3.2 Objetivos Específicos 12](#_Toc210595438)

[4 DESENVOLVIMENTO 13](#_Toc210595439)

[4.1 Ligação elétrica dos hardwares 14](#_Toc210595440)

[4.2 Prateleira inteligente 14](#_Toc210595441)

[4.3 Terminal do usuário 14](#_Toc210595442)

[4.4 Comunicação entre os setores 14](#_Toc210595443)

[5 Resultados 15](#_Toc210595444)

[6 ConclusÃo 16](#_Toc210595445)

# INTRODUÇÃO

A gestão eficiente de estoques é um dos pilares fundamentais para o bom funcionamento de qualquer organização que dependa do armazenamento e movimentação de materiais. Entretanto, em muitos ambientes industriais, esse processo ainda é realizado de forma manual, o que aumenta a probabilidade de erros, gera desperdício de tempo e reduz a produtividade. A ausência de um sistema automatizado de localização de itens dificulta o controle e a rastreabilidade dos materiais, comprometendo a eficiência operacional e o aproveitamento de recursos.

Diante desse cenário, este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado de localização de itens em estoque, utilizando tecnologias acessíveis e de baixo custo, como ESP32, RFID e LoRa. A integração entre essas ferramentas permite criar uma solução inteligente capaz de identificar automaticamente os itens armazenados em uma prateleira e comunicar-se sem fio com um terminal de controle. Dessa forma, o operador pode solicitar um material específico e, em poucos segundos, visualizar sua localização física por meio de um indicador luminoso.

O sistema foi idealizado com base nos princípios da Indústria 4.0, que valorizam a automação, a conectividade e a integração de tecnologias emergentes no ambiente produtivo. Além de otimizar o tempo e reduzir erros humanos, o projeto busca contribuir para o desenvolvimento sustentável, alinhando-se às Metas de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, em especial à ODS 8, que incentiva o crescimento econômico e o trabalho decente por meio da eficiência tecnológica, e à ODS 9, que estimula a inovação e o fortalecimento da infraestrutura industrial.

Assim, o sistema proposto não apenas moderniza o processo de controle de estoque, mas também demonstra como a aplicação de soluções inteligentes pode transformar atividades cotidianas em processos mais ágeis, precisos e sustentáveis.

# Termo de abertura do projeto - tap

| **1 – Nome do Projeto** | **2 – Disciplina** |
| --- | --- |
| Automação de Estoque/Pick by Light | Projeto Integrador |
| **3 – Líder do Projeto** | **3.1 - Área de lotação** |
| Julio Cesar Gonçalves Vieira | BLE sala: 07 |
| **3.2 – E-mail** | **3.3 – Telefone** |
| jc.goncalvesvieira@gmail.com | (11)98669-6931 |
| **4 – Gestores do Projeto** | **4.1 – Área de lotação** |
| Henri Marcos Esgalha Castelli  Denicezar Ângelo Baldo | BLE sala: 07 |
| **4.2 – E-mail** | **4.3 – Telefone** |
| [Henri.castelli@prof.uniso.br](mailto:Henri.castelli@prof.uniso.br)  Denicezar.baldo@prof.uniso.br |  |

|  |
| --- |
| **5. Objetivo do Documento** |
| O Termo de Abertura do Projeto (TAP) é um documento que formaliza o início de um projeto. O TAP tem vários objetivos, incluindo:   * Autorizar a existência do projeto; * Dar autoridade ao gerente de projeto para gerir os recursos organizacionais; * Agrupar todas as informações necessárias para a execução das atividades do projeto; * Explicar as empreitadas de uma forma mais clara, curta e concisa; * Servir como uma referência ao longo do projeto, permitindo avaliar o progresso em relação aos objetivos estabelecidos; * Traçar objetivos claros, de preferência escritos em forma SMART (Específico, Mensurável, Atingível, Realista em um Tempo); * Conter informações como justificativa para o projeto, requisitos em alto nível, descrição do projeto em alto nível, riscos de alto nível, cronograma de marcos sumarizado e orçamento sumarizado. |

| **6 – Histórico de Mudança** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **Versão** | **Data** | **Descrição** | **Autor** |
| **0.1** | **01/09/2025** | **Abertura TAP** | **Felipe Eduardo; Julio Vieira; Leonardo de Paula; Lucas Amaral; Luiz Gustavo** |

| **7 – Objetivo do Projeto** |
| --- |
| Objetivos Principais: Automatizar o processo de localização de insumos em um estoque.  Objetivos Secundários: Utilização do ESP 32 e seus módulos para transmissão de dados. |

| **8 – Justificativa** |
| --- |
| O projeto está alinhado com a ODS 9 (Indústria e Inovação), visando a otimização e organização de empresas que muitas vezes tem dores no controle do almoxarifado, ele pode ser aplicado para aumentar a produtividade do almoxarifado de uma empresa e, de forma indireta, aumenta também a produtividade das linhas de produção ou logísticas, visto que o mesmo visa reduzir o tempo de espera de outros setores pelo almoxarifado quando se trata na separação de itens. |

| **9 – Escopo** |
| --- |
| Montar uma solução funcional com relação ao controle de localização de estoque;  Projetar e montar a solução por meio de microcontroladores ESP 32 e módulos compatíveis;  Criar uma comunicação via rede entre dispositivos envolvidos;  Criar uma interface para comunicação homem-máquina;  Executar um ciclo completo de testes em ambiente controlado para validar a funcionalidade do sistema. |

| **10 – Não-Escopo** |
| --- |
| Criar um aplicativo completo para controle de estoque e requisição de informações (web / desktop);  Implantar um sistema em nuvem;  Montar um banco de dados estruturado e normalizado. |

| **11 – Parte Interessada** | **Representante** | **Relacionamento com o projeto** |
| --- | --- | --- |
| Equipe de docentes da UNISO | Professor Henri M. E. Castelli | Orientador |

| **12 – Equipe Básica** | **Papel desempenhado** |
| --- | --- |
| Felipe Eduardo Amaral | Desenvolvedor de Hardware |
| Julio Cesar Gonçalves Vieira | Desenvolvedor de Hardware |
| Leonardo de Paula Cardoso | Desenvolvedor Front-end |
| Luiz Gustavo dos Santos Vieira | Desenvolvedor Back-end |
| Lucas Amaral Ferreira | Desenvolvedor Back-end |

| **13 – Orçamento Previsto** | **14 – Prazo Previsto** |
| --- | --- |
| R$ 500,00 | 06/12/2025 |

| **14 – Premissas (Suposições dadas como certas para o projeto)** | |
| --- | --- |
| **1.** | Integração da placa ESP32 com o módulo LoRa RFM95 |
| **2.** | Transmissão de dados entre placas ESP32 |
| **3.** | Simulação de um controle de estoque |
| **4.** | Requisição do usuário através de interface a definir |
| **5.** | Representação física demonstrativa da solução |

| **15 – Cronograma** |
| --- |
| 08/09/2025 – Entrega do T.A.P;  29/09/2025 – Pitch de 10 minutos (Progresso, inovação incremental);  06/10/2025 – Entrega parcial documento escrito do PI;  24/11/2025 – Pitch final – Apresentação projeto completo;  06/12/2025 – Participação Evento: Apresentação Final. |

| **16 – Atividades Desenvolvidas** | | |
| --- | --- | --- |
| 01/09/2025 – Desenvolvimento do TAP e levantamento de recursos e custos | | |
| **Aprovação** | | |
| **Responsável** | **Data** | **Assinatura** |
|  |  |  |
|  |  |  |

# Objetivos

## Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é desenvolver um sistema automatizado de localização de itens em estoque, utilizando tecnologias baseadas em ESP32, RFID e comunicação LoRa, a fim de otimizar o processo de identificação e busca de materiais, reduzir erros humanos e melhorar a eficiência operacional por meio da automação e integração inteligente de dispositivos.

De forma mais ampla, o projeto busca:

* Implementar uma solução tecnológica de baixo custo que facilite o controle e a rastreabilidade de itens em ambientes de armazenamento;
* Promover a modernização de processos logísticos, alinhando-se aos conceitos da Indústria 4.0 e da Internet das Coisas (IoT);
* Demonstrar o uso prático da comunicação LoRa para troca de informações entre dispositivos em locais com infraestrutura de rede limitada;
* Contribuir para o desenvolvimento sustentável, de acordo com as ODS 8 e 9 da ONU, fomentando a inovação, o trabalho eficiente e o crescimento tecnológico responsável.

## Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste projeto são direcionados à implementação prática e ao aprimoramento do sistema automatizado de localização de itens, garantindo seu funcionamento eficiente e sua aplicabilidade real. São eles:

* Projetar e implementar a arquitetura de hardware baseada em microcontroladores ESP32, módulos LoRa RFM95 e leitores RFID MFRC522, estabelecendo a comunicação entre eles.
* Desenvolver o software embarcado responsável pela leitura dos identificadores RFID, transmissão e recepção de dados via LoRa e controle dos LEDs indicadores de localização.
* Estabelecer um protocolo de comunicação simples e confiável entre os módulos LoRa, permitindo a troca de informações entre o terminal do usuário e a prateleira inteligente.
* Identificar automaticamente os itens armazenados em cada slot da prateleira, associando cada tag RFID a uma posição física específica.
* Criar uma interface de interação com o usuário, possibilitando a solicitação de materiais e a visualização do retorno sobre sua localização de forma clara e imediata.
* Promover a integração de tecnologias IoT aplicadas à automação, demonstrando o potencial da combinação entre RFID e LoRa em soluções logísticas inteligentes.
* Contribuir para os princípios das ODS 8 e 9 da ONU, estimulando a inovação tecnológica, a eficiência produtiva e o uso sustentável de recursos.

Esses objetivos visam garantir que o sistema desenvolvido seja funcional, acessível e escalável, servindo como base para futuras aplicações em ambientes industriais, que demandem controle automatizado de estoque. Revisão de literatura

# DESENVOLVIMENTO

A execução deste projeto será organizada em quatro etapas principais, que abrangem desde a montagem física dos componentes até a comunicação completa entre os dispositivos. Inicialmente, será realizada a ligação elétrica dos hardwares, etapa em que todos os módulos serão interconectados de acordo com o diagrama de circuitos, incluindo os microcontroladores ESP32, os leitores RFID, os módulos LoRa e os LEDs indicadores. Essa fase garante o correto funcionamento e a alimentação adequada de todos os componentes do sistema.

Na sequência, será desenvolvida a programação da prateleira inteligente, responsável pela leitura das etiquetas RFID, pelo gerenciamento das posições dos itens e pelo acionamento dos LEDs que indicam a localização física do material solicitado. Esse código também inclui a lógica de comunicação com o módulo LoRa, que permitirá o envio das informações ao terminal remoto.

Posteriormente, será realizada a programação do terminal do usuário, que servirá como interface de controle e consulta. Nessa etapa, será implementado o software capaz de enviar requisições de busca de itens, receber respostas do sistema da prateleira e exibir as informações de forma clara.

Por fim, ocorrerá a integração e transmissão de dados entre os setores, momento em que os dois sistemas — prateleira inteligente e terminal do usuário — serão testados em conjunto. Essa fase tem como objetivo validar a comunicação via LoRa, garantir a confiabilidade na troca de mensagens e confirmar o correto funcionamento do sistema de localização automatizada de itens.

## Ligação elétrica dos hardwares

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id lectus lacus. Ut vitae mollis ipsum. Phasellus mollis eros dignissim nulla gravida, vel lobortis risus luctus. Morbi enim urna, suscipit a tincidunt vel, tincidunt vel lacus. Nulla dictum ex non nisi dictum, eu accumsan diam volutpat. Phasellus a vehicula ipsum. Suspendisse feugiat lacus felis, tristique elementum orci faucibus et. Pellentesque laoreet mauris fermentum sollicitudin molestie.

## Prateleira inteligente

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id lectus lacus. Ut vitae mollis ipsum. Phasellus mollis eros dignissim nulla gravida, vel lobortis risus luctus. Morbi enim urna, suscipit a tincidunt vel, tincidunt vel lacus. Nulla dictum ex non nisi dictum, eu accumsan diam volutpat. Phasellus a vehicula ipsum. Suspendisse feugiat lacus felis, tristique elementum orci faucibus et. Pellentesque laoreet mauris fermentum sollicitudin molestie.

## Terminal do usuário

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id lectus lacus. Ut vitae mollis ipsum. Phasellus mollis eros dignissim nulla gravida, vel lobortis risus luctus. Morbi enim urna, suscipit a tincidunt vel, tincidunt vel lacus. Nulla dictum ex non nisi dictum, eu accumsan diam volutpat. Phasellus a vehicula ipsum. Suspendisse feugiat lacus felis, tristique elementum orci faucibus et. Pellentesque laoreet mauris fermentum sollicitudin molestie.

## Comunicação entre os setores

REESCREVER:

A comunicação entre os setores do sistema foi implementada em duas camadas principais: comunicação via rede Wi-Fi, utilizada para o recebimento de informações do servidor web, e comunicação via rádio LoRa, responsável pela troca de dados entre os módulos ESP32 que compõem a prateleira inteligente e o terminal do usuário.

No módulo da prateleira inteligente, foi configurado um servidor Web (WebServer) que opera sobre a rede Wi-Fi local. Esse servidor permite o envio de informações externas por meio de requisições HTTP do tipo POST, contendo dados em formato JSON. Assim, o sistema pode receber parâmetros de forma dinâmica, como o código de barras de um item solicitado, sem a necessidade de reprogramar o microcontrolador. A leitura e o tratamento dessas requisições são feitos diretamente pelo ESP32, que interpreta o conteúdo do JSON e armazena o valor recebido em uma variável dedicada.

Uma vez recebida a informação, o módulo realiza a transmissão via LoRa utilizando o transceptor RFM95, configurado para operar na frequência de 915 MHz, em conformidade com as normas da Anatel para comunicação de longo alcance no Brasil. O pacote de dados é enviado de forma serializada, garantindo que o receptor possa interpretá-lo corretamente. A biblioteca LoRa utilizada na programação estabelece o controle da transmissão e o gerenciamento do pacote, com confirmação de envio por meio de interrupção (TXDone).

Do outro lado da comunicação, o módulo receptor, também baseado em ESP32 e RFM95, é responsável por manter a escuta contínua do canal LoRa, utilizando a função LoRa.parsePacket() para detectar a chegada de novas mensagens. Quando um pacote é identificado, o sistema realiza a leitura completa dos dados recebidos e exibe as informações via Serial Monitor, incluindo parâmetros de qualidade do sinal, como RSSI (Received Signal Strength Indicator) e SNR (Signal-to-Noise Ratio).

Essa estrutura garante uma comunicação confiável, sem necessidade de infraestrutura de rede adicional, permitindo a integração direta entre diferentes setores de um mesmo ambiente industrial. O terminal do usuário envia os pedidos via rede (ou por interface local), e a prateleira inteligente recebe e transmite os dados necessários para o sistema LoRa, que faz a comunicação sem fio com os módulos responsáveis pela identificação e indicação física dos itens.

Dessa forma, a arquitetura implementada une duas tecnologias complementares: Wi-Fi para conectividade local e LoRa para comunicação de longa distância, garantindo flexibilidade, baixo consumo de energia e alta confiabilidade na transmissão de informações entre os setores do sistema de automação de estoque.

# Resultados

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id lectus lacus. Ut vitae mollis ipsum. Phasellus mollis eros dignissim nulla gravida, vel lobortis risus luctus. Morbi enim urna, suscipit a tincidunt vel, tincidunt vel lacus. Nulla dictum ex non nisi dictum, eu accumsan diam volutpat. Phasellus a vehicula ipsum. Suspendisse feugiat lacus felis, tristique elementum orci faucibus et. Pellentesque laoreet mauris fermentum sollicitudin molestie.

# ConclusÃo

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id lectus lacus. Ut vitae mollis ipsum. Phasellus mollis eros dignissim nulla gravida, vel lobortis risus luctus. Morbi enim urna, suscipit a tincidunt vel, tincidunt vel lacus. Nulla dictum ex non nisi dictum, eu accumsan diam volutpat. Phasellus a vehicula ipsum. Suspendisse feugiat lacus felis, tristique elementum orci faucibus et. Pellentesque laoreet mauris fermentum sollicitudin molestie.

Referências

**COSTA. Luiz**. Apresentação institucional. GS1 Brasil – Associação brasileira de automação, 2015.

**DOS SANTOS**, Cleber. Controle de acervo bibliotecário utilizando RFID. Faculdade de engenharia de Sorocaba, 2011.

**NAÇÕES UNIDAS**. Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>, acessado em setembro de 2025.