

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA POLITÉCNICA  
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**VISIBILIDADE DA CADEIA DE  
SUPRIMENTOS COM RFID:  
UM PROTÓTIPO PARA GESTÃO  
DE INVENTÁRIO E  
RASTREAMENTO DE  
PRODUTOS**

**JOSÉ HENRIQUE MARTINS DOTTA**

Trabalho de Conclusão II apresentado  
como requisito parcial à obtenção do  
grau de Bacharel em Sistemas de  
Informação na Pontifícia Universidade  
Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dilnei Venturini

**Porto Alegre  
2024**

## RESUMO

No cenário dinâmico da logística moderna, as empresas enfrentam desafios crescentes para otimizar processos e assegurar eficiência na gestão da cadeia de suprimentos. Para superar esses desafios, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação do tipo SCM (Sistema de Gestão de Suprimentos) integrada a um dispositivo RFID capaz de ler e identificar etiquetas, simulando cenários reais. Essa integração visa proporcionar maior visibilidade e controle da cadeia de suprimentos, permitindo tomadas de decisão baseadas em dados em tempo real e a análise do impacto dessas tecnologias nas operações logísticas. Além disso, a visibilidade oferecida pelo RFID e pela IoT fortalece a capacidade das empresas de responder rapidamente às demandas do mercado, modernizando processos e promovendo alocações de recursos mais eficazes.

Ao implementar essa solução, espera-se demonstrar como tecnologias emergentes podem simplificar a gestão logística, antecipar gargalos e melhorar a eficiência operacional. Os resultados obtidos servirão como base para estudos futuros e potenciais aplicações práticas, contribuindo para a evolução das estratégias no setor logístico. A integração em tempo real dos dados possibilita uma monitorização precisa dos fluxos de estoque, permitindo ajustes ágeis às condições do mercado e garantindo uma posição competitiva mais sólida para as empresas.

**Palavras-Chave:** Sistemas de informação, IoT, Gestão de Suprimentos, Identificação por Radiofrequência.

## ABSTRACT

In the dynamic landscape of modern logistics, companies face increasing challenges to optimize processes and ensure efficiency in supply chain management. To address these challenges, this project shows the development of a SCM (Supply Chain Management) application integrated with an RFID-enabled device capable of reading and identifying tags, simulating real-world scenarios. This integration aims to enhance supply chain visibility and control, enabling real-time data-driven decision-making and analyzing the impact of these technologies on logistics operations. Furthermore, the visibility provided by RFID and IoT strengthens companies' ability to respond quickly to market demands, modernizing processes and ensuring more effective resource allocation.

By implementing this solution, the goal is to demonstrate how emerging technologies can simplify logistics management, anticipate bottlenecks, and improve operational efficiency. The results obtained will serve as a foundation for future studies and potential practical applications, contributing to the evolution of strategies in the logistics sector. Real-time data integration enables precise monitoring of inventory flows, allowing agile adjustments to market conditions and ensuring a stronger competitive position for companies.

**Keywords:** Information Systems, IoT, Supply Management, Radio Frequency Identification.

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Linha do Tempo e Características das Revoluções Industriais . . . . .	10
2.2	Definição de IIoT . . . . .	14
2.3	Principais módulos do ERP . . . . .	16
3.1	Modelo Conceitual de Dados . . . . .	20
3.2	Diagrama de arquitetura . . . . .	26
3.3	Relação das entradas do ESP32 para o MFRC522 . . . . .	28
3.4	Tela de Inventário . . . . .	32
3.5	Tela de Rastreo . . . . .	32
3.6	Tela de Depósito . . . . .	33
3.7	Tela de Pedidos . . . . .	33
4.1	RFID nos Correios do Brasil . . . . .	35
4.2	Localizador de Livros da Biblioteca da UEA . . . . .	36
5.1	Diagrama do método 5W . . . . .	39

## LISTA DE TABELAS

6.1	Cronograma de Atividades .....	42
-----	--------------------------------	----

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>10</b>
2.1	INDÚSTRIA 4.0 .....	10
2.2	GESTÃO LOGÍSTICA INTEGRADA .....	11
2.2.1	GESTÃO DE ESTOQUE .....	11
2.2.2	VISIBILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	12
2.2.3	TECNOLOGIAS DE CAPTURA DE DADOS .....	13
2.2.4	IDENTIFICADOR POR RÁDIO FREQUÊNCIA (RFID) .....	14
2.2.5	RUPTURA DE ESTOQUE .....	15
2.3	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA GESTÃO DE ESTOQUE E CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	15
2.3.1	ENTERPRISE RESOURCE PLANNING .....	16
2.3.2	SUPPLY CHAIN MANAGEMENT .....	17
2.3.3	WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM .....	17
<b>3</b>	<b>SOLUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
3.1	DOMÍNIO .....	19
3.1.1	ENTIDADES DO SISTEMA .....	19
3.2	FUNCIONALIDADES DO SISTEMA .....	21
3.2.1	MONITORAMENTO EM TEMPO REAL .....	22
3.2.2	RASTREAMENTO DE MOVIMENTAÇÃO DE PRODUTOS .....	23
3.2.3	EXPORTAÇÃO DE RELATÓRIOS .....	24
3.2.4	VISUALIZAÇÃO DE GRÁFICOS ANALÍTICOS .....	24
3.3	TECNOLOGIAS DO SISTEMA .....	25
3.3.1	ARQUITETURA DA SOLUÇÃO .....	26
3.3.2	HARDWARE .....	26
3.3.3	SOFTWARE BACKEND .....	29
3.3.4	SOFTWARE FRONTEND .....	30
3.3.5	BANCO DE DADOS .....	31
3.4	APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA .....	31
3.4.1	REPOSITÓRIOS DO PROJETO .....	34

<b>4</b>	<b>TRABALHOS SIMILARES</b> .....	<b>35</b>
4.1	EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAFOS .....	35
4.2	UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS (UEA) .....	36
4.3	CONSIDERAÇÕES .....	36
<b>5</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>38</b>
5.1	OBJETIVO GERAL .....	38
5.1.1	O QUÊ? .....	39
5.1.2	POR QUÊ? .....	39
5.1.3	QUEM? .....	40
5.1.4	ONDE? .....	40
5.1.5	QUANDO? .....	41
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	41
<b>6</b>	<b>CRONOGRAMA</b> .....	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
7.1	TRABALHO DE CONCLUSÃO I .....	43
7.2	TRABALHO DE CONCLUSÃO II .....	43
7.3	TRABALHOS FUTUROS .....	44
7.3.1	CADASTRO DE ETIQUETAS .....	45
7.3.2	IA PARA PREVISÃO DE DEMANDA .....	45
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>47</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As operações logísticas tradicionais, caracterizadas por processos manuais e dependentes de mão de obra, estão se tornando cada vez mais insustentáveis. Essa dependência humana gera gargalos e limita a capacidade das empresas de acompanhar as demandas crescentes do mercado. A falta de organização da mercadoria, a coleta incorreta de artigos, a mistura de pedidos e inventários desatualizados são apenas alguns dos contratempos gerados por essa dependência. Embora a mão de obra especializada seja crucial, ela possui uma visão limitada do processo e do estoque na totalidade, impedindo a otimização da cadeia logística e a tomada de decisões estratégicas assertivas. “Ao aceitar a transformação digital, você garante maior eficiência nas transações, reduz os custos com falhas e aumenta a produtividade”, diz a Organização Benner [Ben22] sobre a importância da tecnologia na logística.

Em oposição às operações logísticas tradicionais, os gargalos e falhas que essas podem gerar, segundo a SoftLog [Evo22], empresa do setor logístico, “O mercado está mudando há algumas décadas, o consumidor está cada vez mais exigente e as empresas precisam acompanhar toda essa transformação, principalmente na parte digital.”. Com o advento da tecnologia da informação em cada vez mais empresas e no cotidiano dos usuários, a busca por produtos se torna cada vez mais urgente. Este consumidor/usuário necessita de mais produtos, entregues cada vez mais rápido. Passa a ser insustentável continuar com operações manuais e possíveis falhas nos processos logísticos.

Para superar os desafios da era digital, as empresas precisam de uma visão holística da cadeia de suprimento. “A complexidade e a amplitude dos processos da área demandam uma gestão ativa, inteligente e baseada na logística integrada. Este último conceito, como o próprio termo indica, traz todo um ideal de operação conjunta, unificada e escalonada, na qual as etapas da cadeia logística são gerenciadas como um único sistema.”, comentário da empresa CargoX [Car18] que utiliza recursos tecnológicos para aprimorar a sua logística e entrega. A partir disto, confirma-se que a integração dos processos logísticos é vista como proveitosa.

Para atingir a integração de processos logísticos específicos, como o gerenciamento de depósitos, o rastreamento de peças, a visibilidade da cadeia de suprimentos e a identificação de quebras de estoque, este trabalho visa desenvolver um protótipo de coleta de dados por radiofrequência e um protótipo de gerenciador de cadeia de suprimentos. Isso proporciona uma visão ampla da cadeia, permitindo a identificação de gargalos e oportunidades de otimização. Além disso, o controle de estoque integrado facilita a gestão dos inventários, otimizando os níveis de estoque, reduzindo custos e prevenindo rupturas.

A implementação e integração destes dois protótipos de sistemas de informação serão auxílio para solucionar o problema da visibilidade da cadeia de suprimento. Essa

solução deve poder integrar os processos e fornecer dados precisos e em tempo real para a tomada de decisões estratégicas. De acordo com um artigo publicado pela Empresa Brasileira de Correios, a tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) é utilizada para automatizar a coleta de dados e garantir a rastreabilidade dos produtos ao longo da cadeia de suprimentos [Cor21]. Essa aplicação permite maior visibilidade e controle sobre os processos logísticos.

“A integração entre logística e TI é um elemento chave para aprimorar a eficiência operacional das empresas na atualidade.” afirma especialista da empresa ZHAZ [Rib23], que atua no desenvolvimento de soluções baseadas em RFID. Ao adotar uma abordagem proativa e estratégica em relação à integração da TI com os processos logísticos, as empresas logísticas estarão melhor posicionadas para enfrentar os desafios do mercado atual e garantir sua competitividade a longo prazo.

Assim, este TCC propõe o desenvolvimento e a integração de dois protótipos. O primeiro funcionando para captura de dados por meio de RFID (Identificação por Radiofrequência) e o segundo um protótipo de sistema SCM (Supply Chain Management). Estes sistemas integrados visam proporcionar às empresas do ramo logístico um maior controle sobre o inventário, apoiando a tomada de decisões mediante uma visualização aprimorada e detalhada da cadeia de suprimentos.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2: apresenta os conceitos e a fundamentação necessária para realizar a pesquisa e o desenvolvimento deste TC;
- Capítulo 3: solução desenvolvida no TC. São apresentadas as entidades, funcionalidades e tecnologias utilizadas no sistema.
- Capítulo 4: trabalhos similares em proposta ou desenvolvimento;
- Capítulo 5: objetivo geral do TC e seus objetivos específicos;
- Capítulo 6: cronograma para construção do trabalho.
- Capítulo 7: neste capítulo é recapitulado o desenvolvimento e o processo de concepção da solução.

Após todos os capítulos são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para fundamentar este trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos fundamentais que sustentam o desenvolvimento da solução desenvolvida, abordando tecnologias como RFID, sistemas de gerenciamento da cadeia de suprimentos (SCM) e a integração com a Internet das Coisas (IoT). Esses conceitos estabelecem a base teórica necessária para compreender a aplicação das tecnologias no aprimoramento da gestão logística e da visibilidade da cadeia de suprimentos.

### 2.1 Indústria 4.0

Segundo o artigo da TOTVS [TOT23a], a Indústria 4.0 refere-se a uma revolução industrial impulsionada pela integração de tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data, robótica, sistemas ciberfísicos e manufatura aditiva (impressão 3D). Essa abordagem combina o mundo físico e o digital, transformando fábricas em ambientes inteligentes onde máquinas, sensores e sistemas se comunicam e tomam decisões de forma autônoma. Para contextualizar o surgimento da Indústria 4.0, a figura a seguir, 2.1, apresenta as principais características e marcos das revoluções industriais anteriores, destacando a evolução tecnológica ao longo do tempo.

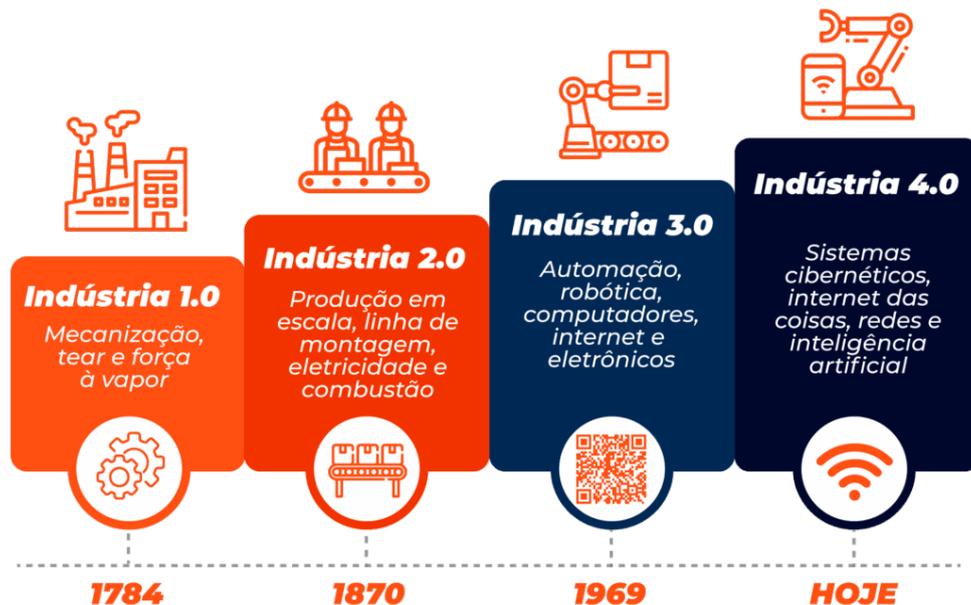


Figura 2.1 – Linha do Tempo e Características das Revoluções Industriais

Neste trabalho, será explorado um dos pilares fundamentais da Indústria 4.0: a Internet das Coisas Industriais (IIoT). Esse conceito, que será detalhado na seção 2.2.3, foca

na integração de dispositivos conectados e sensores inteligentes ao ambiente industrial, possibilitando a coleta e análise de dados em tempo real. A abordagem visa demonstrar como a IIoT pode transformar processos produtivos, promovendo maior controle, automação e visibilidade. O objetivo é destacar o papel dessa tecnologia como parte de uma cadeia de inovação que suporta a evolução para fábricas inteligentes e conectadas.

## **2.2 Gestão Logística Integrada**

Nesta sessão serão abordadas os principais conceitos relacionados à Gestão Logística Integrada, que segundo a TOTVS [TOT23b], é "um processo intersetorial, que tem como objetivo interligar todos os departamentos da empresa que estejam inseridos dentro da cadeia de operações logísticas.". Neste presente trabalho não serão todos os setores logísticos trabalhados, mas sim os responsáveis pela organização e manutenção de pedidos, depósitos, inventário de produtos e rastreamento.

### **2.2.1 Gestão de Estoque**

Segundo a Oracle [Ora23], a gestão de estoque é o processo de organizar os fluxos que os bens seguem no ciclo de pedidos, armazenamento, produção, venda e restocagem em uma empresa. Este processo envolve diversas atividades, como o controle do nível de estoque, a definição da estratégia de estoque a ser utilizada e a implementação de controles adequados para sua manutenção.

O objetivo central da gestão de estoque é encontrar um equilíbrio entre os níveis de estoque e a demanda. Isso garante que a empresa sempre tenha a quantidade necessária de produtos para atender os clientes, sem que haja um investimento excessivo em estoque, o que pode comprometer os recursos financeiros. Uma gestão eficiente desse processo é fundamental para evitar desperdícios e garantir o fluxo contínuo de operações.

A gestão de estoque pode ser particularmente complexa e varia conforme o setor de atuação da empresa. Cada segmento possui suas peculiaridades em relação ao volume de produtos, tempo de reposição e métodos de controle. No entanto, independentemente do setor, todas as empresas podem se beneficiar de uma boa gestão de estoque, já que ela ajuda a reduzir custos, aumentar a eficiência e melhorar a satisfação do cliente.

De acordo com o SEBRAE [SEB17], uma boa gestão de estoque passa por equilibrar adequadamente as compras, o armazenamento e as entregas, além de controlar as entradas e o consumo de materiais. Esse ciclo envolve a movimentação contínua dos itens na empresa, com normas específicas para entrada e saída de produtos.

O acompanhamento desses dados permite também avaliar o valor financeiro correspondente a cada produto, oferecendo uma visão clara da saúde financeira da empresa. Essas funções relacionadas à gestão de estoque serão trabalhadas no domínio "Depósito", que será descrito em detalhes no Capítulo 3.

### 2.2.2 Visibilidade da Cadeia de Suprimentos

A visibilidade na cadeia de suprimentos é crucial para empresas que não querem ter seu tempo e espaço de estoque desperdiçado, auxiliando tanto na previsibilidade das demandas como uma visão geral dos processos e produtos do estoque. Com base no texto publicado pela organização Grupo MercoCamp [Mer23], "A falta de visibilidade na cadeia de suprimentos pode expor sua empresa a riscos significativos". Abaixo são descritos problemas que a falta de visibilidade na cadeia de suprimentos pode causar:

- Atrasos e falta de controle: atrasos nas entregas e perda de controle sobre os prazos, impactando negativamente tanto a satisfação dos clientes quanto a reputação da empresa, uma vez que os compromissos não são cumpridos conforme o esperado, gerando descontentamento e possíveis prejuízos à imagem corporativa.
- Problemas de estoque: problemas de estoque, tais como excesso ou escassez de produtos, ocasionando custos desnecessários, indisponibilidade de itens para os clientes e potencial perda de vendas. Essas dificuldades afetam diretamente a eficiência operacional e a capacidade da empresa em atender às demandas do mercado de forma satisfatória, comprometendo sua competitividade e lucratividade.
- Ruptura na cadeia de suprimentos: dificulta a identificação e a antecipação de potenciais problemas na cadeia de suprimentos, o que pode resultar em rupturas, interrupções e impactos negativos na continuidade das operações comerciais. Essa falta de previsibilidade compromete a capacidade da empresa em responder eficazmente às adversidades, aumentando os riscos associados à sua estabilidade e funcionamento fluido.
- Falhas na gestão de demanda: dificulta a previsão e o gerenciamento adequado da demanda, o que pode ocasionar falta de produtos durante períodos de alta demanda e excesso de produtos em momentos de baixa demanda. Essa situação afeta negativamente os custos operacionais e a eficiência da cadeia de suprimentos, uma vez que recursos são desperdiçados em estoques desnecessários ou oportunidades de vendas são perdidas devido à escassez de produtos.

"A Visibilidade é um atributo relacionado à capacidade de um organização ou de parte representativa da cadeia de suprimentos de 'ver' o que está acontecendo no âmbito

da cadeia de suprimentos, e agir sobre isto. O conceito intrínseco à visibilidade é de que o conhecimento qualificado dos dados, transformados em informações, permite ações alinhadas, coordenadas e assertivas por parte dos integrantes da cadeia de suprimentos”, diz Elton Voltolini, Engenheiro da EXCENT Consultoria [Con18].

A visibilidade na cadeia de suprimentos é essencial para alcançar eficiência operacional, permitindo uma gestão mais eficaz de estoques, rastreamento de produtos e tomada de decisões informadas. Esse aspecto precisa ser trabalhado de forma estratégica, utilizando tecnologias como sistemas de informação e ferramentas de análise de dados para gerar insights acionáveis. No projeto, a questão da visibilidade será abordada como uma funcionalidade do domínio de Inventário, que será detalhado no Capítulo 3.

### 2.2.3 Tecnologias de Captura de Dados

As tecnologias de captura de dados são ferramentas essenciais para a obtenção de visibilidade na cadeia de suprimentos. Elas permitem que as empresas monitorem seus processos de maneira precisa e em tempo real, garantindo maior controle e eficiência. Entre essas tecnologias, a Internet das Coisas (IoT) se destaca por seu enorme potencial de revolucionar como as empresas gerenciam suas operações, conectando o mundo físico ao digital. Através da IoT, dispositivos e sensores inteligentes capturam e transmitem dados, promovendo uma visão mais ampla e detalhada dos processos logísticos.

No meio industrial, a IoT possui uma classificação específica conhecida como Internet Industrial das Coisas (IIoT). Segundo a SAP [SAP20], "IIoT significa Internet Industrial das Coisas e, como o nome sugere, refere-se ao uso da tecnologia da Internet das Coisas (máquinas conectadas, dispositivos e sensores) em aplicações industriais." Essa definição destaca a aplicação de dispositivos conectados que monitoram equipamentos, rastreiam a produção e otimizam a cadeia de suprimentos de maneira mais eficaz e automatizada. A IIoT permite que as indústrias integrem processos complexos, promovendo maior eficiência e controle em todas as etapas de suas operações.

A seguir a figura 2.2, apresenta uma ilustração dos dispositivos IIoT e tarefas que formam este ecossistema inteligente, em uma indústria ou empresa. A tecnologia de IIoT escolhida para ser integrada neste trabalho de conclusão foi o Identificador por Rádio Frequência, que funcionará como um sistema a parte captando dados.

A imagem a seguir apresenta uma ilustração dos dispositivos e processos que compõem o ecossistema inteligente de IIoT em uma indústria ou empresa. No contexto deste trabalho de conclusão, a tecnologia de IIoT selecionada foi o Identificador por Rádio Frequência (RFID). Esse dispositivo será integrado de forma independente, capturando e transmitindo dados referentes a localização de produtos, auxiliando a visibilidade e o controle de inventário dentro da cadeia de suprimentos.



Figura 2.2 – Definição de IIoT

#### 2.2.4 Identificador por Rádio Frequência (RFID)

Uma das principais tecnologias utilizadas dentro do contexto de IIoT na cadeia de suprimentos é o RFID. O RFID, sigla para "Radio Frequency Identification", é amplamente utilizado para identificar e rastrear objetos por meio de ondas de rádio, sem a necessidade de manuseio manual. Segundo a TOTVS [TOT22a], "Objetos que usam essa tecnologia, como o bilhete único, têm etiquetas equipadas com chips capazes de identificá-los, rastreá-los e registrar dados". O sistema RFID é composto por dois elementos principais: as tags, que contêm os chips com informações sobre o produto, e os dispositivos de leitura, que transmitem e recebem as ondas de rádio para se comunicarem com as tags.

O RFID oferece uma grande vantagem na automação e na precisão dos processos logísticos, tornando o fluxo de informações mais dinâmico. Conforme afirma Tamara Figueiredo, da PUC-RIO [FIG04], "O Sistema RFID oferece a capacidade de identificar um produto por transmissão de ondas de rádio, sem a necessidade de manuseio manual, o que torna o fluxo de informações algo mais dinâmico". As etiquetas RFID podem ser integradas diretamente ao produto final ou a seus componentes, permitindo que esses sejam localizados dentro de uma área geográfica específica, como em uma etapa da linha de produção de uma indústria.

Embora o RFID ofereça inúmeros benefícios, como a automação no controle de estoques e a rastreabilidade de produtos, conforme destacado por Tamara Figueiredo [FIG04], é importante reconhecer que a adoção dessa tecnologia precisa ser feita de forma gradual. Isso ocorre devido aos altos custos de implementação. Conforme apontado pela TOTVS [TOT22a] empresas que decidem adotar RFID devem planejar seus investimentos cuidadosamente, uma vez que os retornos, apesar de promissores, podem demorar a se materializar devido à necessidade de infraestrutura e integração tecnológica robusta.

Essas funcionalidades serão abordadas no domínio "Rastreo", que será detalhado no Capítulo 3. A tecnologia RFID e as demais ferramentas de IoT desempenham um papel crucial na obtenção de visibilidade ao longo da cadeia de suprimentos, proporcionando dados em tempo real que auxiliam na tomada de decisões estratégicas para o controle logístico e a eficiência operacional.

### 2.2.5 Ruptura de Estoque

Em uma produção de grande escala, uma ruptura de estoque pode significar a parada da linha de produção. Segundo a TOTVS [TOT22b], este problema poderá existir em casos como ineficiência no abastecimento da linha ou pela má condução do setor de compras, falhas relacionadas ao supply chain. Há algumas estratégias de como contornar a situação, descritas também pela TOTVS, como a identificação de produtos com alto giro e o planejamento da gestão de estoque.

A empresa japonesa, Toyota, tem seu próprio sistema de produção, chamado TPS [TOY] (Toyota Production System), este usa conceitos como Jidoka que garante qualidade e agilidade na identificação de produtos defeituosos e Just in Time, que será mais explorado neste trabalho. O JIT (Just in Time), como descreve o Lean Institute Brasil [Bra], foi desenvolvido por Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi Toyoda, fundador do grupo Toyota, e fundador do negócio automobilístico da Toyota. O conceito descreve que as quantidades em estoque não deveriam ser excessivas, ou seja, o fluxo de materiais e informações não deve exceder a quantidade programada para produção, sendo necessário o abastecimento apenas quando é necessário. Esses aspectos serão abordados no capítulo 3, no domínio "Pedidos".

## 2.3 Sistemas de Informação para Gestão de Estoque e Cadeia de Suprimentos

No cenário competitivo e dinâmico do mercado atual, a gestão eficiente de estoque e da cadeia de suprimentos é fundamental para o sucesso das empresas. Nesse contexto, os Sistemas de Informação (SI) assumem um papel crucial, atuando como ferramentas estratégicas para otimizar processos, reduzir custos e aumentar a competitividade. A seguir serão analisados os tipos de Sistemas de Informação que auxiliam os processos logísticos, com base no trabalho de Priscila Brum [Bru15].

### 2.3.1 Enterprise Resource Planning

Um sistema ERP (Enterprise Resource Planning) é uma solução integrada de software projetada para centralizar e otimizar os processos empresariais, conectando diversas áreas da organização em uma única plataforma. Ele abrange funções como finanças, gestão de estoques, operações, compras, vendas e muito mais, proporcionando uma visão abrangente e em tempo real das atividades da empresa. No contexto da gestão de estoques e cadeia de suprimentos, os sistemas ERP desempenham um papel crucial ao permitir que as empresas rastreiem, analisem e gerenciem recursos de maneira eficiente, promovendo maior coordenação entre os setores e melhorando a tomada de decisões. Conforme destacado pela Oracle [Oraa], essa integração é essencial para lidar com a complexidade e a dinâmica dos processos logísticos e operacionais no ambiente empresarial atual. A figura 2.3, exemplifica algumas das funções que um sistema ERP pode ter.



Figura 2.3 – Principais módulos do ERP

Em essência, os sistemas ERP podem ser comparados a um maestro que coordena a interação entre os diferentes departamentos de uma empresa. Eles otimizam o controle das operações, evitando redundâncias e economizando tempo ao permitir uma troca de informações eficiente entre as diversas áreas da organização. Dessa forma, o ERP contribui para a centralização dos dados e a automação de processos, assegurando que as informações estejam atualizadas e acessíveis para a tomada de decisões mais ágeis e assertivas.

### 2.3.2 Supply Chain Management

O SCM (Supply Chain Management) é um sistema voltado para o gerenciamento da cadeia de suprimentos, integrando diferentes etapas e processos envolvidos na produção, distribuição e entrega de produtos. Diferente de sistemas ERP, que têm foco na gestão interna de recursos e operações, o SCM amplia essa visão ao conectar fornecedores, fabricantes, distribuidores e clientes, fornecendo ferramentas para monitorar, analisar e otimizar cada ponto da cadeia logística. Isso permite não apenas maior controle, mas também a identificação de gargalos e a proposição de melhorias.

Conforme a Oracle [Orab], as soluções modernas de SCM vão além da simples integração de dados. Elas utilizam tecnologias avançadas, como inteligência artificial e Machine Learning, para criar previsões precisas de demanda, automatizar processos e prever falhas em equipamentos. Essas inovações permitem que as empresas reduzam custos, ajustem níveis de estoque e mantenham a continuidade das operações, assegurando que os produtos cheguem ao destino no momento certo e com a qualidade esperada. Assim, o SCM se posiciona como uma ferramenta essencial na transformação digital das cadeias de suprimentos.

Os sistemas modernos de gestão da cadeia de suprimentos, como discutido pela SAP [SAPa], utilizam tecnologias como IoT, inteligência artificial e automação para prever problemas e otimizar processos. Sensores inteligentes monitoram condições das mercadorias, enquanto análises preditivas ajudam a antecipar demandas e evitar rupturas. Essas ferramentas tornam a gestão mais eficiente e resiliente, garantindo respostas rápidas às mudanças e maior controle operacional, alinhando-se aos princípios da Indústria 4.0.

### 2.3.3 Warehouse Management System

O WMS (Warehouse Management System), segundo a Oracle [Orac] é um sistema de gestão de armazéns que otimiza processos logísticos, garantindo eficiência na administração de estoques, organização dos espaços e controle das movimentações de mercadorias. Essa solução permite integrar operações como recebimento, armazenamento e expedição, otimizando o uso do espaço e reduzindo custos operacionais. Além disso, o WMS facilita a rastreabilidade de produtos e proporciona maior visibilidade sobre as atividades, ajudando na tomada de decisões estratégicas e garantindo um fluxo mais ágil de mercadorias, essencial para empresas que lidam com grandes volumes ou alta rotatividade de itens.

Empresas líderes no mercado, como SAP [SAPb], Oracle [Orac] e TOTVS [TOT23c], destacam a importância do WMS como parte da transformação digital no setor logístico.

Esses sistemas são projetados para atender às necessidades específicas de diferentes segmentos, desde o varejo até indústrias de alta complexidade.

### **3. SOLUÇÃO**

Neste capítulo, apresenta-se a solução para otimizar a cadeia de suprimentos utilizando a tecnologia RFID. A solução desenvolvida visa melhorar a gestão de inventário e o rastreamento de produtos por meio de uma integração entre dois protótipos de coleta de dados e de sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos. O objetivo principal é proporcionar maior visibilidade e controle sobre os processos logísticos, reduzindo custos operacionais e aumentando a eficiência das operações.

#### **3.1 Domínio**

O presente trabalho visa abordar o desenvolvimento de um protótipo de sistema de rastreamento de produtos utilizando tecnologia RFID. O sistema busca otimizar a gestão da cadeia de suprimentos, desde a entrada dos produtos no estoque até sua distribuição final. Através da utilização de etiquetas RFID, o sistema permitirá o monitoramento em tempo real da localização e do status dos produtos, proporcionando maior visibilidade e controle sobre o fluxo de materiais.

A relevância do tema reside na crescente demanda por soluções eficientes para a gestão da cadeia de suprimentos. As empresas enfrentam desafios como a necessidade de reduzir custos, aumentar a eficiência operacional e garantir a rastreabilidade dos produtos. A tecnologia RFID oferece uma alternativa promissora para atender a essas demandas, proporcionando maior precisão, confiabilidade e automação no processo de rastreamento de produtos.

##### **3.1.1 Entidades do Sistema**

As entidades referem-se aos objetos fundamentais para a construção do software. Estes especificam quais são os atributos relevantes para um sistema de gerenciamento de estoque. Abaixo é possível visualizar a figura 3.1, um diagrama conceitual da estrutura do banco de dados que contém as entidades, os atributos e o relacionamento entre elas.

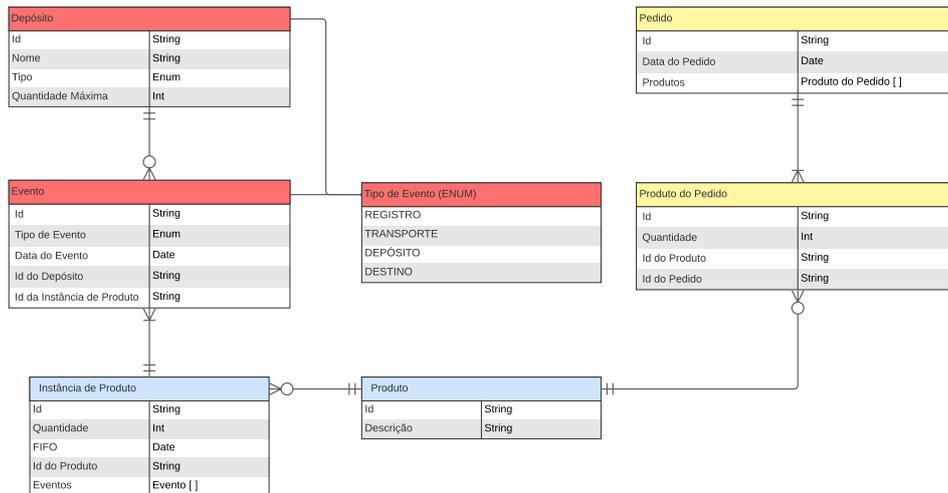


Figura 3.1 – Modelo Conceitual de Dados

As entidades representadas no modelo de dados são componentes fundamentais para a estruturação do sistema, fornecendo a base para a organização e manipulação das informações. Nos próximos trechos, serão detalhadas as entidades apresentadas no diagrama, abordando seus atributos, funções no sistema e os relacionamentos que mantêm entre si, para ilustrar como contribuem para o gerenciamento eficiente do estoque e rastreamento de produtos.

- Depósito

Um depósito pode ser comparado a um espaço amplo e organizado, onde os produtos são mantidos de acordo com suas finalidades no fluxo logístico. Cada depósito desempenha um papel específico no gerenciamento de mercadorias, refletindo as necessidades operacionais de uma cadeia de suprimentos eficiente.

No contexto do projeto, os depósitos são classificados em quatro tipos estáticos: registro, responsável por capturar informações iniciais dos produtos; transporte, utilizado para o deslocamento entre diferentes etapas; depósito, destinado ao armazenamento prolongado; e destino, onde os produtos são entregues ou finalizam sua jornada.

Essa categorização permite que os depósitos sejam integrados de maneira clara e objetiva ao sistema, garantindo que cada um cumpra seu papel no gerenciamento e rastreamento dos itens ao longo do processo logístico.

- Produto

O Produto representa o registro de um item no sistema, composto por um identificador único e uma descrição que define suas características. Ele funciona como uma referência genérica e abstrata, sendo utilizado para associar todas as instâncias físicas

desse item, sem armazenar informações operacionais como quantidade ou movimentação.

- Instância de Produto

A Instância de Produto refere-se a um item físico vinculado a um Produto registrado, representando o estado atual de um item em circulação. Diferente do Produto, a instância inclui informações como a quantidade de unidades que representa, o método FIFO (First In, First Out) para priorização com base na ordem de chegada, o identificador do Produto associado e o conjunto de eventos que registra as movimentações capturadas pelo sistema RFID. Essa estrutura permite acompanhar e documentar as interações e deslocamentos do item ao longo de sua trajetória no processo logístico.

- Evento

Refere-se à movimentação de um produto específico entre depósitos. Por exemplo, quando um produto X é transferido do depósito A para o depósito B, o Evento registra informações detalhadas sobre a operação, incluindo a hora e a data da movimentação, bem como o tipo de movimentação realizada. Os tipos de movimentação são relacionados com o tipo de depósito, que pode ser: registro, transporte, depósito e destino. A captura e o registro desses Eventos são realizados por meio da tecnologia de RFID.

- Pedido

A entidade Pedido representa uma solicitação inicial no sistema, composta por uma data de entrega e um conjunto de produtos associados às respectivas quantidades solicitadas. Cada combinação de produto e quantidade em um pedido é representada pela entidade Produto do Pedido, que organiza essas informações de forma estruturada. A principal finalidade do Pedido é permitir a simulação da saída de produtos de depósitos específicos, contribuindo para o acompanhamento e controle desse fluxo.

## 3.2 Funcionalidades do Sistema

O sistema de gestão de estoque proposto utiliza a tecnologia RFID para monitorar e gerenciar os produtos no depósito de maneira eficiente e precisa. Através da captura automatizada de dados, será possível rastrear a movimentação dos produtos em tempo real, garantindo maior controle e acuracidade nas operações. Essa funcionalidade melhora significativamente a eficiência operacional e reduz a probabilidade de erros humanos.

Além do monitoramento em tempo real, o sistema oferece a capacidade de exportar relatórios detalhados e visualizar gráficos analíticos. Essas ferramentas proporcionam uma visão abrangente do status do estoque, facilitando a tomada de decisões estratégicas baseadas em dados concretos. Com isso, o sistema não apenas otimiza a gestão de estoque, mas também apoia a previsão de demanda e o planejamento logístico.

As funcionalidades do sistema serão apresentadas como user stories, detalhando como cada aspecto do sistema atende às necessidades dos usuários e contribui para a eficiência e precisão da gestão de estoque. “Um User Story é a menor unidade de trabalho em um framework ágil. É um objetivo final, não um recurso, expresso da perspectiva do usuário do software.” descrição feita pela empresa Atlassian [REH23]. As User Stories serão apresentadas no formato, abaixo:

### User Story

- **Título:** (Título da User Story)

**Eu como** (Sujeito/stakeholder que executará a tarefa) **quero poder** (Tarefa que o stakeholder realizará) **para que** (Objetivo final almejado com a realização da tarefa)

- **Critérios de Aceitação:**

- (Descrição das condições para a user story estar com o status “Pronta”)

#### 3.2.1 Monitoramento em Tempo Real

O monitoramento em tempo real é uma das funcionalidades mais cruciais do sistema de gestão de estoque, utilizando a tecnologia RFID para capturar dados instantaneamente. Por meio de etiquetas RFID anexadas aos produtos, é possível rastrear cada item desde a entrada no depósito até sua saída, garantindo uma visão precisa e atualizada do inventário a qualquer momento. Esse nível de monitoramento permite uma resposta rápida a qualquer discrepância, reduzindo perdas e aumentando a eficiência operacional.

### User Story

- **Título:** Monitoramento em Tempo Real

**Eu como** gerente logístico **quero poder** monitorar o inventário em tempo real utilizando etiquetas RFID, **para que** eu possa rastrear cada item desde a entrada no

depósito até sua saída, garantindo uma visão precisa e atualizada do inventário e melhorando a eficiência operacional.

- **Critérios de Aceitação:**

- Leitura Automática de RFID: O sistema deve ser capaz de ler automaticamente as etiquetas RFID anexadas aos produtos conforme eles entram e saem do depósito.
- Atualização em Tempo Real: Os dados de inventário devem ser atualizados instantaneamente à medida que os produtos são movimentados.
- Painel de Controle Intuitivo: O sistema deve oferecer um painel de controle onde o gerente possa visualizar o status do inventário em tempo real.

### 3.2.2 Rastreamento de Movimentação de Produtos

O rastreamento da movimentação de produtos é facilitado pela tecnologia RFID, que registra automaticamente cada transferência de itens entre diferentes depósitos. Cada movimentação é registrada com informações detalhadas sobre a hora, data e local, além do tipo de movimentação realizada. Isso proporciona um histórico completo das movimentações, permitindo auditorias precisas e a identificação de possíveis problemas na cadeia logística.

#### **User Story**

- **Título:** Rastreamento de Movimentação de Produtos

**Eu como** gerente logístico **quero poder** rastrear a movimentação de produtos entre diferentes depósitos usando etiquetas RFID, **para que** eu possa obter um histórico completo e detalhado de todas as transferências, facilitando auditorias precisas e a identificação de possíveis problemas na cadeia logística.

- **Critérios de Aceitação:**

- Registro Automático de Movimentações: O sistema deve registrar automaticamente cada movimentação de produtos entre diferentes depósitos
- Informações Detalhadas: Cada registro de movimentação deve incluir informações detalhadas sobre a hora, data, local e tipo de movimentação.
- Visualização do Histórico: O sistema deve permitir ao usuário visualizar o histórico completo de movimentações de cada item.

- Filtros de Busca: O sistema deve oferecer filtros de busca para localizar movimentações específicas com base em parâmetros como data, local ou tipo de movimentação.

### 3.2.3 Exportação de Relatórios

A funcionalidade de exportação de relatórios permite aos usuários gerar documentos detalhados sobre o estado e movimentações do estoque. Esses relatórios podem ser exportados em .xlsx, extensão do Excel, facilitando a análise e a integração com outros sistemas de gestão. A capacidade de gerar relatórios personalizados auxilia na tomada de decisões estratégicas, apoiando insights sobre padrões de consumo, níveis de estoque e desempenho logístico.

#### User Story

- **Título:** Exportação de Relatórios Detalhados sobre o Estado e Movimentações do Estoque

**Eu como** usuário do sistema de gestão de estoque **quero poder** poder exportar relatórios detalhados sobre o estado e movimentações do estoque em .xlsx, **para que** eu possa realizar análises detalhadas e tomar decisões estratégicas baseadas em dados concretos.

- **Critérios de Aceitação:**
  - Visualizações: As visualizações gráficas do sistema que possuem filtros e campos de busca devem ser exportáveis no formato Excel.
  - Detalhamento das Movimentações: Os relatórios devem incluir informações detalhadas sobre as movimentações de estoque, como entradas, saídas e transferências entre locais.

### 3.2.4 Visualização de Gráficos Analíticos

A visualização de gráficos analíticos é uma ferramenta poderosa para interpretar grandes volumes de dados intuitivamente. O sistema oferece uma variedade de gráficos, como gráficos de barras, linhas e setores, que representam visualmente as informações do estoque. Isso ajuda os gestores a identificar tendências, comparar períodos e entender

melhor o desempenho do inventário. A análise visual facilita a comunicação de dados complexos e apoia decisões baseadas em evidências.

## User Story

- **Título:** Análise Visual de Dados de Estoque para Tomada de Decisões Estratégicas

**Eu como** gestor de operações de estoque **quero poder** ter acesso a gráficos analíticos que representem visualmente informações detalhadas sobre o estado e movimentações do estoque, **para que** eu possa identificar padrões, monitorar o desempenho e tomar decisões estratégicas baseadas em dados concretos.

- **Critérios de Aceitação:**

- Facilidade de Compreensão: A visualização dos dados deve ser clara e intuitiva, permitindo uma interpretação fácil mesmo para usuários não especialistas.
- Exportação de Dados: Deve ser possível exportar os gráficos e dados associados para análises mais detalhadas ou apresentações.

## 3.3 Tecnologias do Sistema

Nesta seção, serão apresentadas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema de gestão de estoque, abrangendo tanto os componentes de hardware quanto os de software. A escolha dessas tecnologias foi baseada em critérios de eficiência e facilidade de integração e desenvolvimento. A subseção de Hardware detalhará os dispositivos essenciais para o monitoramento em tempo real e o rastreamento de produtos, necessários para uma gestão de estoque eficaz.

Nas subseções de Software Backend e Frontend, serão discutidos as ferramentas e frameworks que compõem a base do sistema. Essas tecnologias foram selecionadas para assegurar um desempenho otimizado e uma interface intuitiva para os usuários. Além disso, a integração harmoniosa entre hardware e software é fundamental para a coleta e processamento de dados, permitindo uma análise precisa e facilitando a tomada de decisões estratégicas na gestão do estoque.

### 3.3.1 Arquitetura da Solução

O diagrama de arquitetura da solução ilustra como as diferentes camadas do sistema se comunicam integradamente, facilitando o fluxo de dados e a execução de operações entre o frontend, backend, o banco de dados e os componentes de hardware. Cada camada desempenha um papel específico na manipulação e processamento das informações, garantindo a funcionalidade e a eficiência global do sistema. Na próxima figura, 3.2, é apresentado o diagrama de arquitetura da solução, mostrando como acontece a comunicação entre as camadas do sistema na totalidade.

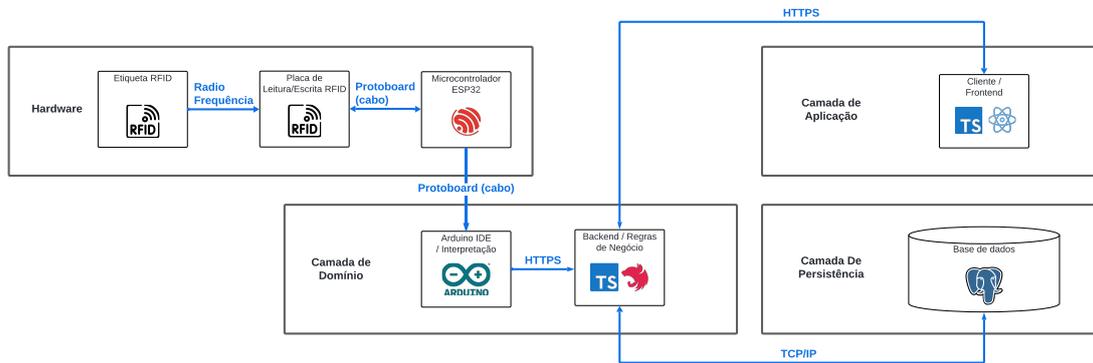


Figura 3.2 – Diagrama de arquitetura

### 3.3.2 Hardware

Nesta subseção, serão detalhados os componentes de hardware essenciais para a implementação do sistema de gestão de estoque. A integração eficiente entre esses dispositivos é fundamental para garantir o monitoramento em tempo real e a precisão na rastreabilidade dos produtos. Serão abordados os microcontroladores ESP32, as placas de leitura e escrita de RFID, e as etiquetas RFID, destacando suas funcionalidades, modo de operação e a forma como se comunicam dentro do sistema. Esses elementos de hardware formam a base tecnológica que permite a coleta e transmissão de dados de forma eficiente e confiável.

- ESP32

O ESP32 é um microcontrolador altamente versátil e poderoso, desenvolvido pela Espressif Systems. Ele é conhecido por sua capacidade de realizar múltiplas tarefas simultaneamente, graças ao seu dual-core e a uma ampla gama de funcionalidades integradas,

como Wi-Fi, Bluetooth, GPIOs e diversos protocolos de comunicação. O ESP32 é frequentemente utilizado em aplicações de Internet das Coisas (IoT) devido à sua capacidade de conectar dispositivos à internet de maneira eficiente e econômica.

No contexto deste trabalho, o ESP32 servirá como o cérebro do sistema de monitoramento de estoque. Sua função principal será gerenciar a comunicação entre a placa de leitura de RFID e o sistema de backend. O ESP32 receberá os dados das etiquetas RFID, que serão lidos pela placa de leitura, processará esses dados e os enviará para o servidor mediante uma conexão Wi-Fi. Essa comunicação permitirá o rastreamento em tempo real dos produtos no depósito, garantindo que todas as movimentações sejam registradas instantaneamente.

- Placa de Leitura e Escrita RFID

A placa de leitura e escrita de RFID é um dispositivo que permite a comunicação com etiquetas RFID para leitura e gravação de dados. Para este projeto, será utilizado o leitor MFRC522. Funciona gerando um campo eletromagnético através de sua antena, que ativa as etiquetas RFID próximas. Quando ativadas, essas etiquetas transmitem suas informações armazenadas de volta para a placa. Algumas placas também possuem a capacidade de escrever novos dados nas etiquetas, permitindo a atualização das informações conforme necessário.

No sistema de gestão de estoque, a placa de leitura e escrita de RFID desempenha um papel crucial na identificação e rastreamento dos produtos. Quando um produto com uma etiqueta RFID entra ou sai do depósito, a placa de leitura captura a identificação única da etiqueta e quaisquer outras informações relevantes armazenadas nela. Esses dados são então enviados ao ESP32, que processa e encaminha as informações ao sistema de backend. Esse processo garante que todas as movimentações de estoque sejam registradas em tempo real, proporcionando uma visão precisa e atualizada do inventário.

- Etiquetas RFID

As etiquetas RFID (Identificação por Radiofrequência) são dispositivos que armazenam e transmitem dados por meio de ondas de rádio, sendo amplamente utilizadas para identificação e rastreamento automatizado de produtos. Elas são compostas por dois elementos principais: um microchip, que contém as informações, e uma antena, que permite a comunicação com os leitores RFID. Existem dois tipos principais de etiquetas: as passivas, que não possuem bateria, sendo ativadas pelo campo eletromagnético gerado pelo leitor,

e as ativas, que possuem sua própria fonte de energia para transmitir sinais a maiores distâncias. No contexto da gestão de estoque, as etiquetas RFID fornecem uma alternativa moderna e eficiente para substituir contagens manuais e minimizar erros, armazenando dados como identificadores únicos, códigos de produto, lotes e datas de entrada ou saída de mercadorias.

Neste projeto, o módulo MFRC522 foi utilizado como leitor RFID, apesar de não ser a escolha ideal para aplicações logísticas de longo alcance. Este módulo opera na frequência de 13,56 MHz, projetado para curtas distâncias, limitando sua aplicação em cenários que demandam rastreamento remoto. No entanto, sua integração ao protótipo foi considerada satisfatória, simulando a antena de longo alcance, já que o objetivo principal do trabalho é demonstrar o uso do RFID como apoio à visibilidade da cadeia de suprimentos. A escolha pelo MFRC522 também considerou fatores como custo reduzido e facilidade de integração com o microcontrolador ESP32, viabilizando um protótipo funcional e acessível. Para aprimoramentos futuros, o sistema poderá ser equipado com antenas de maior alcance, permitindo cobrir distâncias mais amplas e atender às demandas reais de um ambiente logístico mais complexo.

- Conexão ESP32 com MFRC522

Para conexão do microcontrolador ESP32 à placa de leitura RFID, será utilizada uma protoboard para encaixe dos componentes. Os cabos serão dispostos conforme a figura 3.3 abaixo:

ESP32	RFID Reader
3.3V	3.3V
22	RST
GND	GND
Not required	IRQ
19	MISO
23	MOSI
18	SCK
5	SDA

Figura 3.3 – Relação das entradas do ESP32 para o MFRC522

### 3.3.3 Software Backend

Nesta subseção, exploraremos a infraestrutura fundamental responsável pelo processamento lógico e gerenciamento de dados no sistema de gestão de estoque. O backend constitui a parte do sistema que opera de forma invisível para o usuário final, gerenciando a lógica de negócios, interações com o banco de dados, autenticação e outras operações essenciais. Será discutido como essa camada do sistema funciona em conjunto com o frontend e o hardware para fornecer uma experiência coesa e funcional aos usuários, permitindo o gerenciamento eficiente do estoque e a geração de insights estratégicos através da análise de dados.

- TypeScript

"TypeScript é uma linguagem de programação fortemente tipada que se baseia em JavaScript, oferecendo melhores ferramentas em qualquer escala."descreve a própria linguagem TypeScript [Typ24]. Esta linguagem de programação, utilizada como parte integrante do desenvolvimento do backend do sistema de gestão de estoque. TypeScript é uma linguagem que estende o JavaScript adicionando tipagem estática opcional e outros recursos que facilitam o desenvolvimento de aplicações robustas e escaláveis.

Além de adicionar tipagem estática, o TypeScript oferece diversos recursos avançados que aumentam a produtividade e a qualidade do código, como interfaces, classes e decoradores. Estas funcionalidades ajudam a criar códigos mais organizados e fáceis de manter, reduzindo a probabilidade de erros durante o desenvolvimento. Além disso, o TypeScript é compatível com todas as bibliotecas e frameworks JavaScript existentes, permitindo a transição para projetos que desejam adotar a linguagem sem perder a compatibilidade com o ecossistema JavaScript. O suporte aprimorado a IDEs, como autocompletar e verificação de erros em tempo real, também contribui significativamente para uma experiência de desenvolvimento mais eficiente e agradável.

- NestJS

"Nest (NestJS) é um framework para construir aplicativos Node.js server-side eficientes e escaláveis. Ele usa JavaScript progressivo, é construído com e suporta totalmente TypeScript" [NES24]. O framework NestJS, utilizado como parte integrante do desenvolvimento do backend no sistema de gestão de estoque. NestJS é um framework TypeScript

para construção de aplicações backend que utiliza o padrão arquitetural MVC (Model-View-Controller). O NestJS facilita a organização do código através da estrutura modular e da injeção de dependências.

O NestJS também se destaca por sua capacidade de integração com diversas bibliotecas e ferramentas populares no ecossistema Node.js, como TypeORM, Mongoose, e GraphQL, tornando o desenvolvimento de aplicações mais flexível e eficiente. Além disso, o framework oferece uma robusta documentação e uma comunidade ativa, facilitando o aprendizado e a resolução de problemas. A combinação de uma arquitetura bem definida, suporte total ao TypeScript e uma forte ênfase em práticas de desenvolvimento modernas faz do NestJS uma escolha ideal para construir aplicativos backend complexos e de alto desempenho.

### 3.3.4 Software Frontend

Na subseção de software frontend, exploraremos os elementos cruciais que compõem a interface com o usuário no sistema de gestão de estoque. O frontend representa a camada visível da aplicação, onde os usuários interagem diretamente com as funcionalidades oferecidas pelo sistema. Será discutido como o frontend é projetado para oferecer uma experiência intuitiva e eficiente aos usuários, utilizando tecnologias como TypeScript e React.

- React

React é uma biblioteca JavaScript de código aberto desenvolvida pelo Facebook, projetada para facilitar a criação de interfaces de usuário (UI) interativas e reativas [eRN23]. Utilizada amplamente no desenvolvimento web, React permite aos desenvolvedores construir componentes reutilizáveis que gerenciam seu próprio estado, atualizando dinamicamente a UI conforme as mudanças nos dados. Isso é alcançado através do uso de um conceito chamado Virtual DOM (Documento Objeto Modelo Virtual), que otimiza a atualização da interface minimizando o impacto no desempenho.

No contexto do sistema de gestão de estoque, React é empregado para desenvolver o frontend, ou seja, a parte da aplicação acessível aos usuários finais. Utiliza-se React devido à sua eficiência no desenvolvimento de interfaces de usuário complexas e dinâmicas. A separação clara entre componentes de UI e lógica de aplicação facilita a colaboração entre equipes de desenvolvimento e a manutenção do código ao longo do tempo. Assim, React não apenas melhora a experiência do usuário final, mas também simplifica o

processo de desenvolvimento de software, tornando-o uma escolha ideal para aplicativos que requerem interfaces modernas e responsivas.

### 3.3.5 Banco de Dados

Segundo a Oracle [Ora24], "Um banco de dados é uma coleção organizada de informações - ou dados - estruturadas, normalmente armazenadas eletronicamente em um sistema de computador". Um banco de dados relacional é um tipo de banco de dados que organiza dados em tabelas que podem se relacionar entre si. Cada tabela consiste em linhas e colunas, onde as colunas representam os campos (ou atributos) e as linhas representam os registros (ou tuplas) dos dados. Este modelo de banco de dados é amplamente utilizado devido à sua estrutura organizada, integridade de dados e capacidade de suportar consultas SQL (Structured Query Language), uma linguagem padrão para gerenciamento e manipulação de dados.

Conforme a documentação do PostgreSQL, "O PostgreSQL é um poderoso sistema de banco de dados objeto-relacional de código aberto, com mais de 35 anos de desenvolvimento ativo, o que lhe rendeu uma forte reputação de confiabilidade, robustez de recursos e desempenho." [Pos24]. O PostgreSQL foi escolhido como o banco de dados relacional para este projeto devido à sua robustez, estabilidade e conformidade com os padrões SQL, garantindo integridade e consistência dos dados. Outra razão importante é a sua escalabilidade e desempenho, permitindo que grandes volumes de dados sejam gerenciados eficientemente.

## 3.4 Apresentação da Ferramenta

Nesta seção, são detalhadas as funcionalidades, ferramentas e telas desenvolvidas ao longo do projeto, destacando como cada elemento foi concebido, implementado e integrado para atender às necessidades do sistema proposto. A abordagem visa fornecer uma visão clara das capacidades do sistema, ilustrando o uso das tecnologias e o impacto de suas funcionalidades no objetivo geral do projeto. Além disso, as figuras a seguir apresentam as telas desenvolvidas no frontend, acompanhadas de descrições que explicam suas funções e como elas contribuem para a solução proposta. Cada figura será relacionada às histórias de usuário apresentadas no capítulo 3, evidenciando como os requisitos levantados foram implementados na prática e atendem às necessidades específicas identificadas.

A seguir, a figura 3.4 apresenta a tela de inventário que está relacionada com a História de Usuário 3.2.1, Monitoramento em Tempo Real. Nesta tela, é possível visualizar

as quantidades totais de itens em cada depósito e em tempo real.

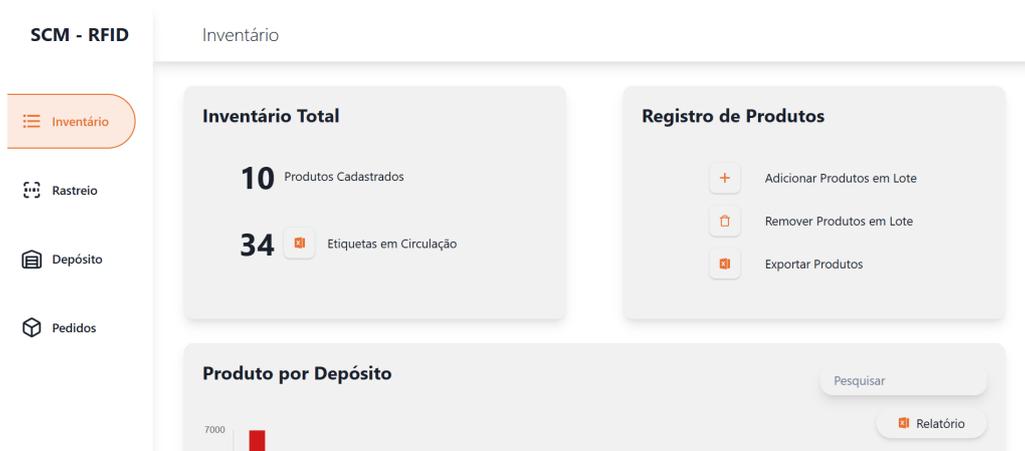


Figura 3.4 – Tela de Inventário

Esta tela permite a gestão completa dos produtos e suas instâncias, oferecendo funcionalidades de CRUD (Create, Read, Update e Delete). Além disso, conta com opções para exportar relatórios em três formatos distintos e permite a visualização e pesquisa detalhada de produtos em cada subdepósito. A interface também indica a lotação de cada subdepósito, proporcionando uma visão clara e organizada da distribuição e do espaço disponível. A próxima tela, a figura 3.5, está relacionada com a História de Usuário 3.2.2, Rastreamento de Movimentação de Produtos.



Figura 3.5 – Tela de Rastreo

A tela de rastreo permite realizar pesquisas pelo número da etiqueta, exibindo informações detalhadas como o depósito atual, a quantidade associada e sua relação com o cadastro de produtos. Além disso, oferece a visualização de um gráfico de movimentação no intervalo de até um ano, com filtros avançados que permitem selecionar depósitos específicos, tipos de movimentação (entrada ou saída), e buscar itens relacionados. Também é

possível exportar relatórios personalizados com base nos filtros aplicados, garantindo maior precisão e flexibilidade na análise dos dados.

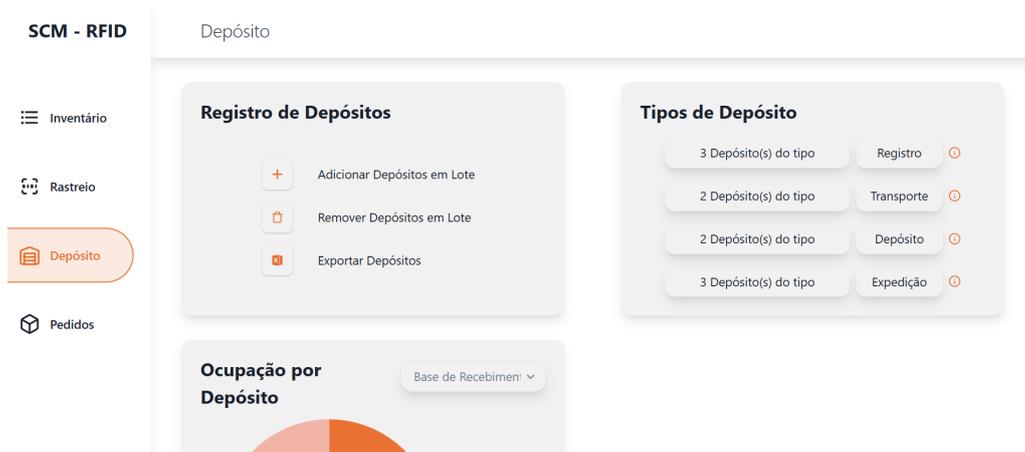


Figura 3.6 – Tela de Depósito

A figura 3.6, apresenta a tela de depósito, que permite gerenciar os registros de depósitos por meio de funcionalidades de CRUD (Create, Read, Update, Delete). Além disso, apresenta um card com a visualização e descrição dos diferentes tipos de depósitos cadastrados no sistema (Registro, Transporte, Depósito e Destino). Também disponibiliza gráficos que ilustram a ocupação de cada depósito, oferecendo uma visão clara da distribuição e utilização do espaço disponível. A seguir, é apresentada a tela de pedidos, na figura 3.7, usada para simular a ruptura de estoque e a saída de itens.

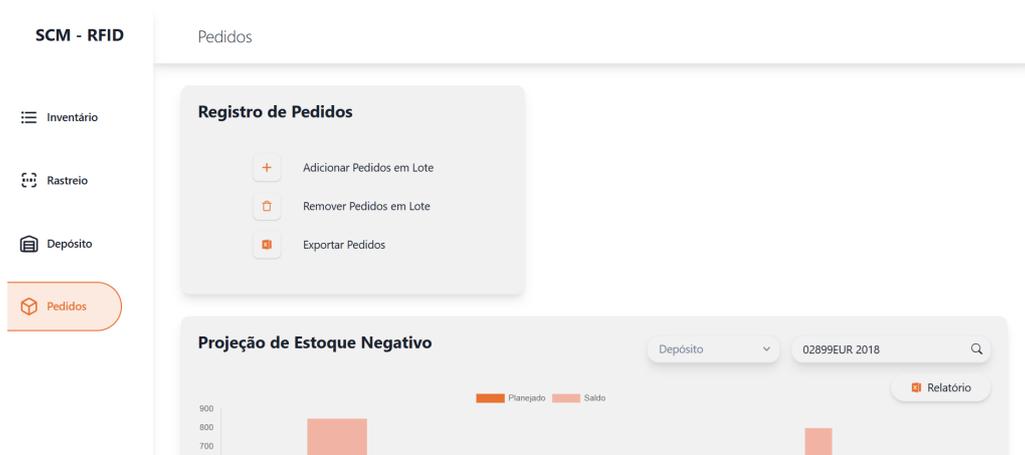


Figura 3.7 – Tela de Pedidos

A tela de pedidos permite gerenciar o registro de pedidos por meio de funcionalidades de CRUD (Create, Read, Update, Delete). Também apresenta um card que exibe o número total de pedidos cadastrados e o número de pedidos programados para o dia

seguinte. Além disso, oferece uma visualização gráfica de Projeção de Estoque Negativo, destacando possíveis rupturas de estoque com base nos pedidos e no saldo das instâncias de produtos. Essa funcionalidade auxilia no planejamento e evita falhas no abastecimento, proporcionando uma visão de curto e médio prazo sobre o impacto das demandas no estoque.

### 3.4.1 Repositórios do Projeto

Os códigos desenvolvidos neste trabalho estão disponíveis publicamente no GitHub e podem ser acessados para consulta ou estudo. O repositório principal contém links diretos para as implementações de cada parte do sistema, organizadas conforme suas funções específicas: hardware, backend e frontend.

- **GitHub do Aluno:** <https://github.com/JoseMD12>.
  - **Hardware:** Código responsável pela integração do ESP32 com o leitor RFID MFRC522, possibilitando a leitura de tags RFID e envio de dados para o backend. *Link para o repositório.*
  - **Backend:** Implementação da API em NestJS, encarregada de processar os dados recebidos do hardware e gerenciar a lógica de negócio do sistema. *Link para o repositório.*
  - **Frontend:** Aplicação desenvolvida em React, projetada para exibir dados do inventário e rastreamento de produtos, permitindo a interação do usuário com o sistema. *Link para o repositório.*

Os repositórios foram organizados para facilitar o acesso às diferentes partes do sistema e possibilitar sua reutilização ou extensão em projetos futuros.

## 4. TRABALHOS SIMILARES

Neste capítulo são apresentados estudos anteriores que exploraram conceitos e abordagens semelhantes aos propostos neste trabalho. Este levantamento proporciona uma visão mais abrangente relacionado ao tema, destacando contribuições relevantes.

### 4.1 Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos

Em 1969, a Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT) é criada, substituindo o DCT (Departamento dos Correios e Telégrafos), visando diversificar os serviços postais do país [Cor]. Após muitos anos de empresa, os Correios do Brasil tentam se diversificar e se aprimorar cada vez mais, foi em 2021 que a empresa adotou a tecnologia de RFID para gestão de estoque, visibilidade da cadeia e rastreamento de produtos nas rotas para o cliente final [Ale21]. Na figura 4.1, é apresentado o modo que o RFID é utilizado nos Correios.



Figura 4.1 – RFID nos Correios do Brasil

A instituição adotou a tecnologia de leitura por radiofrequência RFID em substituição ao processo anterior de leitura individual dos códigos de barras durante o deslocamento. Os Correios estimam que essa mudança tecnológica pode resultar em uma economia de 16% no valor declarado no momento da contratação do serviço, além de trazer significativos ganhos operacionais. Esses benefícios incluem melhor precisão, controle e qualidade das informações, proporcionando uma gestão mais eficiente e assertiva das operações logísticas [Cor21].

## 4.2 Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

A Universidade do Estado do Amazonas (UEA), é uma universidade pública, que deu início as suas atividades acadêmicas no dia 03 de agosto de 2003. Em 2014, foi feita a transição para a tecnologia RFID, em apenas duas semanas, todas as etiquetas foram instaladas no acervo total. A equipe da UEA recebeu treinamento específico para garantir que essa conversão não sobrecarregasse os servidores da instituição. Após a conclusão do processo, percebeu-se uma otimização significativa das tarefas. Com a implementação do sistema RFID, foi notória uma melhoria na agilidade e eficiência dos processos internos da instituição. [UEA14]. Abaixo, na figura 4.2, é apresentada uma captura de tela da página inicial do site da biblioteca, em que é possível pesquisar a situação do livro.

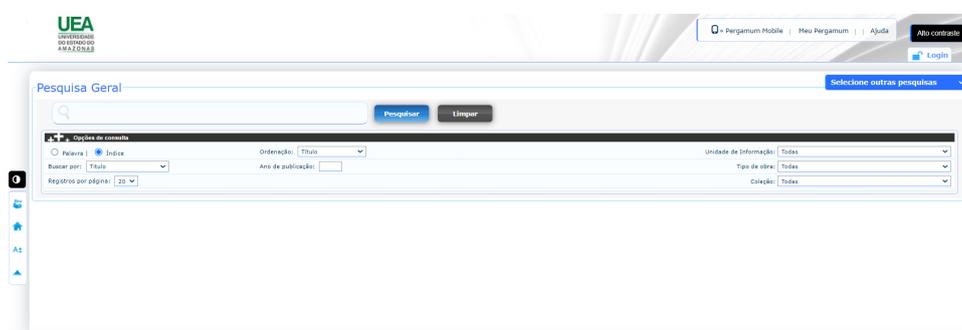


Figura 4.2 – Localizador de Livros da Biblioteca da UEA

A universidade ainda destacou alguns pontos sobre o impacto da implementação da tecnologia para os funcionários e para o usuário da biblioteca:

- Autonomia dos usuários na busca de informações diretamente no acervo;
- Diminuição no tempo de empréstimo de livros, pois essa operação pode ser realizada pelo próprio usuário nos equipamentos de autoatendimento;
- Segurança de que só sairão da biblioteca obras que foram emprestadas e registradas no sistema.

Para controlar a entrada e saída de livros foram utilizados sensores que detectam a frequência da tag no livro ao sair da biblioteca, garantindo esta segurança no manejo dos livros tanto para o funcionário quanto para o usuário.

## 4.3 Considerações

Como visto nestes outros trabalhos, a utilização do identificador por radiofrequência (RFID) em diversos setores tem se mostrado uma escolha vantajosa devido aos inúmeras

ros benefícios que oferece. Nos casos da Empresa Correios do Brasil e da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), a implementação do RFID resultou em melhorias significativas na eficiência e precisão das operações.

Assim como nos exemplos dos Correios e da UEA, meu projeto também usou RFID para apoiar a gestão e o rastreamento de inventário, proporcionando mais visibilidade e controle sobre os itens. No entanto, o meu projeto aborda a aplicação de RFID em um sistema de gestão de inventário para uma empresa logística, mas com uma perspectiva mais integrada, combinando RFID com sistemas de ERP (Enterprise Resource Planning) e conceitos de IoT (Internet das Coisas).

Em resumo, a adoção da tecnologia RFID oferece vantagens claras em termos de eficiência, precisão e controle. Os exemplos dos Correios e da UEA mostram o grande potencial dessa tecnologia. Meu TC aproveita esses benefícios e os adapta a um contexto específico, integrando outras tecnologias avançadas para desenvolver uma solução robusta e eficiente para a gestão de inventário e rastreamento de produtos.

## 5. OBJETIVOS

Este capítulo apresenta os objetivos gerais e específicos que norteiam este estudo. A definição clara e concisa dos objetivos é crucial para o desenvolvimento consistente e eficaz da pesquisa, e serve como bússola para direcionar os esforços e garantir que o trabalho esteja alinhado com o problema de pesquisa. A definição detalhada dos objetivos do TC I será feita ao longo do desenvolvimento e conforme o cronograma apresentado, permitindo uma adaptação flexível às descobertas e insights obtidos durante a pesquisa. Isso assegura que os objetivos permaneçam pertinentes e atualizados em face de possíveis ajustes metodológicos ou mudanças no contexto do estudo.

### 5.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma aplicação que se integre com dispositivos de Internet das Coisas (IoT), utilizando especificamente a tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID). Essa aplicação visa apoiar a resolução de diversos desafios enfrentados na gestão da cadeia de suprimentos, tais como problemas relacionados à visualização dos processos, movimentação de itens ao longo da cadeia e controle de estoque.

Para melhor entendimento, foi utilizado o método 5W, que segundo o SEBRAE [SEB23] “A essência desta ferramenta é descrever de forma sucinta um objetivo e detalhar as ações, custos e responsáveis para alcançá-lo”. O método consiste em responder, sobre um problema, questões que evidenciem o real objetivo, intuito e responsáveis por tornarem o projeto ou plano de ação reais. Abaixo será apresentado um diagrama 5W, na figura 5.1, e em seguida uma descrição de cada resposta, visando tornar claro o objetivo deste trabalho de conclusão:

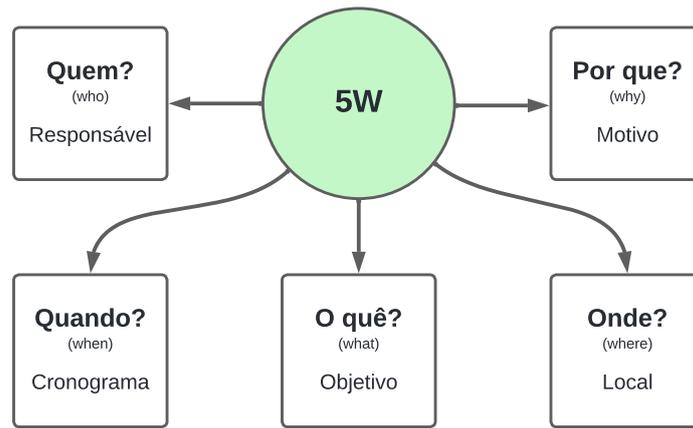


Figura 5.1 – Diagrama do método 5W

### 5.1.1 O quê?

Este trabalho de conclusão propõe o desenvolvimento de dois protótipos integrados que utilizam a tecnologia RFID para apoiar a gestão da cadeia de suprimentos. O primeiro protótipo consiste em um dispositivo de coleta de dados baseado no ESP32, integrado a um módulo MFRC522, responsável por identificar e registrar informações de etiquetas RFID. Já o segundo protótipo é um sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos (SCM) desenvolvido em TypeScript, abrangendo tanto o frontend quanto o backend.

Os dois protótipos foram integrados, formando um sistema capaz de coletar, processar e exibir dados em tempo real. Essa integração permite o rastreamento de produtos e maior visibilidade sobre o fluxo de materiais, apoiando a tomada de decisão e a identificação de gargalos no processo logístico. Além disso, a solução proposta demonstrará como tecnologias emergentes podem ser aplicadas para tornar operações logísticas mais ágeis, precisas e conectadas, contribuindo para a evolução dos sistemas de gestão no contexto da Indústria 4.0.

### 5.1.2 Por quê?

O projeto foi desenvolvido com dois objetivos principais: validar o uso do RFID em sistemas logísticos, demonstrando sua eficiência na automação e rastreabilidade de operações, e realizar um estudo prático sobre sistemas logísticos. A partir de casos de teste, buscou-se compreender como um sistema desse tipo funcionaria na prática, explorando as vantagens e desafios do uso do RFID no contexto logístico.

A criação deste sistema de gestão de inventário e rastreamento de produtos atende à necessidade de modernizar processos logísticos, garantindo maior precisão no gerenciamento de estoques. Em um cenário onde as cadeias de suprimentos são cada vez mais dinâmicas e interconectadas, o uso de dispositivos RFID permite monitorar a movimentação de itens em tempo real, reduzindo custos, minimizando perdas e aumentando a eficiência, fatores essenciais para a competitividade no mercado atual.

### 5.1.3 Quem?

Este projeto foi realizado por mim, como parte do meu Trabalho de Conclusão de Curso. Fui o responsável por todas as etapas do desenvolvimento, integração, testes e implementação do sistema de gestão de inventário e rastreamento de produtos utilizando RFID. Minhas atividades incluíram a configuração dos componentes de hardware, desenvolvimento do software necessário, integração dos sistemas, realização de testes de ponta a ponta para garantir a funcionalidade e a eficiência do sistema e, finalmente, a implementação da solução completa.

### 5.1.4 Onde?

Este projeto seria idealmente implementado por grandes empresas logísticas que possuem os recursos financeiros necessários para investir na infraestrutura de dispositivos RFID, incluindo o alto custo das antenas e outros equipamentos. Estas empresas, geralmente líderes em seus setores, entendem a importância de otimizar suas operações e estão dispostas a investir em tecnologias avançadas para alcançar maior eficiência e precisão na gestão de seus estoques.

No entanto, este trabalho foi realizado pelo aluno, José Henrique Martins Dotta na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), durante o período estabelecido no cronograma. Alguns dos recursos necessários para o projeto foram disponibilizados pela PUCRS, como o acesso a laboratórios, softwares de desenvolvimento e orientação técnica. Outros recursos, especialmente os componentes específicos de hardware, como leitores e etiquetas RFID, foram adquiridos pelo aluno. A combinação dos recursos fornecidos pela universidade e pelo aluno, facilitaram a execução de maneira eficiente e dentro do prazo previsto das tarefas previstas.

### 5.1.5 Quando?

O projeto foi realizado conforme o cronograma definido no próximo capítulo seis (6), abrangendo o período de agosto a dezembro de 2024. Este cronograma garantiu que o projeto estivesse completamente desenvolvido e testado a tempo para a defesa em dezembro de 2024.

## 5.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, estão relacionadas as principais atividades planejadas para a execução do trabalho de conclusão I e II:

- Descobrir e aprofundar o referencial teórico, sobre os problemas da cadeia de suprimentos;
- Elicitação dos Requisitos: a partir das tecnologias escolhidas e dos problemas encontrados, definir os requisitos para desenvolvimento;
- Modelagem: quais suas funcionalidades e quais tecnologias serão usadas;
- Entender Tecnologias de Rastreamento de Produtos: RFID ou outras alternativas;
- Prototipação das telas;
- Desenvolvimento do Software;
- Planejar estratégias de integração dos componentes de Hardware com o Software;
- Simular cenários da cadeia de suprimentos.

## 6. CRONOGRAMA

A seguir estão relacionadas as principais atividades planejadas para o Trabalho de Conclusão 2, que foi executado no período de agosto a dezembro de 2024:

- 1: Integração dos componentes de Hardware;
- 2: Desenvolvimento do Software;
- 3: Escrita do volume do TC;
- 4: Integração Hardware e Software;
- 5: Testes de ponta a ponta;
- 6: Revisão Final e Ajustes;
- 7: Preparação para a Defesa;
- 8: Reuniões com o orientador;

Tabela 6.1 – Cronograma de Atividades

Atividades	Agosto				Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	█	█	█	█	█	█	█	█												
2																				
3	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				
4									█	█	█	█	█							
5													█	█	█	█				
6																	█			
7																		█		
8	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		

## 7. CONCLUSÃO

Neste capítulo, farei uma recapitulação das atividades realizadas durante o primeiro semestre de 2024, no contexto do Trabalho de Conclusão I. Descreverei os desafios enfrentados ao longo desse período até a entrega do primeiro volume do TC I. Além disso, discutirei as perspectivas para o Trabalho de Conclusão II e minhas expectativas para o desenvolvimento e a implementação do projeto.

### 7.1 Trabalho de Conclusão I

Durante os meses de março a julho de 2024, foram dedicados esforços à documentação do Trabalho de Conclusão. No início, foi proposta uma ideia ainda incompleta, tendo apenas a ideia de desenvolver um sistema de gestão de estoque. O principal desafio foi definir a especificidade do tema e os objetivos do meu TC. Esse processo de amadurecimento ocorreu por meio de diálogos constantes com o orientador do projeto, análise das demandas do mercado e reflexões sobre o tempo e os recursos disponíveis. Após essas etapas, definiu-se que o trabalho focaria na integração de um dispositivo RFID para aprimorar a gestão de estoque.

Com a definição clara do tema e dos objetivos, pude me concentrar em outros aspectos importantes, como a busca por documentação para fundamentar o trabalho e a definição do escopo e das tecnologias a serem utilizadas. A partir desse ponto, a escrita fluiu de maneira mais estruturada, embora continuasse exigindo dedicação para garantir a qualidade e a coerência.

O foco do trabalho então se tornou desenvolver uma aplicação integrada com RFID que apoiasse a gestão de estoque. Este tema é muito pertinente, como visto no capítulo 4, Trabalhos Similares, sendo concretizado no segundo semestre de 2024 com a execução do Trabalho de Conclusão II.

### 7.2 Trabalho de Conclusão II

Entre agosto e dezembro de 2024, o foco esteve no Trabalho de Conclusão II (TC II), que abrangeu o desenvolvimento do software e sua integração com os componentes de hardware. Durante essa fase, novas pesquisas foram realizadas para embasar o trabalho, embora o foco principal tenha sido o desenvolvimento efetivo da aplicação.

No desenvolvimento do TC II, houve dedicação intensa à criação do software, seguindo os objetivos específicos previamente definidos. A prototipação das telas no Figma foi

concluída rapidamente, permitindo o início do desenvolvimento do frontend em TypeScript, etapa que exigiu cerca de dois meses devido à pouca experiência prévia nessa área. Após deixar as telas funcionalmente adequadas, a atenção foi direcionada ao backend, uma área de maior domínio, enquanto os estudos e o desenvolvimento do hardware eram iniciados simultaneamente, equilibrando ambas as frentes do projeto.

A etapa de hardware apresentou desafios significativos, sendo a primeira experiência com essa área. Foram utilizados uma protoboard, o MFRC522, um ESP32 e cartões como alternativa às etiquetas RFID tradicionais. O código para leitura foi desenvolvido na Arduino IDE 2.0, apesar da ausência de experiência prévia em C. Além disso, foi necessário realizar soldagens, contando com o suporte do laboratório de eletrônica da PUCRS no prédio 30. Problemas de conectividade entre o ESP32 e a máquina também surgiram, mas foram solucionados progressivamente, garantindo a continuidade do projeto. Essa resiliência foi crucial para a integração bem-sucedida entre hardware e software, permitindo que os dados coletados fossem enviados ao backend, que processa o identificador da etiqueta e retorna informações como última movimentação, dados do produto e o depósito atual.

Dada a complexidade do projeto e as limitações de tempo, funcionalidades inicialmente planejadas, como o controle de fornecedores e o registro detalhado das etiquetas via RFID, foram postergadas para trabalhos futuros. O foco principal permaneceu na integração e funcionalidade dos protótipos MVPs. Atualmente, o software identifica movimentações de etiquetas detectadas pelo sensor RFID e apresenta os dados em gráficos e relatórios no formato .xlsx (Excel). Entre as informações exibidas estão o saldo em tempo real, histórico de movimentações, tags ativas e produtos cadastrados. O sistema atingiu com sucesso o objetivo de ampliar a visibilidade da cadeia de suprimentos, apoiando a tomada de decisões estratégicas e contribuindo para a minimização de gargalos logísticos.

### **7.3 Trabalhos Futuros**

Neste capítulo, serão apresentadas ideias e propostas para trabalhos futuros que podem expandir e aprofundar os conceitos abordados neste projeto. As sugestões incluem possíveis aprimoramentos no protótipo desenvolvido, a adoção de tecnologias mais avançadas relacionadas à Indústria 4.0, e aplicações voltadas para a otimização da gestão da cadeia de suprimentos. O objetivo é explorar caminhos que complementem e potencializem os resultados alcançados, integrando inovações tecnológicas e ampliando a relevância do sistema em cenários logísticos complexos.

### 7.3.1 Cadastro de Etiquetas

No sistema atual, as etiquetas RFID não podem ser cadastradas diretamente, já que o foco principal está na visibilidade da cadeia de suprimentos. O sistema apenas interpreta os dados lidos, assumindo que as etiquetas já estejam previamente cadastradas. Uma proposta para futuros trabalhos seria desenvolver um módulo adicional para o cadastro de novas etiquetas, onde, ao aproximar a etiqueta de um leitor de curto alcance, o sistema registraria informações como o código do item, a quantidade vinculada à etiqueta e o fornecedor responsável pelo registro.

Essa evolução também incluiria a introdução da entidade "Fornecedor" no escopo do sistema, ampliando sua funcionalidade. Nesse contexto, o fornecedor seria integrado ao fluxo, sendo responsável por anexar e ativar as etiquetas RFID diretamente no sistema. Isso permitiria rastrear não apenas as movimentações de estoque, mas também o histórico de compra e entrada de produtos, oferecendo uma visão ainda mais completa e integrada da cadeia de suprimentos. Essa proposta representa uma importante melhoria, aproximando o sistema de uma solução mais robusta e alinhada aos princípios da Indústria 4.0.

### 7.3.2 IA para Previsão de Demanda

Para a empresa UniSoma [Uni23], "A previsão de demanda pode ser definida como o processo de entendimento e quantificação das necessidades do mercado", ou seja, baseando-se em diversas variáveis, como histórico de compras, recebimento, padrões de mercado, entre outras, essa técnica permite prever quando haverá demanda por determinado produto e em quais períodos. Além disso, possibilita identificar com antecedência possíveis rupturas de estoque ou oportunidades para aumentar a capacidade de atendimento à demanda.

Entre as vantagens oferecidas pela previsão de demanda com o uso de algoritmos de Machine Learning, destacam-se, segundo a UniSoma, os seguintes benefícios:

- Detecção de Anomalias: Identifica desvios nos padrões de consumo ou registros inesperados.
- Identificação de Tendências de Longo Prazo: Analisa padrões sazonais ou de crescimento que influenciam a demanda.
- Segmentação de Clientes e Produtos: Agrupa clientes e itens com base em características específicas para previsões mais precisas.

- Previsão em Cenários de Alta Complexidade: Fornece insights confiáveis mesmo em mercados dinâmicos e instáveis.

Esse conjunto de capacidades torna a previsão de demanda um elemento estratégico para otimizar processos e melhorar a eficiência das operações logísticas. Este conjunto de benefícios que o uso da IA pode proporcionar é de fato algo a se pensar sobre o projeto atual. Estas funções estão altamente conectadas com a resolução proposta por este trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Ale21] Alecrim, E. “Correios anunciam rfid para rastreamento de entregas em tempo real”. Capturado em: <https://tecnoblog.net/noticias/correios-rfid-radiofrequencia-rastreamento-tempo-real-entregas/>, 07 2021.
- [Ben22] Benner. “Tecnologia na logística: importância na transformação digital”. Capturado em: <https://www.benner.com.br/tecnologia-na-logistica/#:~:text=Quanto%20mais%20antigo%20o%20equipamento,indispens%C3%A1vel%20para%20um%20processo%20eficiente.>, 09 2022.
- [Bra] Brasil, L. I. “Sistema toyota de produção (toyota production system - tps)”. Capturado em: [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx#:~:text=Kiichiro%20Toyoda%2C%20filho%20de%20Sakichi,fim%20de%20nivelar%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx#:~:text=Kiichiro%20Toyoda%2C%20filho%20de%20Sakichi,fim%20de%20nivelar%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o).
- [Bru15] Brum, P. “Sistemas erp na gestão da cadeia de suprimentos”, *Organização Sistêmica ISSN: 2316-2848*, vol. 7–4, 2015, pp. 79–94.
- [Car18] CargoX. “6 principais benefícios da logística integrada para seu negócio”. Capturado em: <https://cargox.com.br/blog/6-principais-beneficios-da-logistica-integrada-para-seu-negocio/>, 09 2018.
- [Con18] Consultoria, E. “Os 3v’s que lhe farão repensar sua cadeia de suprimentos”. Capturado em: <https://www.excentconsultoria.com.br/single-post/os-3v-s-que-lhe-far%C3%A3o-repensar-sua-cadeia-de-suprimentos#:~:text=A%20Visibilidade%20C3%A9%20um%20atributo,suprimentos%2C%20e%20agir%20sobre%20isto.>, 09 2018.
- [Cor] Correios. “Linha do tempo”. Capturado em: <https://www.correios.com.br/correios360/linha-do-tempo>.
- [Cor21] Correios. “Rfid para encomendas”. Capturado em: <https://www.correios.com.br/rfid>, 11 2021.
- [eRN23] e Rachel Nabors, D. A. “Introducing react.dev”. Capturado em: <https://react.dev/blog/2023/03/16/introducing-react-dev>, 16 2023.
- [Evo22] Evolution, S. I. “A tecnologia pode ser uma grande aliada na logística de uma empresa”. Capturado em: <https://softlogbrasil.com.br/2022/06/10/a-tecnologia-pode-ser-uma-grande-aliada-na-logistica-de-uma-empresa/>, 06 2022.

- [FIG04] FIGUEIREDO, T. D. B. “Aplicação das tecnologias sem fio na logística - cap 4”, Relatório Técnico, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO - PUC-RIO, Rio de Janeiro–RJ, Brasil, 2004, 18p.
- [Mer23] MercoCamp, G. “Entenda os riscos da falta de visibilidade na cadeia de suprimentos!” Capturado em: <https://www.linkedin.com/pulse/entenda-os-riscos-da-falta-de-visibilidade-na-cadeia-suprimentos-elddf/?originalSubdomain=pt>, 11 2023.
- [NES24] NESTJS. “Introducing”. Capturado em: <https://docs.nestjs.com/>, 07 2024.
- [Oraa] Oracle. “O que é erp?” Capturado em: [https://www.oracle.com/br/erp/what-is-erp/#:~:text=Planejamento%20de%20recursos%20empresariais%20\(ERP\)%20refere%2Dse%20a%20um,opera%C3%A7%C3%B5es%20da%20cadeia%20de%20suprimentos](https://www.oracle.com/br/erp/what-is-erp/#:~:text=Planejamento%20de%20recursos%20empresariais%20(ERP)%20refere%2Dse%20a%20um,opera%C3%A7%C3%B5es%20da%20cadeia%20de%20suprimentos).
- [Orab] Oracle. “O que é gestão da cadeia de suprimentos (scm)?” Capturado em: <https://www.oracle.com/br/scm/what-is-supply-chain-management/>.
- [Orac] Oracle. “O que é sistema de gerenciamento de armazéns (wms)?” Capturado em: <https://www.oracle.com/br/scm/logistics/warehouse-management/what-is-warehouse-management/>.
- [Ora23] Oracle. “O que é gestão de estoque?” Capturado em: <https://www.oracle.com/br/scm/inventory-management/what-is-inventory-management/>, 11 2023.
- [Ora24] Oracle. “O que é um banco de dados?” Capturado em: <https://www.oracle.com/br/database/what-is-database/>, 07 2024.
- [Pos24] Postgres. “Postgresql: O banco de dados relacional de código aberto mais avançado do mundo”. Capturado em: <https://www.postgresql.org/>, 06 2024.
- [REH23] REHKOPF, M. “Histórias de usuários com exemplos e um modelo”. Capturado em: <https://www.atlassian.com/agile/project-management/user-stories>, 16 2023.
- [Rib23] Ribeiro, T. “5 passos para a integração entre logística e ti”. Capturado em: <https://www.linkedin.com/pulse/5-passos-para-integra%C3%A7%C3%A3o-entre-log%C3%ADstica-e-ti-thiago-ribeiro/?originalSubdomain=pt>, 06 2023.
- [SAPa] SAP. “O que é scm (gestão da cadeia de suprimentos)?” Capturado em: <https://www.sap.com/brazil/products/scm/what-is-supply-chain-management.html>.
- [SAPb] SAP. “O que é um warehouse management system (wms)?” Capturado em: <https://www.sap.com/brazil/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html>.

- [SAP20] SAP. “O que é a internet das coisas industrial (iiot)?” Capturado em: <https://www.sap.com/brazil/products/scm/industry-4-0/what-is-iiot.html>, 2020.
- [SEB17] SEBRAE. “Entenda a importância da gestão de estoque”. Capturado em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/artigosOrganizacao/como-melhorar-a-gestao-de-produtos-no-varejo,6ed4524704bdf510VgnVCM1000004c00210aRCRD>, 11 2017.
- [SEB23] SEBRAE. “5w2h: o que é, para que serve e por que usar na sua empresa”. Capturado em: <https://www.sebrae-sc.com.br/blog/5w2h-o-que-e-para-que-serve-e-por-que-usar-na-sua-empresa>, 11 2023.
- [TOT22a] TOTVS. “O que é rfid, como funciona, importância, tipos, como usar e mais!” Capturado em: [https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/rfid/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20RFID%20\(Radio,rastre%C3%A1%20dos%20e%20registrar%20dados.,07%202022](https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/rfid/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20RFID%20(Radio,rastre%C3%A1%20dos%20e%20registrar%20dados.,07%202022).
- [TOT22b] TOTVS. “O que é ruptura de estoque, por que ocorre e como evitar?” Capturado em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-varejista/ruptura-de-estoque/>, 09 2022.
- [TOT23a] TOTVS. “Indústria 4.0: pilares, tecnologias, impactos e desafios”. Capturado em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/industria-4-0/>, 09 2023.
- [TOT23b] TOTVS. “Logística integrada: qual o objetivo e importância para empresas”. Capturado em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-logistica/logistica-integrada/>, 06 2023.
- [TOT23c] TOTVS. “O que é gestão da cadeia de suprimentos (scm)?” Capturado em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-logistica/wms/>, 7 2023.
- [TOY] TOYOTA. “Sistema toyota de produção (toyota production system)”. Capturado em: <https://www.toyota.com.br/mundo-toyota/sistema-toyota-de-producao>.
- [Typ24] Typescript. “Typescript is javascript with syntax for types.” Capturado em: <https://www.typescriptlang.org/>, 07 2024.
- [UEA14] UEA. “Implementando a tecnologia rfid em cinco bibliotecas na capital”. Capturado em: <https://www.biblioteca.com/pt-br/universidade-do-estado-do-amazonas/>, 01 2014.
- [Uni23] UniSoma. “O que é previsão de demanda e qual sua importância?” Capturado em: <https://www.unisoma.com.br/>

o-que-e-previsao-de-demanda-e-qual-sua-importancia-na-cadeia-de-suprimentos/  
#ancoraum, 03 2023.