

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

DOUGLAS ELDORANDO PEREIRA DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE EQUIPAMENTO DE COLETA DE PINOS E ALARMES
NO VAREJO DE MODA POR MEIO DO IoT**

**São Paulo
2023**

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

DOUGLAS ELDORANDO PEREIRA DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE EQUIPAMENTO DE COLETA DE PINOS E ALARMES
NO VAREJO DE MODA POR MEIO DO IoT**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho - UNINOVE, com requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Produção.

Prof. Luiz Fernando Rodrigues Pinto, Dr. - Orientador

**São Paulo
2023**

Oliveira, Douglas Eldo Pereira de.

Proposta de equipamento de coleta de pinos e alarmes no varejo de moda por meio do IoT. / Douglas Eldo Pereira de Oliveira. 2023.

80 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2023.

Orientador (a): Prof. Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto.

1. Logística. 2. RFID. 3. IoT. 4. Logística inteligente.

I. Pinto, Luiz Fernando Rodrigues.

II. Título.

CDU 658.5

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

DOUGLAS ELDORANDO PEREIRA DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE EQUIPAMENTO DE COLETA DE PINOS E ALARMES
NO VAREJO DE MODA POR MEIO DO IoT**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho - UNINOVE, com requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Produção, pela Banca Examinadora, formada por:

São Paulo, 21 de dezembro de 2023.

Presidente: Prof. Luiz Fernando Rodrigues Pinto, Dr. – Orientador, UNINOVE

Membro: Prof. Fábio Shibao, Dr., UNIB (Membro Externo)

Membro: Prof. Jose Carlos Curvello Santana, Dr., UFABC (Membro Externo)

Membro: Prof. Dr. Francisco Elânio Bezerra – USP (Membro Externo)

Membro: Prof. Peterson Adriano Belan, Dr., PPGI, UNINOVE

ATA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO

Ao vigésimo segundo dia do mês de dezembro de dois mil e vinte e três, às 09h00, do programa de Pós-Graduação, desta Universidade, reuniu-se em sessão pública a Comissão Julgadora da tese de Doutorado de Douglas Eldo Pereira de Oliveira sob o título “PROPOSTA DE EQUIPAMENTO DE COLETA DE PINOS E ALARMES NO VAREJO DE MODA POR MEIO DO IOT”.

Integraram a comissão os professores: Prof. Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto (UNINOVE), o Prof. Dr. Fabio Ytoshi Shibao (UNIB), O Prof. Dr. José Carlos Curvelo Santana (UFABC), o prof. Dr. Francisco Elânio Bezerra (USP), o Prof. Dr. Fabio Ytoshi Shibao (UNG) e o Prof. Dr. Peterson Adriano Belan (UNINOVE) sob a presidência do primeiro, orientador da dissertação. A banca examinadora, tendo decidido aceitar a dissertação, passou à arguição pública do candidato. Encerrados os trabalhos, os examinadores deram parecer final sobre a dissertação.

Parecer

Prof. Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto	APROVADO
Prof. Dr. Fabio Ytoshi Shibao	APROVADO
Prof. Dr. José Carlos Curvelo Santana	APROVADO
Prof. Dr. Francisco Elânio Bezerra	APROVADO
Prof. Dr. Peterson Adriano Belan	APROVADO

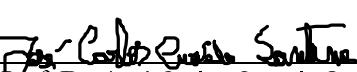
Parecer:

O candidato foi considerado aprovado pelos membros da banca examinadora.

Em conclusão, o candidato foi considerado APROVADO, no grau de Doutor em Engenharia de Produção. E, para constar, eu, Prof. Dr. André Felipe Henriques Librantz, diretor do Programa de Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção, lavrei a presente ata que assino juntamente com os membros da banca examinadora.



Prof. Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto



Prof. Dr. José Carlos Curvelo Santana



Prof. Dr. Peterson Adriano Belan

São Paulo, 21 de dezembro de 2023.


Prof. Dr. Fabio Ytoshi Shibao



Prof. Dr. Francisco Elânio Bezerra



Prof. Dr. André Felipe Henriques Librantz

PARECER – EXAME DE DEFESA

Parecer da Comissão Examinadora designada para o exame de defesa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção a qual se submeteu o aluno Douglas Eldo Pereira de Oliveira.

Tendo examinado o trabalho apresentado para obtenção do título de “Doutor em Engenharia de Produção”, com Tese intitulada “PROPOSTA DE EQUIPAMENTO DE COLETA DE PINOS E ALARMES NO VAREJO DE MODA POR MEIO DO IOT.”, a Comissão Examinadora considerou o trabalho:

(X) Aprovado

() Aprovado condicionalmente

() Reprovado com direito a novo exame

() Reprovado

EXAMINADORES

Prof. Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto - Uninove (Orientador)



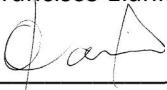
Prof. Dr. Fabio Ytoshi Shibao – UNIB (Membro Externo)



Prof. Dr. José Carlos Curvelo Santana – UFABC (Membro Externo)



Prof. Dr. Francisco Elânio Bezerra – USP (Membro Externo)



Prof. Dr. Peterson Adriano Belan – PPGI/UNINOVE (Membro Externo)



São Paulo, 21 de dezembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus que sempre esteve do meu lado dando forças para continuar e nunca desistir mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço à Universidade Nove de Julho pelo apoio dado a esta pesquisa com a disponibilização do Programa de Pós-graduação de Engenharia de Produção (PPGEP) e seus professores de excelente qualidade técnica e humana.

À Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, agradeço a bolsa concedida para a realização desse trabalho.

Ao meu orientador, Luiz Fernando Rodrigues Pinto, agradeço pelas observações e críticas essenciais para o desenvolvimento do estudo, sempre me dando apoio e transmitindo conhecimentos valiosos.

Agradeço aos professores Fábio Shibao, Jose Carlos Curvello Santana, e Peterson Adriano Belan, membros da banca examinadora, pelas suas análises e comentários. Deixo aqui toda a minha gratidão aos meus avós maternos (*in memoriam*), à minha mãe (*in memoriam*), e aos meus irmãos que sempre me incentivaram e me deram suporte para que eu chegassem a alcançar meus sonhos, pois sem eles não chegaria a este momento.

Por fim, um especial agradecimento à minha esposa, Alinne Ivo de Abreu, que passou por toda essa caminhada ao meu lado, me incentivando, dando forças, e, principalmente, acreditando no meu trabalho. Obrigado Deus por tê-la colocado em minha vida.

“Há mais pessoas que desistem do que pessoas que fracassam.”

Henry Ford

RESUMO

O mercado de vestuário é um dos mercados de maior atuação econômica nacional que vem se expandindo exponencialmente no decorrer dos últimos anos. O setor de vestuário no Brasil obteve faturamento de R\$ 134 milhões no comércio eletrônico, atingindo 1,57 bilhão de acessos entre março de 2021 e março de 2022. Considerando esses números, torna-se necessário aperfeiçoar os processos de produção, incluindo a logística dentro das operações. Nesta pesquisa, identificou-se que não há estudos sobre sistemas de coleta de produtos e insumos baseados em *RFID* e *IoT*, e sua viabilidade financeira. Para preencher esta lacuna, definiu-se como objetivo propor um equipamento de coleta baseado em *IoT* que otimiza recursos para coleta de pinos e alarmes em lojas de varejo de moda. Utilizou-se o método de revisão sistemática da literatura como base para a proposta teórico-conceitual de um equipamento baseado em *IoT* para coleta de pinos e alarmes. Adicionalmente, o equipamento proposto foi aplicado em um estudo de caso num varejista de moda. O experimento demonstrou que o novo processo proposto não só otimiza a operação, como a torna mais eficiente. Os investimentos para aquisição em toda a rede varejista se mostraram atrativos, pagando-se em 5 anos no pior cenário.

Palavras-chave: Logística, *RFID*, *IoT*, logística inteligente.

ABSTRACT

The clothing market is one of the largest national economic markets, and it has been growing rapidly in recent years. Brazil's clothing sector generated R\$ 134 million in e-commerce revenue, with 1.57 billion accesses between March 2021 and March 2022. Given these figures, it is imperative to improve production processes, including logistics within operations. This study discovered that there are no studies on the financial viability of product and input collection systems based on RFID and IoT. To fill this gap, the objective was to propose IoT-based collection equipment that optimizes resources for collecting pins and alarms in fashion retail stores. The systematic literature review method was used as the foundation for the theoretical-conceptual proposal of IoT-based equipment for collecting pins and alarms. Additionally, the proposed equipment was applied in a case study at a fashion retailer. The experiment demonstrated that the new proposed process optimizes and improves the operation. Investments to acquire the entire retail network proved appealing, paying for themselves in the worst-case scenario in 5 years.

Keywords: *Logistics, RFID, IoT and smart logistics.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funcionamento de sistemas RFID	25
Figura 2 -Modelo de Referência para Análises das iniciativas de RFID	27
Figura 3 - Métodos de pesquisa dos 39 artigos.....	34
Figura 4 - Publicações selecionadas no período de 2012 a 2023	34
Figura 5 - Critério de Seleção.....	35
Figura 6 - Relação Setor x Quantidade de artigos	37
Figura 7 - Placa com WiFi Modelo ESP 8266 ESP	45
Figura 8 - Sensores Fotoelétricos Tipo Barreira.....	45
Figura 9 - Carcaça de madeira com base quadrada	46
Figura 10 - Componentes de apoio	46
Figura 11 - Fluxo operacional atual	49
Figura 12 - Equipamento Montado	50
Figura 13 - Início do relatório de teste	51
Figura 14 - Fim do relatório de teste	51
Figura 15 - Plataforma ThingSpeak™ para coleta de dados.....	52
Figura 16 - Fluxo após implantação	54
Figura 17 - Resultados do teste do equipamento.....	55
Figura 19 - Margem de Erro x Erro Contabilizado	57
Figura 20 - Repositionamento de sensor no final do tubo	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas para o protocolo de busca	32
Tabela 2 - <i>Strings</i> de busca.....	32
Tabela 3 - Critérios de inclusão e exclusão.....	32
Tabela 5 - Artigos selecionados para revisão bibliométrica e sistemática.....	36
Tabela 6 - Investimento financeiro no equipamento.....	55
Tabela 7 - Comparaçāo de cargos antes e depois da implantação do equipamento	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- (CD) Centro de Distribuição
- (CPS) Sistema Ciber-Físico
- (IoT) *Internet of Things*
- (RFID) *Radio Frequency Identification*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2. PERGUNTA DE PESQUISA	18
1.3. OBJETIVO GERAL.....	18
1.3.1. Objetivos específicos	18
1.3.2. Delimitação do estudo.....	19
1.4. JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	19
1.5. ESTRUTURA DA TESE	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1. IoT	23
2.2. RFID	25
2.3. LOGÍSTICA INTELIGENTE	29
3. METODOLOGIA.....	31
3.1. METODOLOGIA PARA REVISÃO DA LITERATURA	31
3.2. REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE LOGÍSTICA INTELIGENTE, IoT E RFID	
33	
3.3. ABORDAGEM DE LOGÍSTICA INTELIGENTE, Iot e RFID.....	37
3.4. ABORDAGEM DE LOGÍSTICA INTELIGENTE, Iot e RFID COMO FOCO EM	
RASTREAMENTO	39
3.4.1. Abordagem de logística inteligente, IOT e RFID como foco em armazenagem	
44	
3.5. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO	44
3.6. FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO	52
4. RESULTADOS	55
5. DISCUSSÕES	63
6. CONCLUSÕES	66
6.1. CONTRIBUIÇÕES.....	66
6.2. PESQUISAS FUTURAS	67
REFERÊNCIAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

O setor de vestuário desempenha um papel relevante na economia mundial. O mercado de vestuário é um dos mercados com maior atividade econômica nacional, expandindo exponencialmente no decorrer dos últimos anos. Um dos principais fatores desta evolução é o avanço constante da tecnologia, digitalizando e automatizando os processos de produção e de comercialização neste mercado (ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO,).

No primeiro trimestre de 2022, o setor de vestuário no Brasil faturou R\$ 134 milhões em e-commerce. Com 1,57 bilhão de acessos entre março de 2021 e março de 2022, o setor representa 16,7% dos empregos no país, segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e da Confecção (ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO).

Apesar do impacto da pandemia, segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil, o varejo de moda é o segundo maior empregador da indústria de transformação, atrás apenas da indústria de alimentos e bebidas. A indústria de moda e vestuário possui extensas cadeias produtivas com muitos fornecedores externos e relacionamentos intraorganizacionais (ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO). Nesse contexto, a logística desempenha um papel importante nas operações (APLICATIVO INTELIGENTE PARA RESERVAR CONTÊINERES | ABRALOG).

A tecnologia que está revolucionando o setor de vestuário é a Indústria 4.0 ((I4.0), um conceito que se refere à integração entre internet e fábrica, criando um espaço ciber-físico, onde o sistema interliga as máquinas de uma forma similar a uma organização social. A logística 4.0 é uma consequência da Indústria 4.0, que se baseia na aplicação de novos recursos tecnológicos para permitir que todos os processos – desde a chegada de matéria-prima até a distribuição do produto ao consumidor final – estejam sempre conectados e atuando de maneira estratégica para otimizar os resultados da empresa.

A aplicação da I4.0 e da logística 4.0 no setor de vestuário traz desafios e oportunidades para as empresas e para a sociedade. Por um lado, esses conceitos possibilitam uma maior harmonia entre as etapas de fabricação e entrega, originando um fluxo mais rápido e verde de recursos e produtos. Por outro lado, esses conceitos

exigem uma gestão eficaz da cadeia de suprimentos de circuito fechado, que combina a cadeia de suprimentos de fluxo direto com a logística reversa, considerando, portanto, o produto depois de ter servido à sua finalidade original, mantendo e recuperando o valor de produtos não utilizados, ajudando a criar o mínimo de desperdício possível (DELPLA; HOF; KENNÉ, 2020).

Atividades como planejar, implementar e controlar o fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, devem ser gerenciadas de forma eficaz para recuperar valor ou descarte adequado (DE FREITAS JÚNIOR; BARROSO, 2017). Consequentemente, o processo de recuperação complica as atividades de planejamento de estoque. Os desafios do sistema são introduzidos devido às incertezas associadas aos retornos, que incluem seu momento, quantidade e qualidade (AKÇCAL; ÇETINKAYA, 2011). Além disso, a proporção de segmentos de mercado de produtos remanufaturados e novos delinea outra complexidade de uma indústria envolvida na reutilização de produtos remanufaturados (SCHRAMM; CABRAL; SCHRAMM, 2020). Em vista disso, os recursos de uma empresa desempenham um papel muito significativo.

O compartilhamento de informações é uma das potencialidades de recursos contemporâneos na estrutura das cadeias de suprimentos sustentáveis, e os princípios da I4.0 podem ser o veículo prospectivo para melhorar o desempenho de todo o sistema (DUBEY et al., 2022).

Segundo Freitas, Fraga e Souza (2016), um sistema de informação em tempo real é sincronizado com os sistemas das empresas em vários escalões de uma cadeia de suprimentos, permitindo que investimentos em produtos sejam feitos com base na demanda e na quantidade de produtos em estoque. Dessa forma, a I4.0 e a logística 4.0 promovem uma melhor conexão entre as fases de produção e distribuição, originando um fluxo mais rápido e verde de recursos e produtos. Os profissionais que atuam nesses processos devem compreender como aplicar a tecnologia para originar um ciclo inteligente de inovação e valor. (DUBEY et al., 2022).

Portanto, nesta pesquisa, percebeu-se que há uma carência de estudos que mostrem o desenvolvimento de sensores baseados em Internet das Coisas (em inglês, *Internet of Things – IoT*) e os ganhos pós-implantação no setor de vestuário, especialmente

no que se refere à gestão da cadeia de suprimentos de circuito fechado, , levando à definição do problema de pesquisa.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

A implementação da logística nas empresas enfrenta uma barreira relacionada à falta de conhecimento sobre as ferramentas tecnológicas que podem trazer benefícios financeiros e operacionais (ARSHAD et al., 2017). Nesse sentido, a IoT surge como uma solução inovadora para diversos setores, mas também apresenta desafios e custos.

No setor de transporte de bagagens. Wong e Wong (2016) apontam que algumas das questões futuras sobre o uso de IoT envolvem o desenvolvimento de uma etiqueta de bagagem reutilizável com o uso de IoT, incluindo a identificação por rádio frequência (em inglês, *Radio Frequency Identification – RFID*), um sistema de gerenciamento de dados e um aplicativo móvel para a cooperação entre as partes interessadas. Além disso, os autores destacam a necessidade de superar a resistência à mudança dos trabalhadores da linha de frente e os custos de implantação.

No contexto das futuras cidades inteligentes, Catarinucci et al. (2020) descrevem um sistema baseado em IoT para a coleta seletiva de resíduos porta-a-porta, que inclui uma etiqueta com sensor RFID e um software na nuvem para gerenciar os dados coletados. O sistema se destaca pelo desempenho ideal em termos de sensibilidade na detecção da lixeira, confiabilidade na detecção do peso, manutenção zero e durabilidade .

Kim (2017) propõe uma plataforma para o processamento de big data na logística baseada em IoT, que utiliza RFID e redes de sensores. No entanto, o autor reconhece que o custo é o fator de maior impacto para a viabilidade da plataforma.

No contexto de edifícios inteligentes, Moreno et al. (MORENO; ZAMORA; SKARMETA, 2016)(2016) propõem uma solução de baixo custo e não intrusiva para o problema de localização interna, visando a eficiência energética. ao solução consiste em um método de regressão implementado por redes de função de base radial, que utilizam os valores disponíveis em um leitor RFID.

Na indústria da moda, Denuwara et al. (2019) identificaram que o RFID melhora a gestão de estoque, integra a moda como modelo de negócios, melhora a eficiência das operações e aumenta a capacidade de resposta do ciclo da moda.

Apesar do foco no RFID, há problemas como a viabilidade financeira do processo de implementação de novas tecnologias na era da I4.0 (PARDINI et al., 2018). Nesse sentido, Dossou (2019) propõe um modelo de logística reversa usando simulação extensiva como plataforma, e demonstram que o custo de instalação de novos fornecedores de materiais influencia o desempenho econômico.

Ashraf e Kader (2019) descrevem que as tecnologias verdes desempenham um papel importante ao permitir a IoT com eficiência energética. Essa visão considera que as aplicações de IoT abrangem os desenvolvimentos das empresas, mas requerem um alto investimento.

BAG et al. (2020) analisam o desenvolvimento sustentável e a logística reversa, que dependem da reciclagem de produtos, e afirmam que isso pode melhorar a taxa de reciclagem/recuperação dos produtos .

Kim; Chang e Park defendem que o RFID no ambiente IoT visa resolver os problemas de falta de informações, reunindo dados em tempo real dentro do ciclo de vida do produto e da cadeia de suprimentos. No entanto, os autores ressaltam que a análise custo-benefício deve preceder a implementação do sistema (KIM; CHANG; PARK, 2017).

Zhou e Piramuthu (2013) afirmam que o RFID no gerenciamento de cadeia de suprimentos de circuito fechado traz benefícios em diversas áreas, como a melhoria da qualidade de fabricação e a redução de desperdícios, mas isso tem um custo de implementação de alta tecnologia.. Henao-Hernández et al. (2019) também destacam a função de referência do RFID para controlar o ciclo de vida e melhorar a eficiência do processamento de reciclagem de resíduos, mas apontam algumas desvantagens, como a integração da cadeia de suprimentos e o compartilhamento de informações de negócios .

Além do RFID, outras práticas e tecnologias como IoT e Big Data *Analytics* são facilitadoras para a implementação da sustentabilidade e dos conceitos da I4.0, conforme evidenciam Scavarda et al. (2019), Reis et al. (2021) e Huang et al. (2020). Essas práticas estão aumentando e têm impacto positivo nos níveis estratégicos e

operacionais, mas também exigem uma maior consciência dos paradigmas de interação homem-máquina e um investimento significativo.

Entretanto, a IoT pode enfrentar alguns obstáculos, como a distância, os edifícios interpostos e as áreas de vegetação, que impactam na qualidade do sinal percebido (GATTUSO; CASSONE; PELLICANÒ, 2014). Além disso, devem ser consideradas questões de legislação e custo de implementação da IoT verde, que é uma ótima opção para reduzir o lixo eletrônico e controlar todos os tipos de poluição no planeta (ARSHAD et al., 2017; SHARMA; PANWAR, 2020).

Assim, priorizar o “reduzir” ao invés de “reutilizar, reciclar e recuperar” é fundamental, pois ajuda a prevenir diversas complicações. O uso da tecnologia da I4.0 é crucial para a gestão de dados e, ainda hoje, devido à falta de estudos e aos custos relacionados, esta tecnologia ainda é pouco utilizada (DEMESTICHAS; DASKALAKIS, 2020; THÜRER et al., 2019).

Portanto, a análise dos temas IoT e RFID nas áreas de engenharia industrial, pesquisa operacional e ciência de dados revela as perspectivas sobre a utilização atual de metodologias de pesquisa e as tecnologias subjacentes, bem como os benefícios percebidos e as barreiras enfrentadas (IVANOV et al., 2021).

CPs, Big Data Analytics e IoT representam valores substanciais nas cadeias de abastecimento, segundo pesquisas relacionadas ao termo *Procurement 4.0*, que incluem a melhoria das operações de gestão de compras nas cadeias de suprimentos (JAHANI et al., 2021; KANOJIA; VISVANATHAN, 2021).

Estudos que demonstram os impactos financeiros diretos e indiretos da implantação de IoT e RFID nas operações da cadeia de abastecimento, nas operações de transporte e nas operações de produção (LUO; CHOI, 2021; MIEDES-UGARTE; FLORES-RUIZ; WANNER, 2020).

Ahmed et al. (2021) e Williams et al. (2020) reportam a importância e as dificuldades de equilibrar o uso energético do sistema, para alcançar a sustentabilidade através da tecnologia I4.0, levando em consideração os custos, dimensionamento adequado e seleção de componentes.

A síntese dos resultados mostra que as tecnologias de IoT e RFID trazem benefícios para a logística, como a melhoria da eficiência, da qualidade, da capacidade de resposta, da gestão de compras, da reciclagem de resíduos e da redução de desperdícios. No entanto, essas tecnologias também apresentam desafios, como a

resistência à mudança, a integração da cadeia de suprimentos, o compartilhamento de informações, a legislação, o custo de implantação e o uso energético. Além disso, há lacunas na literatura sobre o desenvolvimento de equipamentos baseados em IoT, os benefícios pós-implantação, e, mais especificamente, sobre sua aplicação no reuso de pinos e alarmes. Diante disto, foi definida a Pergunta de Pesquisa.

1.2. PERGUNTA DE PESQUISA

Esta pesquisa conduz e agrupa ideias que demonstram a lacuna de pesquisa de que há necessidade de mais estudos que demostrem sistemas logísticos automatizados baseados em RFID e IoT, bem como sua viabilidade financeira. Dessa análise, emerge a seguinte questão de pesquisa:

Qual é o ganho de eficiência proporcionado pelo uso RFID e IoT no reuso de pinos e alarmes?

1.3. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a eficiência de um equipamento de coleta inteligente baseado em RFID e IoT que otimiza os recursos de coleta de pinos e alarmes em lojas de varejo de moda.

O objetivo geral foi dividido em três objetivos específicos.

1.3.1. Objetivos específicos

1. Desenvolver e propor um equipamento de coleta de pinos e alarmes com base nos sistemas estudados.
2. Analisar o uso do equipamento em uma loja de varejo.
3. Avaliar as vantagens obtidas ao implantar o equipamento.

1.3.2. Delimitação do estudo

A cadeia logística do varejo de moda deste estudo é complexa, abrangendo diversos processos e etapas distintas, desde o recebimento, processamento e armazenamento de mercadorias, distribuição para filiais e retorno dos insumos (cabides, pinos e alarmes de segurança).

Assim, esta pesquisa se concentra no retorno dos insumos e no desenvolvimento de um sistema e equipamento que, por meio de tecnologia da I4.0, torne os processos e sistemas de retorno de pinos e alarmes de segurança mais eficientes dentro da empresa de varejo de moda. Outros processos de logística reversa de cabides e alarmes estão fora do escopo da pesquisa.

1.4. JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

O setor de moda desempenha um papel significativo na economia nacional, representando cerca de 10,3% do comércio total, o que, por sua vez, contribui com 12,9% para o PIB do país. O comércio varejista, abrange 43% das operações de vendas totais, sendo o setor de vestuário e calçados responsável por 17,7% da força de trabalho do setor (PESQUISA ANUAL DE COMÉRCIO | IBGE,).

Apesar da importância do varejo de moda na economia nacional, o ambiente de moda não é diferente das empresas de manufatura em relação ao alto investimento. Observando-se o faturamento de uma determinada empresa de varejo de moda nacional (nomeada como CCC para fins deste estudo) em 2022, que foi de aproximadamente 36,10 bilhões de reais, é possível perceber que o volume de insumos que retornam por meio da logística chegam ao patamar de 45,5 milhão de peças/ano.

Na CCC observa-se um intrincado fluxo logístico que abrange desde a saída dos produtos até o retorno dos insumos às lojas. Os insumos essenciais incluem conjuntos de etiquetas magnéticas (pinos e alarmes) e cabides para exibição das roupas. O movimento desses insumos representa um volume de aproximadamente de 22,7 milhão de cabides e conjuntos de etiquetas magnéticas (pinos e alarmes) ao ano. Isto

significa aproximadamente 474.788 conjuntos de etiquetas magnéticas e cabides por semana, ao longo de 52 semanas no ano.

Apesar dos números expressivos, a literatura carece de trabalhos focados no retorno de insumos e etiquetas magnéticas utilizando tecnologias emergentes como RFID e IoT, os trabalhos relacionados a essas ferramentas geralmente estão vinculados a protocolos de TI e à área da saúde (KHUMAIDI et al., 2020). Esta lacuna ressalta a oportunidade de inovação na gestão logística do setor de moda.

Os processos de rastreamento por meio de IoT e RFID são discutidos em 14 documentos de criptografia aplicada a computadores e comunicações, abordando temas como a base de classificação de dispositivos IoT, detecção semi-supervisionada de ataques de injeção de dados falsos em *smart grid*, assinatura *quantum-safe* de mensagens de notificação, *white-box gateway system*, e esquema de geração de token de verificação em ambiente de comunicação de IoT baseado em chave simétrica (MOHAMMAD et al., 2022).

RFID representam um novo paradigma de detecção e comunicação, sendo aplicados em vários campos, incluindo manufatura, logística, saúde, agricultura e produção de alimentos (CUI et al., 2019). (CUI et al., 2019).

A fábrica inteligente, um componente crítico da I4.0, utiliza a tecnologia IoT para visualizar a produção em tempo real, empregando dispositivos RFID para converter recursos em objetos inteligentes. Um sistema baseado em nuvem permite que os usuários definam a lógica de produção, reduzam custos e desenvolvam serviços personalizados (ZHONG et al., 2017).

O rastreamento de objetos, um problema fundamental no gerenciamento da cadeia de suprimentos, tem visto inovações recentes eliminarem dificuldades tradicionais, como manuseio manual e gerenciamento de dados. A implementação de RFID melhora a visibilidade do objeto e fornece soluções anti-falsificação. Anandhi, Anitha e Sureshkumar (2019) propõem uma arquitetura para um sistema de rastreamento de objetos online, utilizando um protocolo de login de ponta a ponta e lógica GNY.

A pandemia da COVID-19 mudou o modo de vida das pessoas, levando a estratégias multiníveis para minimizar perdas de vidas. Em sua pesquisa, Bianco et al. (2022) destacam como os sistemas RFID de última geração podem ser empregados para enfrentar futuras pandemias focando no uso de EPI, controle de acesso, distanciamento social e detecção precoce de sintomas.

Le et al. (2023) propõem um protótipo de tubo de amostra e uma caixa inteligente de transporte de amostras usando RFID e tecnologia de banda estreita – IoT para uso no Departamento de Medicina Laboratorial do King Chulalongkorn Memorial Hospital. O sistema proposto substitui o sistema existente, baseado na tecnologia de código de barras, por uma etiqueta RFID-passiva, reduzindo erros e melhorando a eficiência., conforme resultados experimentais.

Além disso, um sistema de rastreamento de vacinas COVID-19 foi desenvolvido para garantir a segurança dos pacientes, permitindo maior controle da temperatura de transporte das vacinas (SINGKARIN et al., 2021).

Após análises detalhadas, observou-se que os artigos encontrados na literatura não abordam o tema da pesquisa de logística inteligente de alarmes e pinos por meio do IoT. Essa lacuna destaca a relevância do presente trabalho para o setor de moda, que representou 12,9% do PIB nacional em 2021..

Este estudo visa contribuir diretamente ao setor de moda, utilizando um sistema e um equipamento de coleta baseado em IoT para avançar na tratativa de dados, tornando eficientes as operações de retorno de produtos em geral..

1.5. ESTRUTURA DA TESE

No Capítulo 2, são expostos os fundamentos teóricos relacionados às tecnologias IoT e RFID e logística inteligente. O Capítulo 3 detalha os métodos e materiais empregados na pesquisa. Os resultados são apresentados e discutidos no Capítulo 4, enquanto o Capítulo 5 aborda as conclusões derivadas desses resultados. O Capítulo 6, por sua vez, apresenta não apenas as conclusões finais, mas também propostas para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos anos, a I4.0 tem sido amplamente discutida, tornando-se o estado da arte nas indústrias globais, especialmente na configuração da fabricação moderna. A percepção da I4.0 se baseia na integração das tecnologias de informação e comunicação com a tecnologia industrial, dependendo principalmente da construção de um CPS para reconhecer uma fábrica digital e inteligente, promovendo uma abordagem mais digital, orientada por informações e verde (SACOMANO et al., 2018). Quatro princípios de design foram identificados para orientar as empresas ao implementar soluções da I4.0: IoT, CPS, Internet de Serviços e Fábricas Inteligentes. A (IoT) desempenha um papel fundamental como facilitador primário que viabiliza a interação entre 'Coisas' e 'Objetos', tais como a RFID, que utiliza sensores e atuadores interagindo entre si por meio de esquemas de endereçamento exclusivos (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

A integração do mundo físico e virtual é um componente significativo da I4.0, possibilitada pelo CPS, em que os processos físicos são controlados por computadores e redes embarcados através de um loop de feedback. Por exemplo, no CPS de terceira geração, os sensores monitoram a quantidade de peças dentro de uma caixa para o gerenciamento de estoque (SACOMANO et al., 2018).

Quando a quantidade de estoque atinge seu ponto de reabastecimento, o sistema automaticamente aciona um pedido via RFID, integrado em um ambiente de fabricação baseado em nuvem. Essa abordagem eficiente possibilita o gerenciamento de estoque em tempo real. Em conjunto, a Internet de Serviços desempenha um papel crucial ao viabilizar a distribuição das atividades ao longo da cadeia de valor por meio da Internet. Essa integração representa um passo significativo rumo à fábrica inteligente constitui o próximo componente chave da I4.0 (SINGH; ROY, 2020).

As fábricas inteligentes realizam sua tarefa trabalhando em segundo plano com base nas informações coletadas do mundo físico e virtual. No mundo físico, são monitorados aspectos como a posição do estoque nos depósitos. Simultaneamente, no mundo virtual, modelos de simulação são empregados para comparar a produção real com dados de entrada variados, possibilitando uma avaliação preditiva em um contexto de análise de big data (SINGH; KUMAR; GUPTA, 2021).

No entanto, o alto capital envolvido na implementação dos princípios das tecnologias da I4.0 limita sua adoção por empresas manufatureiras. Nesse contexto, características economicamente viáveis de uma indústria manufatureira devem ser observadas para compensar o impacto negativo do alto capital na adoção de componentes da I4.0 (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016).

Dentre as tecnologias habilitadoras da I4.0, destaca-se a IoT como um catalisador para melhorias nos processos produtivos, fornecendo dados cruciais para a tomada de decisões (MORAGA et al., 2019).

O termo IoT foi introduzido pela primeira vez pelo empresário britânico Kevin Ashton em 1999, enquanto trabalhava em uma rede global de objetos conectados por RFID. A IoT evoluiu rapidamente para conectar uma ampla gama de objetos via Internet por meio de eletrônicos, software, sensores e dispositivos de rede. Essa expansão inclui sistemas não físicos, como serviços ou elementos sociais, sendo a IoT também referida como Internet das Coisas e Serviços (ČOLAKOVIĆ; HADŽIALIĆ, 2018).

A IoT fornece uma solução integral, conectando todos os elementos de um sistema de fabricação.. Isso não apenas melhora a eficiência de coleta de dados, mas também eleva significativamente a qualidade dos dados. Além disso, a IoT possibilita o controle de rede e o gerenciamento de equipamentos de fabricação, ativos e informações fluxo (MAR-ORTIZ; CASTILLO-GARCÍA; GRACIA, 2020).

Nesse contexto, as principais empresas de TI têm adotado sistemas de fabricação inteligente. .A Cisco, por exemplo, fornece produtos e serviços como conectividade de rede, *fog computing*, segurança, análise de dados, e automação (HEILIG; LALLA-RUIZ; VOSS, 2017).

2.1. IoT

O cientista e matemático Alan Turing defendeu a possibilidade da existência de uma inteligência artificial em 1950. Para ele, as máquinas poderiam competir com os seres humanos em todos os campos puramente intelectuais. Sua proposta era fornecer à máquina os melhores órgãos sensoriais que o dinheiro pode comprar e, em seguida, ensiná-la a entender e falar em inglês.

Esse método, semelhante ao ensino de uma criança, converge com a ideia de uma realidade em que objetos (coisas) seriam capacitados com identidades e personalidades virtuais.

De acordo com (JINPING, 2013), essas “coisas” operam em espaços inteligentes e usam interfaces inteligentes para se conectarem e comunicarem dentro de contextos sociais, ambientais e de usuários. Essas coisas são consideradas objetos interconectados com papéis ativos na internet do futuro. Semelhantemente, a expressão “Internet das Coisas” é composta por duas palavras e conceitos: “Internet” se refere ao protocolo de comunicação, e “Coisas” representa objetos não identificáveis com precisão. Conforme os autores, a “Internet das Coisas” implica em uma rede global de objetos interligados, fundamentada em protocolos de comunicação. Em definição mais abstrata, (ZHANG et al., 2022) enxerga a IoT como um mundo saturado com tantos dispositivos digitais que o espaço entre eles não consiste em circuitos obscuros, mas sim no próprio espaço da cidade.

O fluxo de dados neste contexto descreve a transformação de dados em um objeto inteligente para os consumidores finais. Por exemplo, sensores em máquinas coletam dados sobre o ambiente(smartphones, roteadores, beacons, wearables, termômetros e afins). Esses dados são transportados para um Centro de dados (Cloud), onde são armazenados e analisados por meio de computação em nuvem. As aplicações controlam os dados analisados e fornecem serviços ao usuário final que, por fim, compartilha informações úteis com serviços e outras pessoas (ZHANG et al., 2022). (ZHANG et al., 2022) destaca as distinções em IoT entre serviços e produtos voltados para aplicações industriais (Internet das Coisas Industriais) e consumidores (Internet das Coisas do Consumidor).

O foco da CoT está em experiências centradas no cliente-usuário, dependendo de fatores instituídos durante o design dos serviços e produtos. A complexidade do design da experiência do usuário para IoT depende do nível de maturidade da tecnologia, do contexto de uso e/ou das expectativas dos usuários com o sistema, e da complexidade do serviço (ZHAO; SHI, 2012).

A Internet das Coisas (IoT) conecta dispositivos físicos com capacidades de detecção e comunicação por meio de sensores e atuadores. conectando *endpoints* físicos por meio de endereços IP exclusivos, permitindo que os dados sejam conectados e comunicados. Embora envolva apenas objetos inteligentes com capacidades

sensoriais, torna-se uma Internet de Pessoas por meio de aplicações de consumo (YUSIANTO et al., 2020).

2.2. RFID

A tecnologia RFID utiliza ondas eletromagnéticas de rádio frequência para comunicar dados de identificação de diversos elementos, tais como produtos, componentes, caixas, pallets, containers, veículos, pessoas, ativos, máquinas e serviços. A Figura 1 ilustra o funcionamento dos sistemas RFID. Especificações mais detalhadas sobre esta tecnologia podem ser obtidas em (PLASILOVA; PROCHAZKA, 2022).

Figura 1 - Funcionamento de sistemas RFID



Fonte: Adaptado de Prater, Frazier e Reyes. (2005).

Conforme a Figura 1, as informações sobre a identificação de objeto, incluindo dados potenciais monitorados por sensores, tais como temperatura, pressão etc., são gravadas nas etiquetas RFID (1). Essas etiquetas são anexadas a itens, como caixas, pallets, containers, veículos, pessoas, ativos ou máquinas que se movimentam ou estão dispostos ao longo da cadeia de suprimentos (PRATER; FRAZIER; REYES, 2005).

As informações contidas nas etiquetas são tratadas por um conjunto de sensores que incluem antenas (2) e leitores (3) por meio de rádio frequência. Os sensores são distribuídos em diferentes estágios e posições na cadeia de suprimentos, tais como

docas de recebimento, docas de expedição e pontos de controle em centros de distribuição e armazéns; pontos de controle em processos de fabricação e linhas de montagem; pontos de controle em rodovias, ferrovias, portarias, operações de pesagem, etc. (PRATER; FRAZIER; REYES, 2005).

A combinação de informações relacionadas a identificações, itens, localidades e mensurações ao longo do tempo gera um nível de complexidade de informações que requer gerenciamento específico (PRATER; FRAZIER; REYES, 2005).

O gerenciamento do grande volume de informações distribuídas ao longo da cadeia de suprimentos é realizado por meio de um conjunto de sistemas conhecido como *RFID middleware* (4). Esse componente gerencia o fluxo de informações entre os diferentes componentes de hardware de *RFID*, identifica os eventos associados a essas informações (por exemplo, um pallet que passou por uma doca de recebimento pode disparar uma atividade de atualização de estoques) e realiza a integração com os sistemas gerenciais da empresa (5) (PRATER; FRAZIER; REYES, 2005).

Esse fluxo de informações é bidirecional, ocorrendo dos sistemas gerenciais para as etiquetas (fluxo de gravação) e destas para os sistemas gerenciais (fluxo de leitura); possibilitando uma integração entre as informações eletrônicas e os sistemas gerenciais. Esse conjunto de sistemas possibilita a gestão do fluxo de informações dos objetos distribuídos ao longo da cadeia de suprimentos, o gerenciamento dos eventos relacionados a esses objetos e a atualização das informações relevantes nos sistemas gerenciais (PRATER; FRAZIER; REYES, 2005).

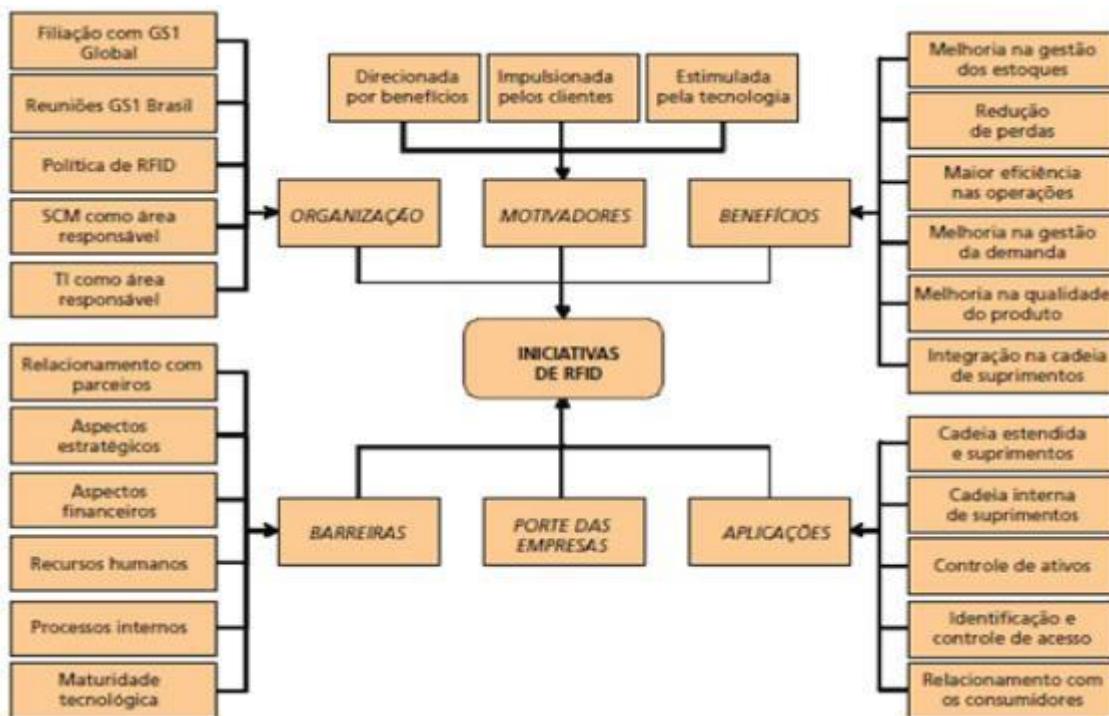
Sistemas *RFID* podem ser utilizados para apoiar vários processos de negócios dentro das empresas. Como exemplo, a tecnologia *RFID* pode reduzir algumas lacunas de informação na cadeia de suprimentos, especialmente no varejo e na logística. Adicionalmente, o *RFID* pode oferecer maior liberdade aos processos de negócios e proporcionar visibilidade em tempo real às cadeias de suprimentos. Além do mais, a adoção de *RFID* na gestão da cadeia de suprimentos pode auxiliar no monitoramento e rastreabilidade de itens, no controle de processos e na gestão dos estoques. Especificamente em logística, McFarlane e Sheffi (2003) citam aplicações nos processos inter e intra empresas, tais como expedição, transporte e recebimento . Kärkkäinen (2003) pesquisou a aplicação de *RFID* para monitoramento de itens perecíveis na cadeia varejista e concluiu que a utilização de *RFID* em containers

recicláveis pode trazer benefícios operacionais e amortizar rapidamente os investimentos.

Também existem potenciais aplicações de RFID em outros processos, como identificação de animais, gestão de ativos, marketing ao consumidor e serviços pós-venda (PFEIFFER; ADINEH; UCKELMANN, 2022).

A análise de aplicações RFID em cinco processos de negócios permite identificar utilizações em operações internas, cadeia estendida de suprimentos, gestão de ativos, identificação e controle de acesso, e relacionamento com os consumidores, conforme ilustrado na Figura 2 (CURTIN; KAUFFMAN; RIGGINS, 2007).

Figura 2 -Modelo de Referência para Análises das iniciativas de RFID



Fonte: Adaptado de Curtin, Kauffman e Riggins (2007).

A implantação de soluções baseadas em RFID pode proporcionar benefícios estratégicos, táticos ou operacionais às empresas. Conforme mencionado anteriormente, algumas organizações – entre as quais se destacam o Departamento de Defesa Americano, Wal-Mart, Target, Best Buy e Albertsons - adotaram a política de mandatos de RFID (MOHAMED et al., 2020). Nesse caso, a aderência aos mandatos pode ser considerada como um fator competitivo qualificador para os fornecedores dessas organizações. Assim, os fornecedores destas organizações devem possuir um conjunto mínimo de competências tecnológicas e organizacionais,

tais como a competência para entregar produtos com RFID em pallets ou caixas, e apresentar um desempenho adequado visando atender os requisitos dos mandatos, como prover uma confiabilidade de leitura superior a 99%, (ANGGOROJATI et al., 2013).

As instalações RFID podem ser tratadas no nível tático, monitorando os níveis de estoques em uma cadeia de suprimentos, proporcionando visibilidade às empresas. Isso pode trazer um conjunto importante de benefícios, como maior precisão sobre os níveis de estoques e maior transparência na informação sobre a demanda real na cadeia de suprimentos (ANGGOROJATI et al., 2013).

Em última instância, esses fatores podem contribuir para uma maior eficiência nas operações das empresas, além de melhorias na confiabilidade de entrega, velocidade de atendimento e disponibilidade dos produtos (ANGGOROJATI et al., 2013).

Certas instalações RFID podem ser implementadas para melhorias operacionais e identificação de ativos importantes, como por exemplo válvulas de segurança. Isto contribui para aumentar a segurança das empresas, bem como a eficiência dos seus processos de manutenção (ANGGOROJATI et al., 2013).

Shivam e Gupta (2021) destacam vários benefícios associados às iniciativas de RFID que dependem do tipo de aplicação e do segmento de indústria., RFID é uma tecnologia promissora para monitorar produtos ao longo da cadeia de suprimentos, podendo proporcionar um grau de visibilidade sem precedente aos seus participantes. Essa visibilidade pode reduzir custos de mão-de-obra, melhorar na coordenação na cadeia de suprimentos, reduzir estoques e aumentar a disponibilidade de produtos (PFEIFFER; ADINEH; UCKELMANN, 2022).

A McKinsey (XIAOYONG, 2013) considera que o uso de RFID no varejo pode oferecer inúmeros benefícios, incluindo o aumento no faturamento por meio de menores rupturas nas gôndolas e melhor planejamento de promoções, redução de custos logísticos e das perdas, e menor custo de operação de loja.

As empresas do ramo varejista estimam poder melhorar as suas ^{TM®}margens operacionais entre 22% e 74% com base na implantação de RFID, a adoção de RFID pode contribuir para aumentar a concentração no setor de varejo, além de poder causar um alto impacto nas operações de loja e na experiência de compra por parte dos consumidores (JONES et al., 2005).

2.3. LOGÍSTICA INTELIGENTE

De acordo com Zhang, Zhang e Lv (2020), a logística inteligente é caracterizada por elementos distintivos. Ela engloba tanto o Serviço Inteligente quanto os Produtos Inteligentes, derivando-se de uma abordagem orientada para a tecnologia. Além disso, libera os seres humanos de atividades de controle que podem ser delegadas, operando de forma discreta e tranquila, o que a qualifica como transparente. A logística inteligente está intrinsecamente conectada, comunicando-se e, potencialmente, interagindo com o ambiente ao seu redor. Ela atua como uma facilitadora do processamento de dados de última geração, podendo incluir, mas não requerer, agentes de software. Por fim, é responsável por integrar tecnologias logísticas existentes, como sistemas de manuseio de materiais, capacitando-as a reagir e agir de maneira inteligente correspondente.

Utilizando técnicas e equipamentos de transporte/armazenagem, é possível integrar e processar dados de maneira eficiente, equipando máquinas e dispositivos com etiquetas RFID, baseando-se nos critérios de IoT com o objetivo de estabelecer uma logística inteligente (CARVALHO DE GOIS et al., 2023).

Nos operadores logísticos, observa-se a presença de diversos riscos nos processos de transporte e armazenagem, os quais podem ser mitigados por meio da implementação de logística inteligente, resultando em maior eficiência. Essa otimização é viabilizada por m etiquetas RFID e IoT, possibilitando decisões mais rápidas com base nos dados coletados (NAGY et al., 2018).

A logística inteligente é caracterizada por sistemas de hardware e software da IoT, análises de aplicações com IoT que abordam seus problemas, bem como aplicações promissoras por meia tecnologia da IoT, causando um impacto significativo em diversos setores (YU; BAI, 2013).

A moderna guerra de logística inteligente demanda uma operação integrada que requer assistência conjunta, utilizando tecnologias como RFID e IoT, para um sistema de controle e visualização de apoio logístico, desenvolvido para melhorar a eficiência do suporte logístico (ZHANG et al., 2012).

A logística inteligente, em conjunto com a IoT, contribui na disseminação de informações globais, utilizando dispositivos de identificação, sensores infravermelhos, sistemas de posicionamento global e outras tecnologias. Essas aplicações abrangem

diversos setores, incluindo casas inteligentes, logística inteligente, agricultura de precisão, pecuária, defesa nacional e militar (AL-WESABI et al., 2021).

Desempenhando um papel crucial na rápida industrialização e desenvolvimento econômico, a logística inteligente possibilita serviços de baixo custo e promove a transparência na cadeia de suprimentos, envolvendo comunicação em tempo real e streaming de objetos por meio de dispositivos IoT e sistemas RFID orientados para 5G (ALZAHHRANI; IRSHAD, 2023).

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a técnica de coleta de dados e o método de pesquisa utilizados para a realização deste estudo que tem por objetivo responder à questão de pesquisa através de revisão da literatura e da proposta de um sistema de coleta baseado em IoT operacional..

3.1. METODOLOGIA PARA REVISÃO DA LITERATURA

O protocolo de revisão sistemática da literatura utilizado nesta pesquisa é caracterizado pela sua natureza científica e replicável, como proposto por Tranfield, Denyer e Smart (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Para assegurar a objetividade dos dados e mitigar possíveis vieses e erros do pesquisador, foram empregados filtros, relatórios preferencias e meta-análises sistêmicas através da utilização do PRISMA, o qual incorpora critérios específicos para a inclusão e exclusão de artigos, conforme preconizado por Moher et al. (MOHER et al., 2016).

A primeira etapa da revisão sistemática da literatura iniciou-se com a definição do protocolo de pesquisa, contemplando a questão de pesquisa, critérios de seleção, estratégias de busca e, por fim, análise dos artigos selecionados. A questão de pesquisa que norteou o estudo foi: “Qual é o ganho de eficiência proporcionado pelo uso de *RFID* e *IoT* no reuso de pinos e alarmes?”

A segunda etapa consistiu na definição dos procedimentos e termos de busca. Para construir os termos de busca, foram selecionadas palavras-chaves relacionadas a IoT, RFID, economia circular e pinos e alarmes. Essas palavras-chave foram escolhidas por sua relevância para o tema abordado neste trabalho, resultando na criação de grupos específicos de palavras, conforme listado na Tabela 1.

Na etapa de coleta dos artigos, foi realizada uma varredura nas bases de dados Scopus e *Web of Science*, escolhidas pela sua abrangência técnica e científica. As buscas foram conduzidas no período de 03 de agosto de 2021 a 31 de julho de 2023. Este processo assegura uma ampla cobertura temporal e a inclusão de estudos relevantes para a pesquisa.

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas para o protocolo de busca

Protocolo	Palavras-chave (inglês / português)
P1	<i>Radio Frequency Identification / Identificação por rádio frequência</i>
P2	<i>Circular Economy / Economia Circular</i>
P3	<i>Logistics / Logística</i>
P4	<i>Internet of Things / Internet das Coisas</i>

Fonte: Próprio autor.

Após a definição das palavras-chave, foram estabelecidas as *strings* de busca, que estão listadas na Tabela 2. As *strings* de busca foram construídas com base nas palavras-chave definidas na Tabela 1, adaptadas para abordar os tópicos específicos de interesse na pesquisa.

Tabela 2 - Strings de busca

Grupos	Strings de Busca (inglês / português)
P1 and P2 and P4	<i>Radio Frequency Identification / Identificação por rádio frequência + Circular Economy / Economia Circular + Internet of Things / Internet das Coisas</i>
P1 and P3 and P4	<i>Radio Frequency Identification / Identificação por rádio frequência + Logistics / Logística + Internet of Things / Internet das Coisas</i>

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 3 lista os critérios utilizados para inclusão e exclusão de publicações após identificação inicial de publicações.

Tabela 3 - Critérios de inclusão e exclusão

Classificação	Critério
Inclusão	I1 Publicações em periódicos revisados por pares
	I2 Publicações em inglês
Exclusão	E1 Publicações não disponíveis para revisão completa
	E2 Não abordavam simultaneamente os temas do critério de seleção

Fonte: Próprio autor.

Após a busca inicial, foram identificados 266 artigos. No processo de triagem, os critérios de exclusão foram aplicados para identificar quais artigos abordavam simultaneamente os temas de interesse conforme os critérios de seleção:

- a) O artigo discute simultaneamente as tecnologias IoT e RFID?
- b) O artigo aborda questões relacionadas à economia circular ou logística?

- c) O artigo aborda aspectos da logística inteligente, como armazenagem ou rastreamento de produtos?

A **Error! Reference source not found.** apresenta o método PRISMA e os resultados obtidos nesta pesquisa.

Tabela 4 - Revisão da Literatura - Método Prisma

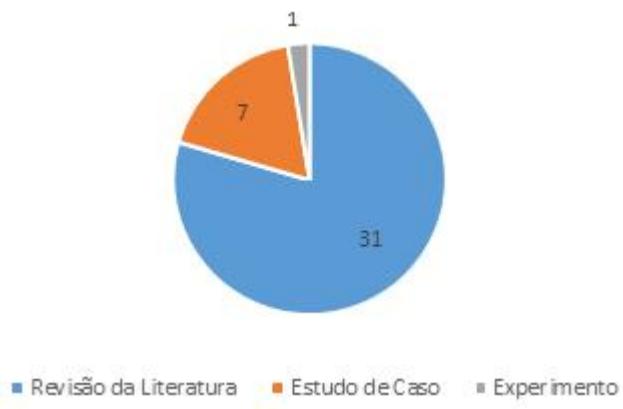
Identificação	Registros identificados no banco de dados Scopus 266 artigos	
Triagem	Rastreador de registros 39 artigos	Registros excluídos 227 artigos
Elegibilidade	Artigos completos avaliados para elegibilidade, tratavam no tema os critérios de exclusão simultaneamente	Artigos completos avaliados para elegibilidade, não tratavam no tema os critérios de exclusão simultaneamente
Inclusão	Estudos incluídos na síntese 39 artigos	

Fonte: Adaptado de Moher *et al.* (2016).

3.2. REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE LOGÍSTICA INTELIGENTE, IoT E RFID

Ao analisar os artigos escolhidos para a revisão sistemática da literatura, notou-se que o método mais prevalente foi a pesquisa bibliográfica, adotada por 31 dos artigos analisados. Essa tendência é atribuída ao desafio financeiro associado à implementação de protótipos de tecnologias da I4.0, tornando a aquisição dessas tecnologias uma dificuldade notável, especialmente para pequenos varejistas e empresas, conforme pode ilustrado na Figura 3.

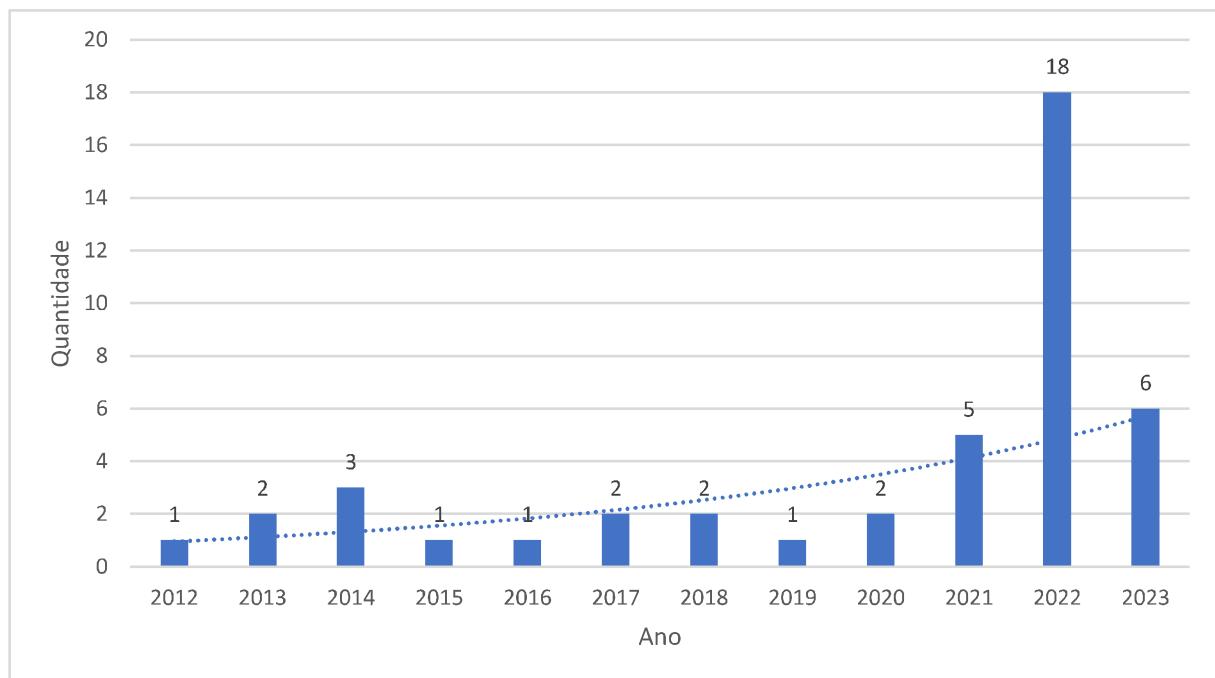
Figura 3 - Métodos de pesquisa dos 39 artigos



Fonte: Próprio autor.

Dos 39 artigos selecionados, nenhum apresentou repetição de autores. A distribuição temporal das publicações abrange o período de 2012 a 2023, com a seguinte distribuição: 06 artigos em 2023, 16 artigos em 2022, 4 artigos em 2021, 2 artigos em 2020, 1 artigo em 2019, 2 artigos em 2018, 2 artigos em 2017, 1 artigo em 2016, 1 artigo em 2015, 2 artigos em 2014, 1 artigo em 2013 e 1 artigo em 2012, conforme ilustrado na Figura 4.

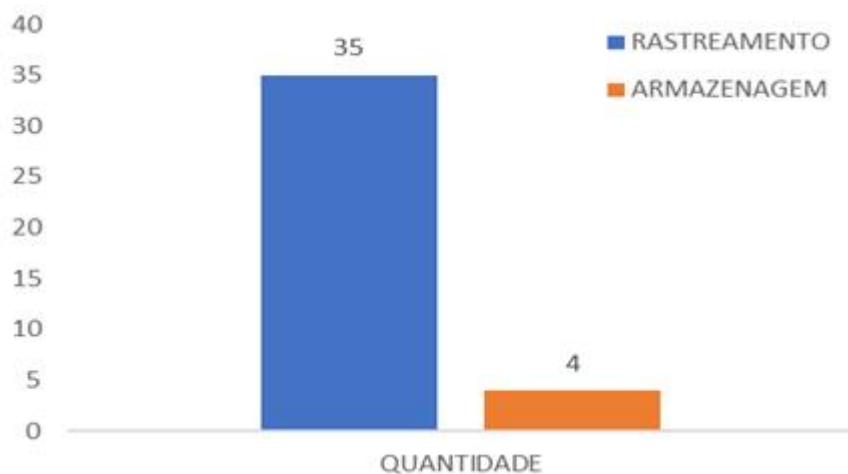
Figura 4 - Publicações selecionadas no período de 2012 a 2023



Fonte: Próprio autor.

Observa-se, conforme evidenciado na Figura 5, um aumento significativo no interesse pela implementação e adoção de tecnologias da Indústria 4.0 (I4.0) na área da Logística. Esse fenômeno é impulsionado por diversos fatores, tais como o aumento da competitividade e a busca pela aprimorada qualidade na entrega de produtos aos clientes, como destacado por Popović et al.(2021)

Figura 5 - Critério de Seleção



Fonte: Próprio autor.

Conforme observado na Figura 6 e descrito na Tabela 5, os resultados dos critérios de seleção indicam que, nos artigos selecionados (que envolvem as tecnologias IoT e RFID simultaneamente), há uma predominância do tema de rastreamento de produtos e insumos. Nesta seção, apresentaremos a análise bibliométrica dos 39 artigos escolhidos após a aplicação dos filtros de inclusão e exclusão especificados na Tabela 4..

Tabela 4 - Artigos selecionados para revisão bibliométrica e sistemática

Referência	Ano	Metodo- logia	Campo de Aplicação		Tecnologias utilizadas		
			Rastreamento	Armazenagem	IoT	RFID	Automação
Zhong et al.,	2017	C		✓	✓	✓	✓
Lai et al.,	2020	R	✓		✓	✓	✓
Giang et al.,	2015	C	✓		✓	✓	✓
Mejjaouli, S.	2022	R	✓		✓	✓	✓
Aljabhan, B.	2022	R	✓		✓	✓	✓
Behl, R., Dhir, S.	2022	R	✓		✓	✓	✓
Watanabe et al.,	2021	R	✓		✓	✓	✓
Kalkha et al.,	2021	R	✓		✓	✓	✓
Tirkolaee et al.,	2021	C	✓		✓	✓	✓
Marinelli et al.,	2021	R	✓		✓	✓	✓
Victor et al.,	2020	R	✓		✓	✓	✓
Pérez, B., Palacios, R.	2019	R	✓		✓	✓	✓
Burmester, M., Munilla, J.	2016	R	✓		✓	✓	✓
Wang, Q., Yang, X.	2014	R	✓		✓	✓	✓
Wei, Y.	2014	R	✓		✓	✓	✓
Tan, B.	2012	R	✓		✓	✓	✓
Wei et al.,	2023	R	✓		✓	✓	✓
Rendon-Benavides et al.,	2023	R	✓		✓	✓	✓
Alzahrani, B.A., Irshad, A.	2023	C	✓		✓	✓	✓
Marindra et al.,	2023	R	✓		✓	✓	✓
Liu, M.	2023	R	✓		✓	✓	✓
Giovanardi et al.,	2023	R	✓		✓	✓	✓
Wang et al.,	2022	R	✓		✓	✓	✓
Guo et al.,	2022	R	✓		✓	✓	✓
Saqib, M., Moon, A.H.	2022	R	✓		✓	✓	✓
Abdulghani et al.,	2022	R	✓		✓	✓	✓
Lobo et al.,	2022	R	✓		✓	✓	✓
Guidani et al.,	2022	C	✓		✓	✓	✓
Huang, Q.	2022	R	✓		✓	✓	✓
Plasilova, A., Prochazka, J.	2022	R	✓		✓	✓	✓
Liu et al.,	2022	C	✓		✓	✓	✓
Novitasari et al.,	2022	C	✓		✓	✓	✓
Yutan et al.,	2022	R	✓		✓	✓	✓
Tsenina et al.,	2022	R		✓	✓	✓	✓
Agnusdei et al.,	2022	R	✓		✓	✓	✓
Biswas et al.,	2018	R		✓	✓	✓	✓
Peng et al.,	2018	E	✓		✓	✓	✓
Teoh et al.,	2021	R	✓		✓	✓	✓
Tian, G.-D.	2013	R		✓	✓	✓	✓

Legenda: C: Estudo de Caso; E: Experimento; R: Revisão da Literatura

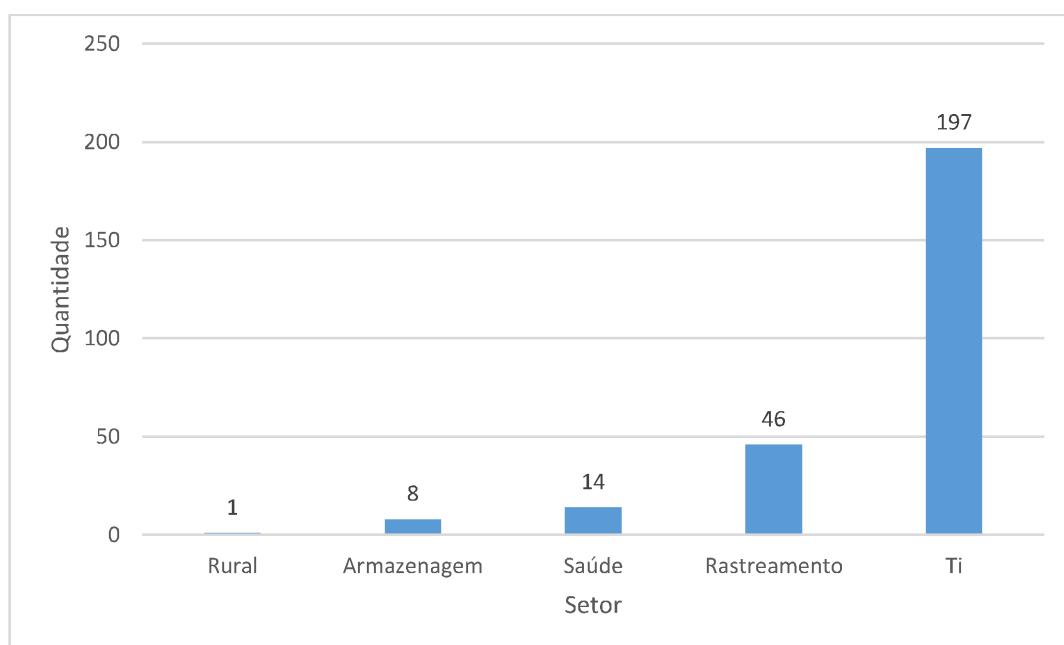
Fonte: Próprio autor.

Após a análise dos artigos, iniciou-se a revisão sistemática para compreender as particularidades de cada pesquisa. Essa fase de análise foi conduzida por meio de investigações e leituras aprofundadas, visando resumir e verificar a estratégia científica adotada em cada estudo (BARDIN, 2016).

3.3. ABORDAGEM DE LOGÍSTICA INTELIGENTE, IoT e RFID

Dentre os 266 artigos inicialmente pesquisados, 39 foram selecionados conforme os critérios estabelecidos, enquanto os 227 restantes foram descartados por não atenderem simultaneamente a esses critérios. Ao examinar todos os artigos, como apresentado na Figura 6, é possível observar a relação entre o setor abordado por esses trabalhos, sendo notável um foco predominante em Tecnologia da Informação (TI).

Figura 6 - Relação Setor x Quantidade de artigos



Fonte: Próprio autor.

Ao realizar a pesquisa, identificou-se que 14 artigos enfocaram o setor de saúde, explorando a aplicação do IoT em diversas áreas, como saúde. Esses estudos geralmente integraram componentes de IoT com computação em nuvem, facilitando o acesso e a análise de big data, com destaque para tecnologias RFID de etiquetas (BIANCO et al., 2022; HADDARA; STAABY, 2018; MOHAMMAD et al., 2022; SINGH; SINGH; NALWA, 2017).

Os sistemas propostos, que combinam soluções IoT e RFID, substituem sistemas existentes, reduzindo erros e melhorando a eficiência. Resultados experimentais confirmam inovações, abrindo novas perspectivas para a integração de RFID e IoT na

logística hospitalar (LE et al., 2023; MAÏZI; BENDAVID, 2021; SINGKARIN et al., 2021).

A tecnologia RFID continua a ser utilizada para otimização de recursos, proporcionando atendimento de qualidade ao cliente, maior precisão e eficiência nos procedimentos comerciais e de saúde. Além disso, desempenha um papel fundamental na economia circular, sendo um dos principais blocos de construção (CHIT et al., 2021; ISLAM; IYER-RANIGA; TREWICK, 2022; LAXMI; MISHRA, 2018; MENDES et al., 2021; SKAWIŃSKA; ZALEWSKI, 2022; XU et al., 2015).

A análise dos artigos também revelou uma abordagem das tecnologias de IoT e RFID voltada para o desenvolvimento de modelos de soluções de TI. Esses modelos propuseram uma aceitação de IoT, explorando fatores determinantes da vontade dos indivíduos de adotar a tecnologia, considerando perspectivas tecnológicas, sociais e características individuais do usuário (ATTARAN, 2020; HELO; SHAMSUZZOHA, 2020; TEOH; GILL; PARLIKAD, 2023; TRAPPEY et al., 2017; ZHONG; XU; WANG, 2017).

Alguns textos ressaltaram a importância dessas tecnologias ao examinar suas tendências e desafios digitais. Exploraram a implementação e desafios gerenciais na criação de um novo paradigma, investigando potenciais barreiras para a digitalização de compras (BAYGIN et al., 2022; DOSSOU, 2019; GNIMPIEBA et al., 2015; REY et al., 2021; TEIZER et al., 2020).

Outro foco abordado nos artigos de TI é a análise de tópicos de RFID em aplicações, segurança e privacidade usando *tecnologias*, fornecendo uma visão global das tendências atuais e apresentando análises de diferentes perspectivas (HUSSAIN; AMIN; LEE, 2020; KEIVANPOUR; AIT KADI, 2019; MUÑOZ-AUSECHA; RUIZ-ROSERO; RAMIREZ-GONZALEZ, 2021).

A IoT demanda a coleta de informações de "qualquer coisa", "a qualquer hora" e "em qualquer lugar", exigindo sistemas ativos de RFID. Resultados de testes confirmaram que as etiquetas RFID ativas têm capacidade suficiente e baixo consumo de energia para suportar serviços logísticos e transporte marítimo/aéreo (ARIF; MOUZOUNA; JAWAB, 2019; KATAYAMA et al., 2012; PRAJAPATI et al., 2022; ZIDI et al., 2022).

Após a análise dos artigos que não impactaram diretamente na pesquisa, o foco voltou-se para aqueles que formam a base teórica do trabalho.

3.4. ABORDAGEM DE LOGÍSTICA INTELIGENTE, IoT e RFID COMO FOCO EM RASTREAMENTO

As pesquisas a seguir contribuíram para demonstrar o impacto do tema de pesquisa e descrever os aspectos, visões e conclusões de seus autores.

TagSort é uma classificação baseada em RFID que utiliza informações da camada física para obter a localização relativa de diferentes *tags*. Novos algoritmos de filtragem e detecção de pico são padrões para garantir uma detecção precisa e robusta da ordem das *tags* no processo de rastreamento (LAI et al., 2020).

A última geração de informações em rastreamento é um sistema de etiquetas RFID passivas que substitui códigos tradicionais para identificar objetos físicos. Esse sistema pode ser integrado ao *Smart Thing Information System*, interoperável com padrões OBIX e CoAP, (GIANG et al., 2015).

O Sistema de Apoio à Decisão em Tempo Real baseado em IoT para Produtos Perecíveis coleta dados durante o transporte e rastreamento, interferindo em caso de falha. Modelos de simulação consideram decisões como interromper o transporte e redirecionar as remessas (MEJJAOUJI, 2022).

A adoção da IoT na logística e gestão da cadeia de suprimentos é um processo complexo. Organizações adotam a IoT para melhorar o gerenciamento da cadeia de suprimentos, destacando a tecnologia como apropriada para resolver problemas complexos de gerenciamento de negócios e rastreamento de produtos (ALJABHAN, 2022).

A IoT desempenha um papel significativo no aprimoramento do gerenciamento da cadeia de suprimentos , destacando sua eficácia em otimizar processos gerais. A integração de tecnologias como RFID-IoT, têm se mostrado eficaz no monitoramento, gerenciamento de estoque e garantia de qualidade do produto (BEHL; DHIR, 2022).

Em relação à segurança entre etiquetas passivas e um leitor, a principal área de pesquisa para garantir as informações logísticas de rastreio usando etiquetas passivas de baixo custo é a proposta de protótipo. Este busca permitir e garantir informações logísticas usando etiquetas de baixo custo aplicando esta solução por meio de IoT (WATANABE et al., 2021).

A logística moderna é responsável pelo atendimento das demandas dos clientes no contexto do comércio eletrônico. Utilizando rastreamento e armazenamento baseado

em IoT com solução RFID, pode-se aumentar a confiabilidade do estoque e reduzir o risco de erros humanos (KALKHA et al., 2022).

Roteamento de Localização multi-*commodity* periódico robusto de dois níveis pelo uso de RFID torna-se um desafio. Para evitar problemas, um novo modelo linear inteiro misto de programação é necessário para determinar as melhores localizações para as fábricas e armazéns, bem como encontrar as rotas ótimas entre o nível da fábrica e o nível das instalações do armazém (TIRKOLAE; GOLI; WEBER, 2021).

Os principais desafios operacionais de produtos sensíveis são abordados por uma plataforma IoT que monitora em tempo real a temperatura e umidade dos produtos e veículos. Essa plataforma, que incorpora tecnologias como RFID, *Wireless Sensor Network* e computação em nuvem, é aprovada para empresas envolvidas na logística da cadeia de frio (MARINELLI; JANARDHANAN; KOUMI, 2021).

A IoT agrícola é uma parte crucial do desenvolvimento agrícola moderno, incorporando tecnologias de detecção, rastreamento, big data agrícola e outras para gerenciar o ambiente de crescimento e todo o ciclo de vida na logística agrícola (WANG; YANG, 2014).

O gerenciamento de segurança alimentar baseado em IoT ajuda os fornecedores a monitorar a qualidade dos alimentos, analisar processos como reprodução, armazenamento e transporte, utilizando RFID, *Wireless Sensor Network* e computação em nuvem (WEI et al., 2023).

Cadeias de suprimentos de circuito fechado usam IoT e RFID para otimizar o desempenho de rastreio e armazenagem usando programação linear, visando limitar o uso de recursos não renováveis nas indústrias de manufatura na I4.0 apresenta (DELPLA; HOF; KENNÉ, 2020).

Um sistema inteligente para localização de recursos em habitats espaciais baseia-se em tecnologias que permitem o rastreamento de ativos num local exato e preciso. O sistema utiliza o sistema de localização em tempo real, que usa *tags* ou sensores estrategicamente posicionados para determinar sua localização via trilateração. Além disso, integra a realidade aumentada, possibilitando a interação entre informações digitais e o mundo real por meio de dados sobrepostos na interface de realidade aumentada (RENDON-BENAVIDES et al., 2023).

Desafios de proteger estruturas inteligentes em áreas metropolitanas são abordados, discutindo cenários de IoT, vulnerabilidades e vetores de ataque, com aplicação em

logística de cadeias de suprimentos monitorada e redes inteligentes (BURMESTER; MUNILLA, 2016).

Rastreabilidade é um requisito crucial para permitir a economia circular. Os dados do ciclo de vida do produto e do processo podem facilitar o gerenciamento circular de ativos, preservando o valor do ativo ao longo do tempo e mantendo o consumo de recursos. A IoT é investigada como uma tecnologia potencialmente disruptiva para apoiar o gerenciamento da informação (GIOVANARDI et al., 2023).

Um sistema de localização RFID foi projetado para atender simultaneamente a todos os requisitos de automação de estoque e gerenciamento de pacotes, incorporando uma banda larga multisseno e empregando técnicas para a Relação Sinal-Ruído de Interferência (WANG et al., 2022).

Um protocolo CUMI (em inglês, *Collision Unfolding-based Missing-tag Identification*) é proposto para gerenciar a cadeia de suprimentos, aplicando técnicas de codificação vetorial e Manchester para transformar partes de slots de colisão abandonados em slots valiosos para integração com outras tecnologias (GUO et al., 2022).

O avanço da tecnologia, incluindo logística Inteligente, IoT, RFID, sensores e 5G, resultou na evolução da I4.0.. A tecnologia blockchain pode ser uma solução eficaz para proteger os aspectos financeiros da empresa e os requisitos de sustentabilidade. (LOBO; WICAKSONO; VALILAI, 2022).

O gerenciamento de ativos geograficamente distribuídos em redes de água de irrigação e drenagem requer uma estrutura de manutenção baseada em IoT para otimizar confiabilidade, custos e sustentabilidade da rede (GUIDANI et al., 2022).

A IoT revoluciona a agricultura ao introduzir uma cadeia de abastecimento de alimentos rastreada usando tecnologias de identificação por blockchain e radiofrequência, garantindo a segurança alimentar (HUANG, 2022).

O conceito de *Smart City* integra tecnologias e dispositivos físicos em vários campos de implantação. O setor de logística continua crescendo e ganha cada vez mais importância com soluções de entrega e rastreabilidade da cadeia., A caixa postal inteligente apresenta novas formas de receber e enviar pacotes, integrando-se como parte de uma casa inteligente (PLASIOVA; PROCHAZKA, 2022).

Durante a pandemia de Covid-19, os serviços de correio sofreram com o comércio eletrônico na Indonésia, pois o desafio para atrair serviços de courier e competir com outras empresas que oferecem o mesmo tipo de serviço foi acirrado. A tecnologia

RFID superar desafios e aumentar a eficiência do tempo de processamento no envio de mercadorias, especialmente nas atividades de pré-entrega e entrega (NOVITASARI; ANWAR, 2022).

Segundo Tan (2014), a implementação da IoT na logística pode resolver desafios relacionados à aquisição e processamento de informações temporais no sistema de monitoramento de distribuição, promovendo uma melhoria significativa na eficiência do gerenciamento de informações. Este artigo descreve conceitos básicos, analisa as características da tecnologia de monitoramento logístico e examina a implementação de aplicativos de monitoramento logístico com base na IoT.

Na indústria de alimentos, uma complexa rede de processamento e fornecimento de alimentos ao mercado, a gestão eficaz da cadeia de abastecimento é vital para garantir alimentos de alta qualidade e minimizar os custos. O gerenciamento de segurança alimentar baseado na IoT auxilia os fornecedores a administrar procedimentos de segurança alimentar, monitorar a qualidade dos alimentos e analisar processos como reprodução, armazenamento e transporte (WEI et al., 2023). Contribuindo para as cadeias de abastecimento, a identificação e rastreabilidade por meio da IoT e RFID tornam-se relevantes para possíveis intervenções no trânsito, proporcionando aos produtores e varejistas de frutas silvestres australianas as tecnologias e recursos necessários para intervenções eficazes no trânsito (RENDON-BENAVIDES et al., 2023).

A logística inteligente desempenha um papel crucial na rápida industrialização e desenvolvimento econômico, permitindo serviços de baixo custo e promovendo a transparência na cadeia de suprimentos. Este cenário envolve comunicação em tempo real e streaming de objetos por meio de dispositivos IoT e sistemas RFID orientados para 5G. Contudo, os protocolos de autenticação atuais carecem de autenticidade microbiana e resistência a ataques de falsificação. Um novo esquema de autenticação 5G, habilitado para RFID, foi proposto, suportando 19% mais recursos do que os modelos atuais (ALZAHRANI; IRSHAD, 2023).

A detecção e monitoramento de produtos de carne congelada são processos invasivos e onerosos. Por meio do sistema RFID UHF, é possível monitorar a carne congelada usando os dados do indicador de intensidade do sinal recebido. Os resultados mostraram que os dados têm relações monotônicas com a temperatura e dureza da carne congelada (MARINDRA; PRATAMA; SUROSO, 2023).

De acordo com Liu e Xie (2012), as plataformas IoT possuem soluções eficazes em vários domínios, destacando-se o gerenciamento logístico de armazéns. As soluções em nuvem melhoram a mobilidade e integram diversos periféricos plug-ins. A IoT emerge no setor de logística, gerando eficiências, receitas e oportunidades para o gerenciamento de armazéns e rastreamento em tempo real de produtos.

Internet das Coisas (IoT) representa um novo paradigma que interconecta todos os dispositivos físicos inteligentes para fornecer serviços inteligentes, como armazenagem e rastreamento para os usuários. O artigo destaca a importância de selecionar tecnologias apropriadas com base nos requisitos específicos das necessidades (SAQIB; MOON, 2022).

A IoT engloba tecnologias como a identificação RFID, amplamente utilizada em saúde, logística e racionalização de atividades. No entanto, esses aplicativos demandam altos níveis de segurança e privacidade, tornando-os vulneráveis a diversos ataques e ameaças. O artigo propõe um conjunto de diretrizes de segurança e privacidade para aplicações RFID, abordando suas limitações e desafios (ABDULGHANI; NIJDAM; KONSTANTAS, 2022).

A baixa informatização, dificuldade de posicionamento e a complexidade de algoritmos na operação interna de armazéns logísticos aumentam os desafios para o gerenciamento de atividades. Utilizando uma solução baseada na tecnologia RFID e simulando o programa com experimentos, notou-se um impacto positivo nas operações (YUTAN; GENGBAO, 2022).

O alto valor e volume da produção de vinho italiano levam a um forte incentivo à falsificação, impactando negativamente viticultores, vinicultores e consumidores. As tecnologias IoT e blockchain podem contribuir para garantir a rastreabilidade, transparência e eficiência na cadeia de abastecimento do vinho (AGNUSDEI et al., 2022).

Criou-se uma etiqueta RFID de banda dupla para identificar peças de veículos para diferentes fins. Com a tecnologia IoT, segurança e algoritmo rastreável, o sistema abrangente de comércio eletrônico de autopeças com estrutura B/S é estabelecido para obter rastreabilidade do ciclo de vida, anti-falsificação e gerenciamento de transações (ZHONG et al., 2015).

A tecnologia RFID é concebida para promover eficiência global e confiabilidade nas operações, atuando como um obstáculo contra furtos em logística de suprimentos em

larga escala. Os desafios enfrentados incluem perdas, coleta e colocação rápida, mudanças fáceis de localização, conciliação automática e aperto de mão em lote (TEOH; GILL; PARLIKAD, 2023).

3.4.1. Abordagem de logística inteligente, IOT e RFID como foco em armazenagem

A internet física (PI) tem desempenhado um papel fundamental na modernização da logística e no aprimoramento da gestão da cadeia de suprimentos. A utilização de IoT e tecnologias sem fio permitiu identificar descobertas e observações importantes, resultando em implicações gerenciais cruciais para tomadores de decisão logística em ambientes fabris (ZHONG et al., 2017).

O conceito de eficiência logística fornece ferramentas valiosas para a implementação de decisões gerenciais, especialmente ao considerar as aplicações em empresas indianas. A análise dessas aplicações destaca suas peculiaridades, particularmente no que diz respeito à gestão de armazenamento de produtos e insumos (TSENINA; ERYGIN; KURBATOVA, 2022).

O processo de logística reversa, que envolve a devolução de mercadorias ao varejista, assume relevância, considerando que 54% dos clientes realizam compras online de forma regular. Esta tendência representa uma transformação significativa na forma dinâmica de armazenamento dos produtos (BISWAS; ABDUL-KADER, 2018).

Lu, Xie e Shang (2014) exploram a aplicação da tecnologia IoT baseada em RFID nas operações logísticas militares. Além de abordar desafios e questões científicas, o artigo propõe projetos de pesquisa e inovações, destacando problemas existentes e perspectivas futuras no âmbito do armazenagem de produtos.

3.5. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO

A terceira etapa da pesquisa consiste no desenvolvimento do protótipo do equipamento de coleta. Para a montagem do protótipo adquiriu-se:

1. Uma placa com conexão *Wi-Fi* modelo ESP 8266 ESP -12, padrão wireless 802.11 b/g/n, com antena embutida, conector *micro-USB*, com modo de operação STA/AP/STA+AP, suportando 5 conexões TCP/IP, porta GPIO 11 com funções de PWM,I2C,SPI, tensão de operação de 405 e5v, taxa de transferência de 110 a 460800 bps com conversor analógico digital e dimensões de 48 x 25 x 13 mm, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Placa com WiFi Modelo ESP 8266 ESP



Fonte: Próprio autor

2. Sensores Fotoelétricos Tipo Barreira, modelo emissor E3F-20L, modelo receptor E3F-20C2 com tensão de 6–36 Vcc, corrente de 200 mA, consumo de 17 mA, tubular de 12 mm, distância sensorial nominal de $20\text{ m} \pm 10\%$, tempo de resposta de 1 ms, atraso no chaveamento de 1,5 ms, luz infravermelha de 660 nm, temperatura de armazenagem e operação de -30–65 °C (sem gelo, sem orvalho), umidade para armazenagem e operação de 35–95% RH, impedância de isolamento de 50 ohm , grau de proteção IP67, comprimento do cabo de 2 m, material latão revestido de níquel, ABS e PMMA, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Sensores Fotoelétricos Tipo Barreira



Fonte: Próprio autor

3. Carcaça de madeira com base quadrada projetada para servir de recipiente de armazenagem dos pinos e alarmes, nas dimensões de 900 mm de altura por 400 mm de base e furo centralizado com diâmetro de 12 mm, com 3 gavetas internas com dimensões de 400 x 400 x 280 mm, conforme ilustrado na Figura 9.

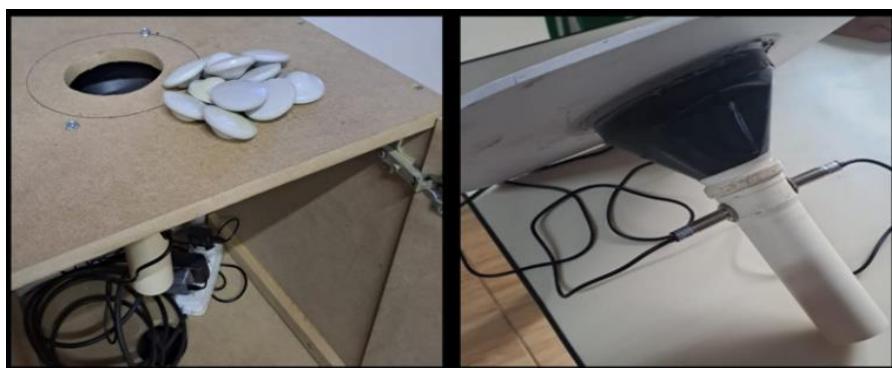
Figura 9 - Carcaça de madeira com base quadrada



Fonte: próprio autor

4. Estrutura de apoio para montagem do equipamento; cone, tubulações e tampas em PVC; carregador de celular para alimentação da placa; e sensor e pinos alarmes conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Componentes de apoio



Fonte: Próprio autor

5. Aquisição gratuita do aplicativo ThingSpeak™, um API de IoT de código aberto para armazenar e recuperar dados de itens usando os protocolos HTTP e MQTT pela internet ou rede local. Trata-se de uma plataforma de IoT que

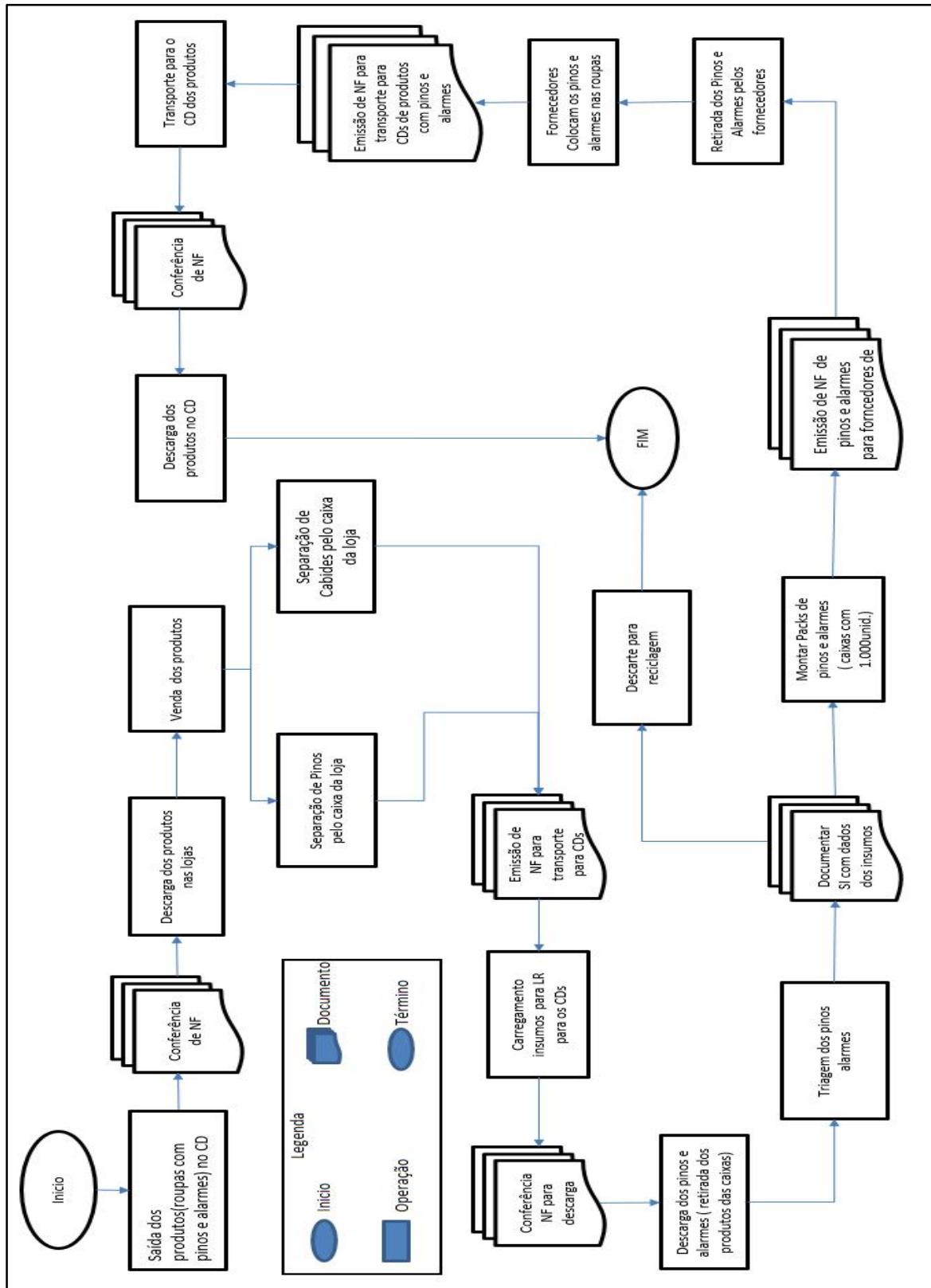
recebe dados de dispositivos remotamente conectados à internet, facilitando o desenvolvimento de projetos (LEMOS et al., 2016). Este aplicativo é adequado para estudantes e educadores, permitindo a implementação de projetos de IoT, coletando dados em tempo real por meio de sensores. Ele oferece quatro opções de licença: gratuita, estudante, acadêmico e padrão. O ThingSpeak™ pode ser utilizado para diversas aplicações incluindo monitoramento ambiental. Com sensores ambientais, o aplicativo permite enviar alertas de poluição, armazenar e processar dados na plataforma, além de permitir visualizações instantâneas das operações. Também é possível realizar análises e processamentos de dados on-line com MATLAB™, possibilitando a análise em nuvem. Um exemplo prático do uso do ThingSpeak™ é o Smart Farming, uma gestão agrícola que utiliza a tecnologia de captação de dados para aumentar a eficiência na produção. O ThingSpeak™ fornece ingestão e armazenamento de dados para sensores e controles agrícolas, usando o MATLAB™ para desenvolver algoritmos e proporcionar visualização instantânea de dados, como umidade do solo ou informações da saúde do solo (O'GRADY; O'HARE, 2017). Outra aplicação possível é no monitoramento de energia contribuindo para compreensão mais assertiva do uso de energia, contribuindo para uma compreensão mais assertiva do uso de energia, com análises e processamento de dados por meio de sensores, desenvolvendo um sistema IoT sem a necessidade de configurar servidores ou desenvolver softwares (MARTINS, 2019). Nesta pesquisa, o ThingSpeak™ foi utilizado na captação de dados de sensores de barreiras, desenvolvendo um sistema IoT sem configurar servidores ou desenvolver softwares para captar dados, processar e auxiliar na gestão de recursos operacionais e financeiros de uma operação de retorno de pinos e alarmes, conforme descrito na Figura 11.

No fluxo operacional da Figura 11, observa-se que os produtos são expedidos do Centro de Distribuição (CD) para as lojas, já equipados com pino e alarmes. Após a venda dos produtos, ocorre uma separação manual desses pinos e alarmes pelo operador do caixa da loja. Após esta separação, é emitida uma nota fiscal de transporte pelo caixa, que nem sempre corresponde às informações físicas em termos de valor e quantidade, e os pinos e alarmes voltam para o CD.

Ao chegar no CD, é necessário realizar uma triagem para separar os alarmes e pinos, uma vez que o operador os mistura em uma única caixa durante o transporte. Durante essa triagem, as condições das peças são analisadas, sendo as peças ruins recicladas e as boas agrupadas em kits de 1.000 unidades, armazenados em estruturas porta pallets. Quando o fornecedor que costura as peças vai entregar as roupas no CD, ele retira esses kits para incorporá-los às roupas, garantindo que os produtos sejam entregues às lojas com os alarmes e pinos já aplicados. Esse processo se repete ao longo do ciclo de produção da empresa.

A implantação do equipamento proposto tornará o processo operacional mais automatizado entre a venda dos produtos e o carregamento de insumos para o CD. Isso garantirá um processo mais eficiente que o atual. A ideia da implantação desse equipamento é assegurar que as peças provenientes das lojas estejam em conformidade com as quantidades corretas, tanto física quanto fiscalmente. O objetivo é avaliar a eficiência e o impacto do equipamento de coleta, baseado em *RFID* e *IoT*, otimizando os recursos na coleta de pinos e alarmes nas lojas.

Figura 11 - Fluxo operacional atual



Fonte: Próprio autor.

Após a montagem da parte física das conexões e estruturas de fixação do equipamento, foi essencial realizar a programação do código por meio do editor online disponibilizado pela plataforma Arduino. Isso foi necessário para incluir a lógica na placa de WiFi (MCROBERTS, 2011)

Para a instalação do equipamento na loja, foi preciso adaptá-lo à caixa e conectá-lo a uma rede de internet específica, utilizando o nome “teste” conforme programação na placa, como ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Equipamento Montado



Fonte: Próprio autor

Após a montagem do equipamento, conforme representado na Figura 14, este foi disponibilizado para teste em uma loja de Barueri. Uma única caixa ficou sob a responsabilidade do supervisor da loja, do operador de caixa na loja e do autor, via plataforma ™. A aprovação deste primeiro teste exigiu o desenvolvimento de alguns parâmetros para análise:

- a) Avaliação do funcionamento do teste durante a jornada de trabalho da loja, sem interrupção do equipamento, durante o período de 27/07/2023 a 25/08/2023, conforme ilustrado nas Figuras 13 e 14.

- b) Estabelecimento da média de margem de erro de contagem de peças do equipamento após o período de teste, sendo exigido que fosse menor que 1% do volume recebido em seu compartimento, conforme premissa do cliente para a negociação do contrato.
- c) Identificação dos dias nos quais a margem foi superior à meta estabelecida. Buscando compreender se houve alguma mudança ou evento que possa ter contribuído para o aumento do erro.

Figura 13 - Início do relatório de teste



Fonte: Site ThingSpeak

Figura 14 - Fim do relatório de teste



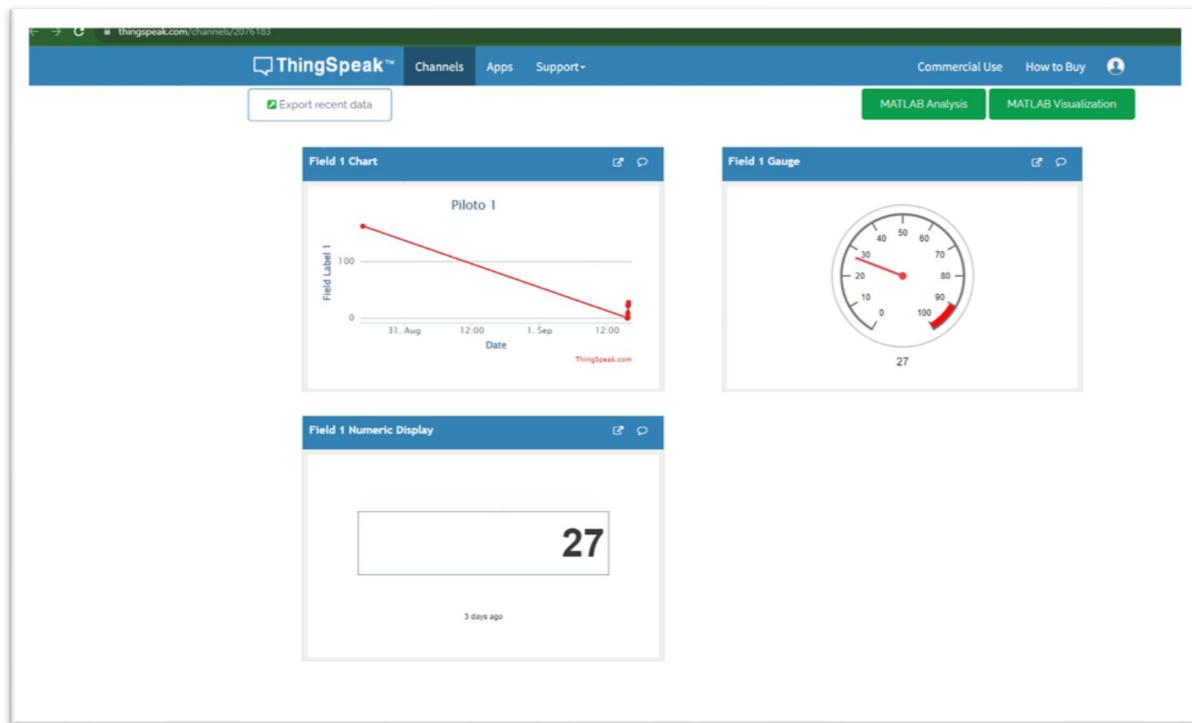
Fonte: Site ThingSpeak

Após o período de teste, deu-se início à análise dos resultados para verificar a eficiência do equipamento.

3.6. FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

O objetivo deste equipamento é coletar informações sobre os pinos e alarmes dentro das lojas, assegurando a precisão das quantidades dessas peças. Os dados são enviados pela placa WiFi modelo ESP 8266 ESP -12, para o canal do site <https://thingspeak.com/channels/2076183>, onde o monitoramento em tempo real ocorre (LEMOS et al., 2016), conforme demonstrado na Figura 15.

Figura 15 - Plataforma ThingSpeak™ para coleta de dados



Fonte: ThingSpeak™

Analisando o fluxo, conforme a Figura 16, após a implementação do equipamento para teste, a seguinte lógica de funcionamento deve ocorrer:

- O cliente compra a roupa, dirige-se ao caixa, onde o operador de caixa retira os pinos e alarmes das roupas e os descarta nos furos em sua mesa, designados para o pino e para o alarme, respectivamente.
- Após passarem pelos orifícios na mesa, os pinos e alarmes passam pelo sensor que contabiliza cada peça. Em seguida, por meio da placa WiFi ESP 8266 ESP -12, os dados são enviados ao canal do site

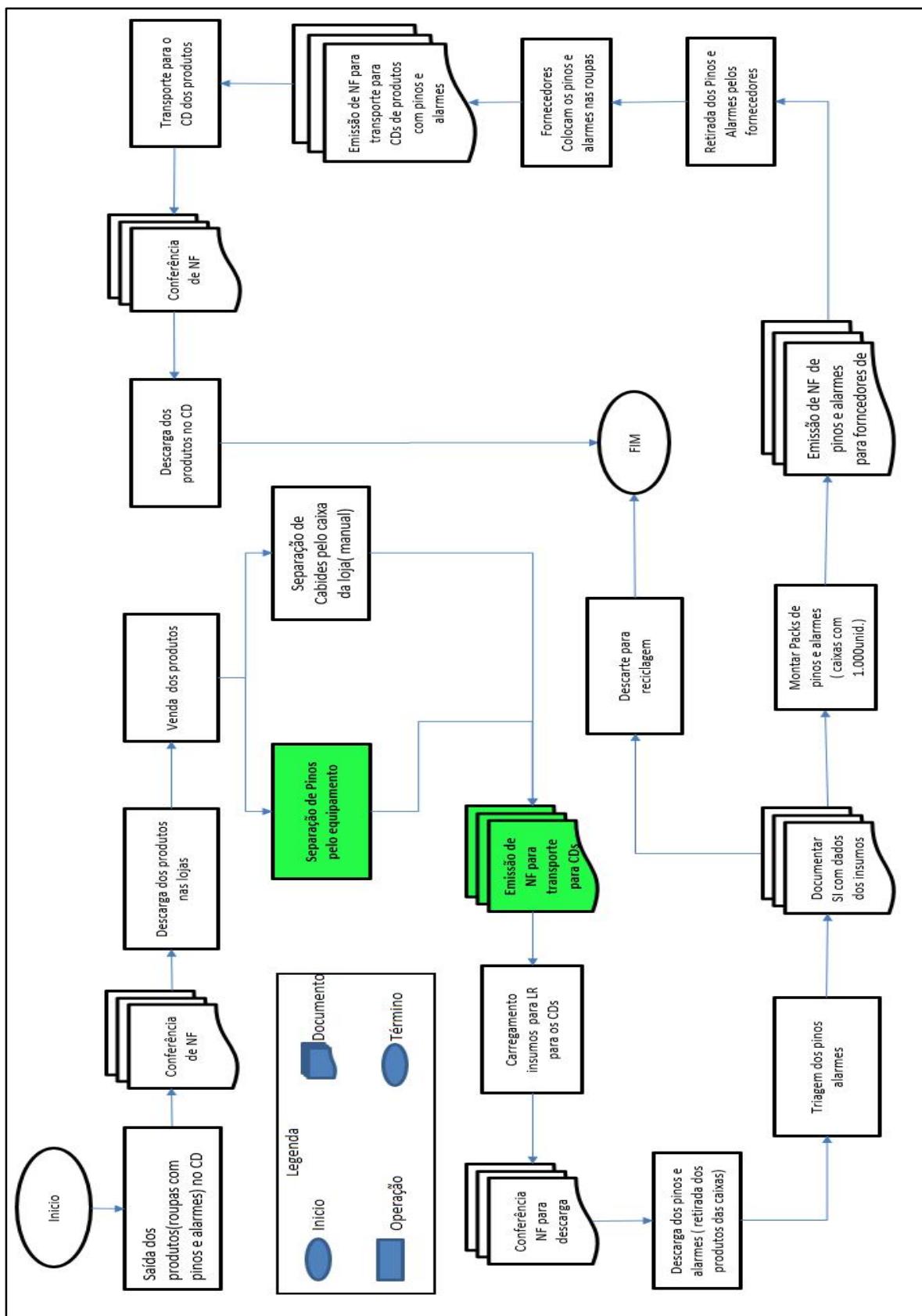
<https://thingspeak.com/channels/2076183>. Ressalta-se que há um delay de 25 segundos para a atualização na plataforma.

- c) Quando a área de armazenagem do equipamento atinge 1.000 unidades, a placa emite um sinal luminoso indicando que o armazenamento está cheio e que é necessário substituir por um recipiente vazio.
- d) Além disso, a informação sobre a capacidade à área de Planejamento, que acompanha no site. Esta comunicação sinaliza que as unidades estão disponíveis para emissão da nota fiscal e retirada dos insumos, otimizando o processo com maior confiabilidade dos estoques de pinos e alarmes.
- e) Por meio de uma etiqueta RFID fixada na caixa, é possível rastrear as caixas cheias de pinos e alarmes, proporcionando uma gestão eficiente do inventário.

Ao analisar a figura 18, destaca-se nas caixas em verde onde o processo, anteriormente totalmente manual e de responsabilidade do operador de caixa, agora se tornou automatizado. Essa automação proporciona uma margem de erro significativamente menor que a média atual de 70%, conforme informado pelo operador logístico a cada retorno de pinos e alarmes .

Com a implementação desse novo processo, é possível quantificar o impacto na qualidade das tarefas dos colaboradores das lojas. Eles não precisarão mais dividir seu tempo entre atender o cliente e realizar a separação de pinos e alarmes. Em vez disso, poderão focar exclusivamente em suas atividades, contribuindo diretamente para a estratégia da loja, que visa priorizar a satisfação dos clientes.

Figura 16 - Fluxo após implantação



Fonte: Próprio autor.

4. RESULTADOS

Para o desenvolvimento do equipamento tornou-se necessário um investimento financeiro de responsabilidade do autor desta pesquisa, totalizando R\$ 1.691,00, conforme listado na Tabela 5.

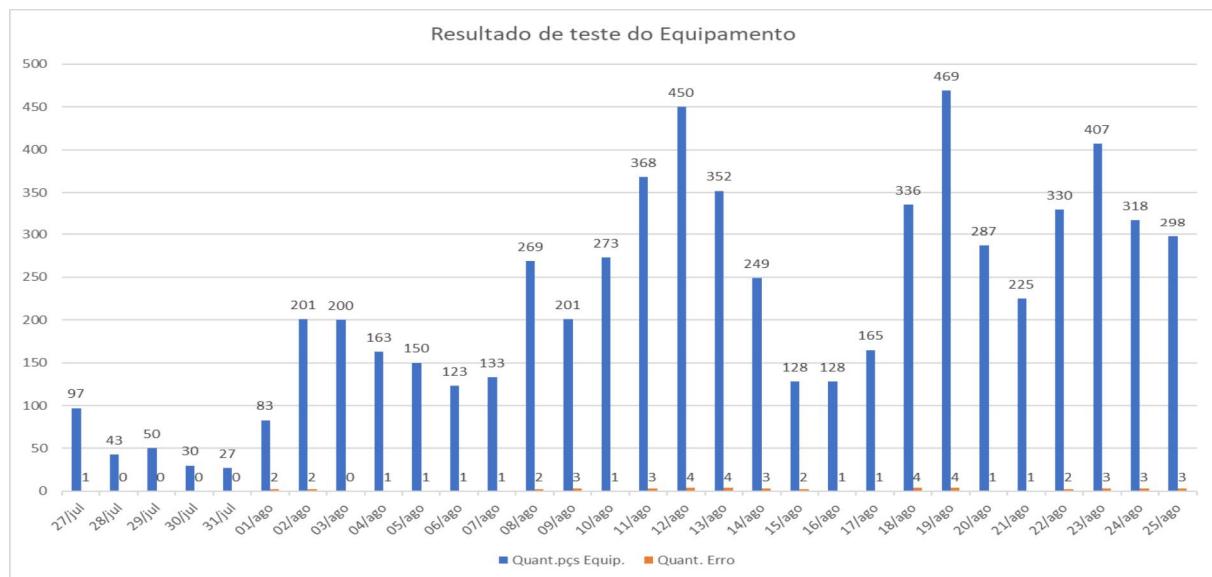
Tabela 5 - Investimento financeiro no equipamento

Descrição	Quant.	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Sensor de barreira	1	265,00	265,00
Placa WiFi modelo ESP 8266 ESP -12	1	66,00	66,00
Gabinete de madeira	1	800,00	800,00
Caixa de madeira	2	250,00	500,00
Cone de Plástico	1	30,00	30,00
Pequenos acessórios	1	30,00	30,00
Total			1.691,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após o período de teste realizado entre 27/07/2023 e 25/08/2023, constatou-se que o equipamento atendeu as expectativas esperadas. Sua média de margem de erro na coleta de pinos e alarmes ficou abaixo de 1%, conforme ilustrado na Figura 17.

Figura 17 - Resultados do teste do equipamento

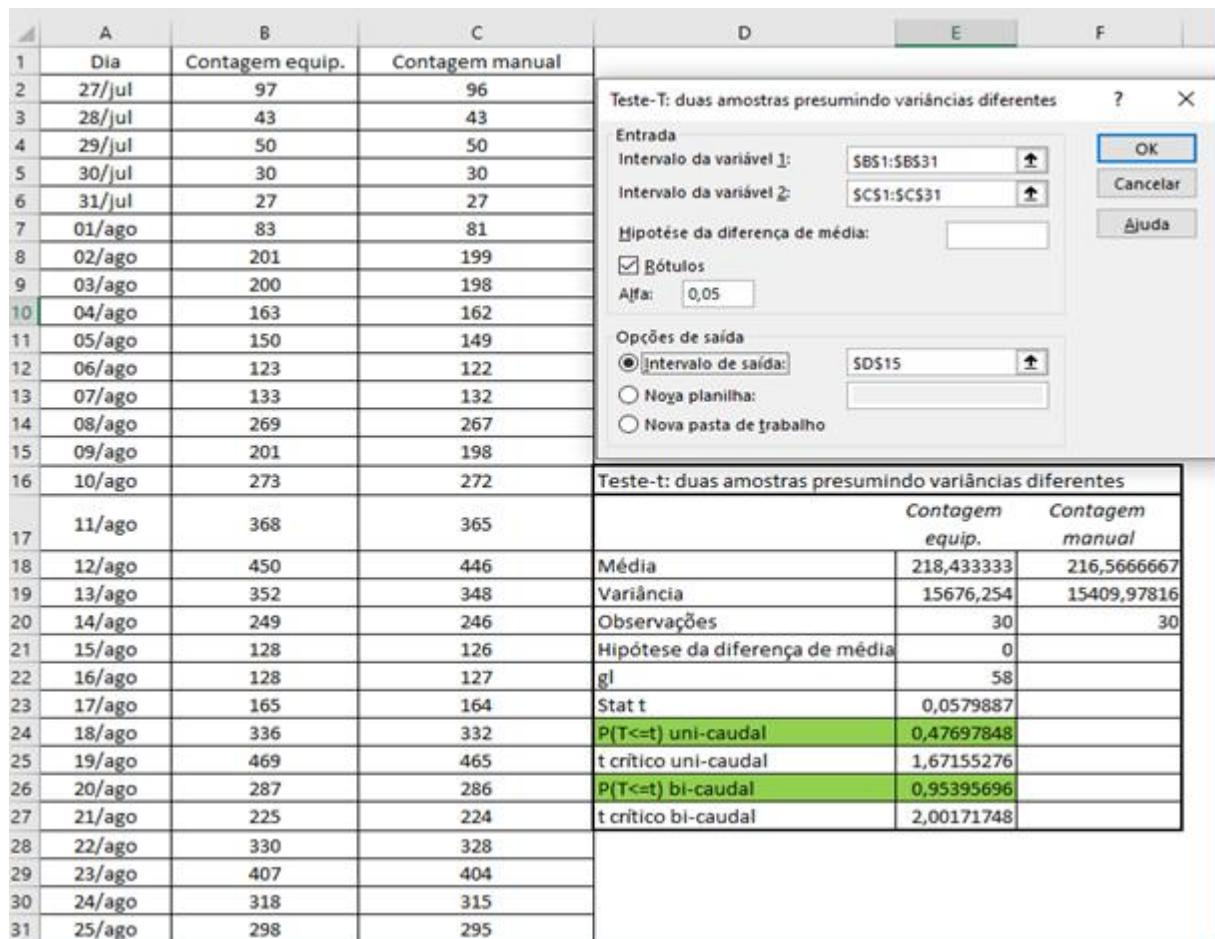


Fonte: Próprio autor

Para garantir maior confiabilidade nas amostras, foi utilizando o teste T: duas amostras, presumindo variâncias diferentes, da base de análise de dados do Excel. A análise das amostras seguiu o seguinte critério:

- Hipótese principal: as amostras são iguais.
- Hipótese secundaria: as amostras são diferentes.
- Se o valor P for maior que o nível de significância (alfa), aceita-se a hipótese principal.
- Se o valor P for menor que o nível de significância (alfa), rejeita-se a hipótese principal.

Figura 18 - Teste T Excel Variância diferentes



Fonte: Próprio autor.

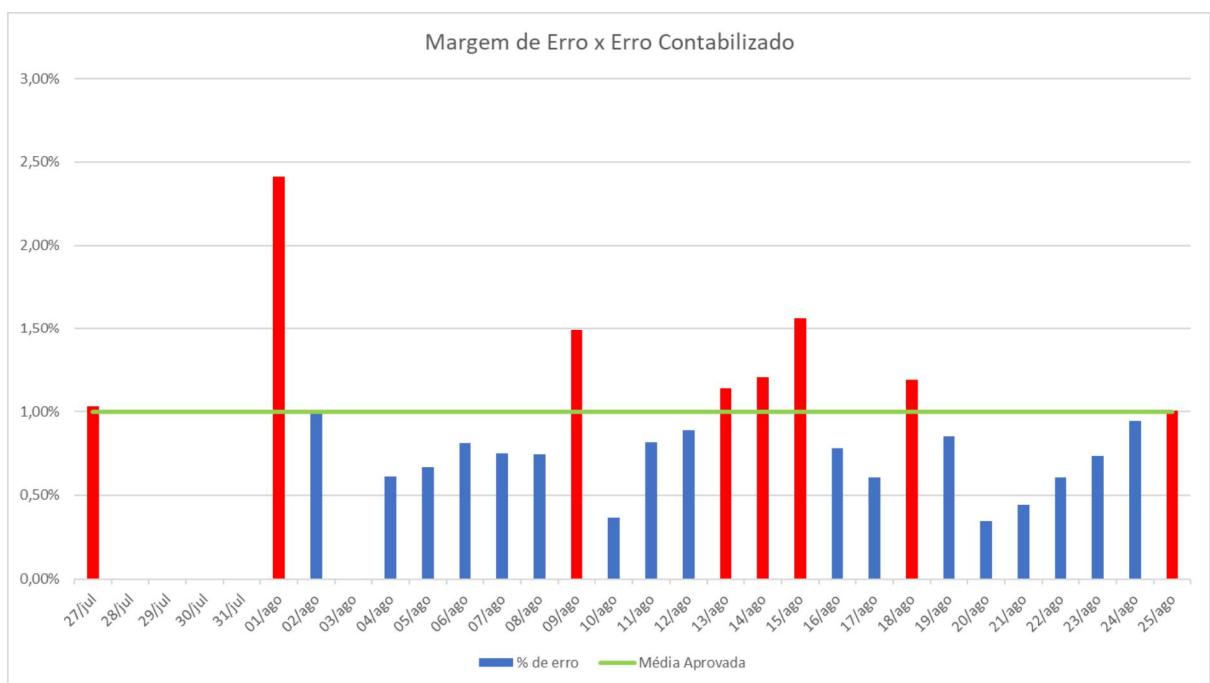
Conforme a análise de dados do Excel na Figura 18, considerando as 30 observações, mesmo que a média demonstre uma pequena diferença de 218,5 na contagem do equipamento e 216,5 na contagem manual, e a variância também apresente essa diferença, nota-se que os valores P são maiores que o nível de significância (alfa).

Com isso a hipótese principal é aceita, considerando que as duas amostras não apresentam diferença significativa, alcançando, portanto, um nível de confiança estatística de 95%.

A análise da Figura 19 revela que, nos 30 dias de teste do equipamento, ele funcionou todos os dias, atendendo a um dos requisitos para aprovação do equipamento. Não houve interrupção de funcionamento durante a jornada de trabalho em nenhum dos dias.

Durante o período de 30 dias de operação do equipamento, em oito dias de teste, a margem de erro excedeu 1%, comprometendo os resultados. Esses dias foram: 27/07/23 (1,03%), 01/08/23 (2,41%), 09/08/23 (1,49%), 13/08/23 (1,14%), 14/08/23 (1,20%), 15/08/23 (1,20%), 18/08/23 (1,19%) e 25/08/23 (1,01%). A Figura 19 destaca esses dias em vermelho, juntamente com os respectivos percentuais.

Figura 18 - Margem de Erro x Erro Contabilizado



Fonte: Próprio autor

Ao analisar os dias em que o aumento da margem de erro ultrapassou a meta, observou-se que eventos específicos podem ter contribuído para esse aumento:

- Aumento significativo de clientes para atendimento simultâneo na loja e no caixa em cinco dos dias citados, sendo eles: 13/08/23, 14/08/23, 15/08/23, 18/08/23 e 25/08/23.

- Falta de colaboradores em todos os oito dias em que a margem não atendeu a meta.

Segundo relatos do supervisor e do operador de caixa, nos dias mencionados, a necessidade de atuar com maior rapidez fez com que o operador do caixa acumulasse, por vezes, os pinos e alarmes na mesa para, posteriormente, depositá-los ao mesmo tempo. Segundo eles, o sensor não conseguia ler todos os pinos que caiam.

Na prática, para determinar o tempo padrão de uma peça ou de uma operação, devem ser realizadas entre 10 e 20 cronometragens. No entanto, a maneira correta para determinar o número de cronometragens (ou ciclos) é deduzida da seguinte expressão (FERREIRA et al., 2018):

$$N = \left(\frac{Z \cdot R}{E \cdot d_2 \cdot X} \right)^2 \quad (1)$$

em que:

N = Número de ciclos

Z = Coeficiente de Distribuição

R = Amplitude da Amostra

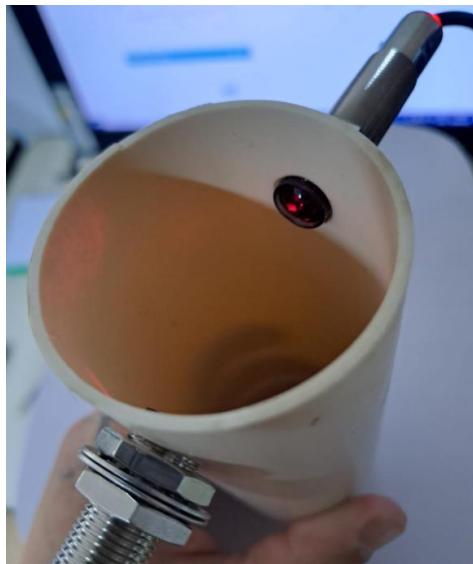
E = Erro relativo

d_2 = Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas
preliminarmente

X = Média dos valores das observações

Entretanto, ao retornar o equipamento ao laboratório, simulamos as condições descritas pelo supervisor e operador de caixa repetidamente, totalizando 100 vezes, lançando 20 pinos simultaneamente no equipamento. Observamos que, em oito dessas 100 simulações, o sensor não leu corretamente a quantidade de pinos. Para contornar esse problema, optou-se por alterar o posicionamento do sensor para uma parte mais baixa da entrada do equipamento. Após essa modificação, repetiu-se o teste mais 100 vezes, e apenas uma única vez o sensor deixou de ler um pino, conforme evidenciado na Figura 19.

Figura 19 - Reposicionamento de sensor no final do tubo



Fonte: Próprio autor.

Durante o período de teste, o equipamento operou e registrou corretamente em 22 dos 30 dias trabalhados, resultando em uma assertividade de 73,3%. No contexto das premissas estabelecidas para a aprovação do equipamento, alcançou uma média de aproximadamente 0,77% de margem de erro nos 30 dias de teste, ficando abaixo da meta inicial de 1%.

Com essas aprovações técnicas, tornou-se possível analisar os resultados esperados para a implantação de outros equipamentos em diferentes lojas. O local de teste foi um ponto de uma grande varejista de moda, que atualmente possui 300 lojas em 125 cidades e mais de 15 mil profissionais empregados.

Essa etapa envolveu a coleta de dados junto à empresa varejista de moda, que forneceu informações para a análise da viabilidade econômica do estudo. Os dados foram obtidos por meio de planilhas disponibilizadas pela empresa, contendo volumes, custos e rotas das operações logísticas relacionadas aos pinos e alarmes.

Em 2022, este varejista de moda registrou um volume de retorno de pinos e alarmes de aproximadamente 45.5 milhão de peças. No momento em que se realiza esta pesquisa, um operador logístico dentro do Centro de Distribuição utiliza toda a estrutura física, incluindo equipamentos de movimentação, para realizar a separação manual desses pinos e alarmes quando retornam das lojas para o CD.

O operador logístico cobra do varejista R\$ 0,15 por pino ou alarme manipulado, totalizando R\$ 6.823.707,90 no ano de 2022. Dividindo esta receita anual por mês, ele

obtém um valor aproximado de R\$ 568.642,33. O quadro operacional para essa atividade é composto por 1 Coordenador, 2 Supervisores, 4 Líderes, 30 Separadores, 2 conferentes, 4 ajudantes e 2 operadores de empilhadeira, com um custo mensal aproximado de R\$ 107.100,00, resultando em um lucro aproximado de R\$ 461.542,33 por mês, conforme demonstrado na Tabela 7.

Ao analisar a viabilidade de um investimento, é crucial mensurar os gastos e benefícios ao longo do tempo, projetar o fluxo de caixa e avaliar indicadores financeiros. Entre os principais indicadores utilizados para a avaliação de investimentos estão a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Período de Recuperação do Investimento (*Payback*), o Valor Presente Líquido (VPL), o Retorno sobre o Investimento (ROI) e o Índice de Lucratividade (IL) (SOUZA JUNIOR; BALDISSERA; BERTOLINI, 2019).

Utilizando essas ferramentas financeiras, pode-se mensurar os resultados do equipamento, estimar o ganho financeiro e avaliar as vantagens da implantação. Considerando que o varejista possui 300 lojas e um total de 2.400 caixas nessas lojas, a implantação de toda a rede exigiria 2.400 equipamentos. Levando em consideração que o custo para cada equipamento é de R\$ 1.691,00, o investimento total seria de R\$ 4.058.400,00.

Após a implantação, espera-se uma redução de 63% nas despesas do operador logístico mensalmente, , devido à redução de mão de obra. O novo quadro de colaboradores incluiria 2 Franquias ThinkSpeak™, 1 supervisor, 2 analistas, 2 conferentes, 4 ajudantes e 2 operadores de empilhadeira. A Tabela 6 apresenta uma comparação entre o antes e o depois dessa mudança.

Tabela 6 - Comparação de cargos antes e depois da implantação do equipamento

Cargo	Quantidade		Custo unitário		Custo total	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Coordenador	1	0	R\$ 6.500,00	R\$ -	R\$ 6.500,00	R\$ -
Supervisor	2	1	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 7.000,00	R\$ 3.500,00
Analista	4	2	R\$ 2.900,00	R\$ 3.300,00	R\$ 11.600,00	R\$ 6.600,00
Separador	30	0	R\$ 2.100,00	R\$ 2.100,00	R\$ 63.000,00	R\$ -
Conferente	2	2	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Ajudante (carga e descarga)	4	4	R\$ 2.100,00	R\$ 2.100,00	R\$ 8.400,00	R\$ 8.400,00
Operador de empilhadeira	2	2	R\$ 2.800,00	R\$ 2.800,00	R\$ 5.600,00	R\$ 5.600,00
Franquia de plataforma	0	2	R\$ -	R\$ 5.000,00	R\$ -	R\$ 10.000,00
Total	45	13	R\$ 22.400,00	R\$ 21.300,00	R\$ 107.100,00	R\$ 39.100,00

Fonte: Próprio autor

A despesa anual do operador em 2022 foi de R\$ 1.392.300,00, e com a implantação, estima-se uma despesa anual de R\$ 508.300,00. Com isso espera-se uma redução anual na despesa do operador logístico de R\$ 884.000,00, proporcionando uma previsão de retorno de investimento de cerca de 5 anos, caso o operador arque com o investimento.

No entanto, após a implantação, o varejista não precisará mais manter o operador, pois a atividade de separação, que era o processo essencial do operador, não existirá mais. O varejista poderá absorver essa operação, incorporando o investimento de R\$ 4.058.400,00, assomado à despesa anual da operação de R\$ 508.300,00. A previsão estimada de Payback é inferior a um ano, considerando que a despesa atual com o operador é de aproximadamente R\$ 6.823.707,90 ao ano.

A opção pelo *Playback* foi escolhida por ser uma ferramenta financeira mais coerente e amplamente utilizada para demonstrar os resultados em projetos estratégicos já aplicados e em futuros projetos estratégicos do varejista de moda nesta análise.

Consideração a qualidade da operação em 2022, foram registradas compras equivocadas de pinos e alarmes devido ao processo atual de retirada das lojas, que não é assertivo. A responsabilidade de compactar esses itens nas lojas recai sobre os colaboradores, , resultando na mistura dos 2 itens. As quantidades físicas nunca coincidem com as fiscais, contribuindo para discrepâncias no estoque dentro do CD e a falta de visibilidade sobre a localização exata dos pinos e alarmes. Esses problemas acabam gerando dificuldades com os fornecedores que retiram esses materiais do CD..

Após implantação do novo sistema, será possível identificar em tempo real qual loja possui excesso de pinos e alarmes, permitindo a solicitação imediata de retirada. As informações físicas e fiscais estarão alinhadas, com uma pequena margem de erro aceitável de até 1%. O banco de dados estará constantemente atualizado, processando esses dados em tempo real, com um delay médio de 25 segundos. Além disso, será possível identificar falhas na separação das lojas, agindo diretamente para resolver o problema.

Do ponto de vista operacional, a implantação dos novos equipamentos resultará em melhorias nos processos de separação, armazenagem e expedição dos produtos com os pinos e alarmes no CD. Isso reduzirá significativamente o erro humano na operação, uma vez que não será mais necessário manipular (separar) as peças manualmente durante o processo, aumentando a assertividade.

Outro benefício é a redução de acidentes envolvendo o time operacional, que costumava se machucar ao manipular os pinos e alarmes. Com a implantação do novo processo, essa atividade é removida do CD e realizada automaticamente nas lojas, diminuindo os incidentes.

5. DISCUSSÕES

A presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar a eficiência de equipamento de coleta inteligente proposto, baseado em *RFID* e *IoT*, que otimiza recursos na coleta de pinos e alarmes em lojas de varejo de moda.

A primeira etapa consistiu em revisar a literatura, e não foram encontradas pesquisas sobre equipamentos baseados em *IoT* para coleta de pinos e alarmes magnéticos.

A segunda etapa envolveu o desenvolvimento do protótipo do equipamento e sua posterior implementação em um ambiente com operações reais, com acompanhamento em tempo integral. Esse acompanhamento permitiu a mensuração dos dados dos resultados do equipamento.

Os resultados indicam que a operação logística dos pinos e alarmes se tornou mais eficiente com a implantação de ferramentas para automatização de uma parte do processo. Ao comparar com trabalhos anteriores, como o de Tsenina, Erygin e Kurbatova (2022) e Zhong, Xu e Wang (2017), observa-se que outros estudos chegaram a conclusões semelhantes.

Além disso, a mudança no processo de operação, manipulação e armazenamento dos produtos resultou em uma alta quantidade de dados e informações gerados pela comunicação dos sensores com o servidor web. Essa abundância de dados facilita o gerenciamento, conforme destacado por Yutan e Gengbao (2022).

Os resultados evidenciam a eficácia do *IoT* na otimização do desempenho de rastreio e armazenagem, tornando as informações mais confiáveis. Esses achados corroboram com desafios similares identificados em trabalhos anteriores, como os de Tan (2014), Burmester e Munilla (2016), Delpla, Hof e Kenné (2020), Marinelli, Janardhanan e Koumi (2021) e Rendon-Benavides *et al.* (2023).

Com a otimização do processo e o novo design de operações, o controle gerencial das atividades por *IoT*, permitiu entender e fornecer dados para uma clara compreensão dos problemas relacionados aos altos custos e ao longo ciclo de atividades operacionais. Ao comparar com a literatura, percebe-se que esses resultados contribuem para entender o custo real das atividades (LIU, 2023).

O volume de manipulação de peças mencionado nos resultados demonstrou o impacto significativo que o varejo de moda exerce no mercado nacional. Essa constatação ressalta a necessidade de operações com ferramentas que proporcionem

maior precisão. Apesar do equipamento não ser considerado inteligente, a automatização representou um primeiro passo em direção ao conceito de Logística Inteligente (*Smart Logistics*). Para alcançar plenamente esse conceito, é necessário integrar tecnologias e dispositivos físicos, conectando-se à inteligência artificial para tomada de decisões (PLASIOVA; PROCHAZKA, 2022; WATANABE et al., 2021).

A implantação deste equipamento baseado em IoT deve ser acompanhada por um colaborador de operações, responsável por utilizar a plataforma *web server*. Esse colaborador será capaz de gerenciar os estoques de peças, assegurando que toda a rede logística não fique desabastecida e que as lojas não retenham quantidades excessivas de pinos e alarmes. A manutenção baseada em IoT é citada em Guidani et al. (2022).

Após implantação do equipamento proposto em toda a rede de lojas, os dispositivos físicos estarão conectados por meio da IoT, e uma plataforma online será disponibilizada para análises. Isso cria um paradigma de interconexão, e pode-se observar semelhança com o trabalho de Saqib e Moon (2022).

Nesta pesquisa, destaca-se a IoT como uma tecnologia potencialmente disruptiva no apoio ao gerenciamento da informação e uma ferramenta crucial para rastreabilidade dos produtos. Na literatura, essa capacidade da IoT no rastreamento e armazenamento pode ser comparada ao papel citado por Giovanardi et al. (2023).

As plataformas IoT demonstram soluções eficazes em vários domínios, tornando o gerenciamento logístico de armazéns mais eficiente. Na literatura, observa-se que a IoT é uma tecnologia predominante no setor de logística, gerando novas eficiências, receitas e oportunidades para o gerenciamento de armazéns e rastreamento em tempo real de produtos (LIU, 2023).

Outro ponto notável com o equipamento baseado em IoT é o apoio à tomada de decisões em tempo real durante o processo de contabilização de peças no gerenciamento, além do auxílio na identificação de possíveis gargalos na operação, ações semelhantes foram encontradas nos trabalhos de Mejjaouli, (2022), Aljabhan, (2022) e Behl e Dhir (2022).

Quanto à análise da parte financeira para implantação do equipamento baseado em IoT em toda sua rede, observou-se que o investimento total seria de R\$ 4.058.400,00. Como o cliente é um grande varejista, esse aspecto financeiro não representa um fator problema significativo, já que demonstrou um *payback* aproximado de 5 anos,

considerando que o operador arque com o investimento. Se o varejista assumir a operação, descartando o operador logístico, o *payback* estimado é inferior a 1 ano. Ao comparar com a literatura, percebe-se que a maior dificuldade para pequenas empresas é absorver o alto custo de implantação (ALZAHRANI; IRSHAD, 2023; WEI et al., 2023)

Além dos ganhos de eficiência na operação, destaca-se para a sociedade a importância do uso de tecnologias baseadas em IoT para otimizar e automatizar seus processos de coleta, produção ou armazenagem, podendo ser aplicadas em diversos contextos.

Devido à falta de pesquisas que façam a conexão entre implantações de equipamentos baseados por IoT dentro de empresas e operações logísticas, esta pesquisa apresenta contribuições significativas para o estado da arte e para a prática, promovendo o desenvolvimento de equipamentos que contribuem com benefícios econômicos, sociais e ambientais.

6. CONCLUSÕES

O objetivo proposto pela pesquisa foi alcançado com o desenvolvimento do protótipo de um equipamento baseado em IoT para a coleta de pinos e alarmes em um varejista de moda. A revisão da literatura destacou a escassez de equipamentos baseados em IoT para essa finalidade.

Embora alguns autores tenham proposto soluções com IoT, muitas delas foram baseadas em simulações digitais, não envolvendo o desenvolvimento real de um equipamento. Essas contribuições muitas vezes se limitaram à teoria do funcionamento das tecnologias, sem aplicação prática no mundo real.

A validação do equipamento proposto ocorreu por meio do desenvolvimento do protótipo posteriormente sua implementação em um ambiente com operações reais, acompanhamento em tempo real. Esse acompanhamento permitiu a mensuração dos resultados do equipamento.

Durante o período de teste, o equipamento operou corretamente em 22 dos 30 dias trabalhados, totalizando uma assertividade de 73,3%. Dentro do contexto das premissas para aprovação do equipamento, alcançou uma média de aproximadamente 0,77% de margem de erro nos 30 dias de teste, ficando abaixo da meta de 1% estabelecida no início do teste.

O investimento total para abranger toda a rede seria de R\$ 4.058.400,00. Considerando que o cliente é um grande varejista, a questão financeira não se apresenta como um obstáculo significativo. Os resultados indicam um *payback* aproximado de 5 anos, caso o operador arque com o investimento. Se o varejista assumir a operação, descartando o operador logístico, o *payback* estimado é inferior a 1 ano.

6.1. CONTRIBUIÇÕES

As pesquisas realizadas e as informações coletas na literatura durante esta pesquisa foram identificadas e utilizados. Este estudo qualitativo contribuiu para o avanço científico ao propor um equipamento para coleta baseado em IoT. Alguns achados na

pesquisa resultaram em contribuições para o avanço da teoria e da prática, e são mostrados a seguir:

- A conexão das tecnologias com equipamentos ciber-físicos;
- Monitoramento de dados coletados via equipamento IoT;
- Uso de tecnologias de servidor web em aplicações do equipamento baseado em IoT
- Apresentação de um equipamento funcional baseado em IoT.

As contribuições práticas desta pesquisa são:

- Modernização de processos logísticos;
- Construção de processos logísticos mais eficientes por meio do IoT;
- Gestão de dados em tempo real por meio de servidor web.

Para a sociedade, as contribuições desta pesquisa são:

- A importância do uso de tecnologias baseadas em IoT para otimizar e automatizar processos;
- Menor desperdício de recursos para retirada de produtos nas lojas;
- Menor movimentação de transportes (caminhões) nas ruas para retirar os produtos, reduzindo a emissão de partículas na atmosfera.

6.2. PESQUISAS FUTURAS

Este trabalho apresentou um equipamento de coleta baseado em IoT, utilizando um servidor web para gerenciar os dados coletados em tempo real com delay de 15 segundos, contribuindo para melhor eficiência operacional de varejista de moda.

Como pesquisa futura há possibilidade de aplicar a tecnologia de RFID para rastreamento dos pinos e alarmes em tempo real. Além disso, é viável explorar o desenvolvimento de outro equipamento baseado em IoT para outros tipos de produtos, expandindo assim as aplicações dessa tecnologia em diferentes contextos logísticos.. Essas pesquisas podem contribuir para avanços adicionais na automação e eficiência de processos logísticos em diversos setores.

REFERÊNCIAS

ABDULGHANI, H. A.; NIJDAM, N. A.; KONSTANTAS, D. Analysis on Security and Privacy Guidelines: RFID-Based IoT Applications. **IEEE Access**, [s. l.], v. 10, p. 131528–131554, 2022.

Abit - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Disponível em: <https://www.abit.org.br/noticias/industria-textil-e-de-confeccao-faturou-r-134-milhoes-em-2022>. Acesso em: 9 nov. 2022.

AGNUSDEI, G. P.; COLUCCIA, B.; ELIA, V.; MIGLIETTA, P. P. IoT technologies for wine supply chain traceability: potential application in the Southern Apulia Region (Italy). **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 200, p. 1125–1134, 2022.

AHMED, S.; KALSOOM, T.; RAMZAN, N.; PERVEZ, Z.; AZMAT, M.; ZEB, B.; UR REHMAN, M. Towards Supply Chain Visibility Using Internet of Things: A Dyadic Analysis Review. **Sensors 2021, Vol. 21, Page 4158**, [s. l.], v. 21, n. 12, p. 4158, 2021.

AKÇCAL, E.; ÇETINKAYA, S. Quantitative models for inventory and production planning in closed-loop supply chains. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 49, n. 8, p. 2373–2407, 2011.

AL-WESABI, F. N.; KHAN, I.; NEMRI, N.; AL-HAGERY, M. A.; ISKANDER, H. G.; NGUYEN, Q. N.; SHAH, B.; KIM, K. II. An Efficient Scheme for Interference Mitigation in 6G-IoT Wireless Networks. **Computers, Materials & Continua**, [s. l.], v. 69, n. 3, p. 3889–3902, 2021.

ALJABHAN, B. A Comprehensive Analysis on the Adoption of IoT with Logistics and Supply Chain Management. **2022 2nd International Conference on Computer Science, Engineering and Applications, ICCSEA 2022**, [s. l.], 2022.

ALZAHRANI, B. A.; IRSHAD, A. An Improved IoT/RFID-Enabled Object Tracking and Authentication Scheme for Smart Logistics. **Wireless Personal Communications**, [s. l.], v. 129, n. 1, p. 399–422, 2023.

ANANDHI, S.; ANITHA, R.; SURESHKUMAR, V. IoT Enabled RFID Authentication and Secure Object Tracking System for Smart Logistics. **Wireless Personal Communications**, [s. l.], v. 104, n. 2, p. 543–560, 2019.

ANGGOROJATI, B.; MAHALLE, P. N.; PRASAD, N. R.; PRASAD, R. Efficient and scalable location and mobility management of EPCglobal RFID system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WIRELESS PERSONAL MULTIMEDIA COMMUNICATIONS, WPMC 2013, **Anais...** [s.l: s.n.]

Aplicativo inteligente para reservar contêineres | Abralog. Disponível em:

<https://www.abralog.com.br/noticias/alianca-comemora-20-anos-do-renascimento-da-cabotagem/>. Acesso em: 9 jan. 2024.

ARIF, J.; MOUZOUMA, Y.; JAWAB, F. The Use of Internet of Things (IoT) Applications in the Logistics Outsourcing: Smart RFID Tag as an Example. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, [s. l.], p. 291–300, 2019.

ARSHAD, R.; ZAHOOR, S.; SHAH, M. A.; WAHID, A.; YU, H. Green IoT: An investigation on energy saving practices for 2020 and beyond. **IEEE Access**, [s. l.], v. 5, p. 15667–15681, 2017.

ASHRAF, A. M.; KADER, W. A. Forecast model for return quality in reverse logistics networks. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, [s. l.], p. 941–942, 2019.

ATTARAN, M. Digital technology enablers and their implications for supply chain management. **Supply Chain Forum: An International Journal**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 158–172, 2020.

BAG, S.; GUPTA, S.; KUMAR, S.; SIVARAJAH, U. Role of technological dimensions of green supply chain management practices on firm performance. **Journal of Enterprise Information Management**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 1–27, 2020.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. [s.l.] : Edições 70, 2016.

BAYGIN, M.; YAMAN, O.; BAYGIN, N.; KARAKOSE, M. A blockchain-based approach to smart cargo transportation using UHF RFID. **Expert Systems with Applications**, [s. l.], v. 188, p. 116030, 2022.

BEHL, R.; DHIR, S. Role of IOT in Supply Chain Innovation: A Survey Analysis. **2022 International Mobile and Embedded Technology Conference, MECON 2022**, [s. l.], p. 33–36, 2022.

BIANCO, G. M.; OCCHIUZZI, C.; PANUNZIO, N.; MARROCCO, G. A Survey on Radio Frequency Identification as a Scalable Technology to Face Pandemics. **IEEE Journal of Radio Frequency Identification**, [s. l.], v. 6, p. 77–96, 2022.

BISWAS, C.; ABDUL-KADER, W. Reverse logistics challenges in e-commerce. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, [s. l.], v. 2018, n. SEP, p. 1016–1023, 2018.

BURMESTER, M.; MUNILLA, J. Resilient Metro-scale Smart Structures: Challenges & Future Directions. **IoTBD 2016 - Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Big Data**, [s. l.], v. 2, p. 137–147, 2016.

CARVALHO DE GOIS, T.; DE SOUSA OLIVEIRA, M. H.; BERNARDO DA SILVA, R.; MOREIRA DEL FIACO, R.; DA SILVA RODRIGUES, G.; PEREIRA DE SOUSA, G.; MACIEL GOMES, J. Logística inteligente e serviços logísticos: uma revisão sistemática da literatura. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, [s. l.], v. 14, n. 6, p. 10666, 2023.

CATARINUCCI, L.; COLELLA, R.; CONSALVO, S. I.; PATRONO, L.; ROLLO, C.; SERGI, I. IoT-Aware Waste Management System Based on Cloud Services and Ultra-Low-Power RFID Sensor-Tags. **IEEE Sensors Journal**, [s. l.], v. 20, n. 24, p. 14873–14881, 2020.

CHIT, M. M. T.; SRISIRI, W.; SIRITANTIKORN, A.; KONGRUTTANACHOK, N.; BENJAPOLAKUL, W. Application of RFID and IoT technology into specimen logistic system in the healthcare sector. **ICAC 2021 - 3rd International Conference on Advancements in Computing, Proceedings**, [s. l.], p. 7–12, 2021.

ČOLAKOVIĆ, A.; HADŽIALIĆ, M. Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues. **Computer Networks**, [s. l.], v. 144, p. 17–39, 2018.

CUI, L.; ZHANG, Z.; GAO, N.; MENG, Z.; LI, Z. Radio Frequency Identification and Sensing Techniques and Their Applications—A Review of the State-of-the-Art. **Sensors 2019, Vol. 19, Page 4012**, [s. l.], v. 19, n. 18, p. 4012, 2019.

CURTIN, J.; KAUFFMAN, R. J.; RIGGINS, F. J. Making the “MOST” out of RFID technology: A research agenda for the study of the adoption, usage and impact of RFID. **Information Technology and Management**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 87–110, 2007.

DE FREITAS JÚNIOR, F. J.; BARROSO, G. N. A LOGÍSTICA COMO FORMA DE OBTER VANTAGEM COMPETITIVA. **REVISTA SOUZA MARQUES**, [s. l.], v. 16, n. 35, p. 37–79, 2017.

DELPLA, V.; HOF, L. A.; KENNÉ, J.-P. Closed loop supply chain optimization for Circular Manufacturing using Industry 4.0 technologies. [s. l.], 2020.

DEMESTICHAS, K.; DASKALAKIS, E. Information and Communication Technology Solutions for the Circular Economy. **Sustainability 2020, Vol. 12, Page 7272**, [s. l.], v. 12, n. 18, p. 7272, 2020.

DENUWARA, N.; MAIJALA, J.; HAKOVIRTA, M. Sustainability Benefits of RFID Technology in the Apparel Industry. **Sustainability 2019, Vol. 11, Page 6477**, [s. l.], v. 11, n. 22, p. 6477, 2019.

DOSSOU, P. E. Development of a new framework for implementing industry 4.0 in companies. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 38, p. 573–580, 2019.

DUBEY, G.; GUPTA, R. K.; KUMAR, S.; KUMAR, M. Study of industry 4.0 pillars and their uses in increasing productivity and reducing logistics defects. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], v. 63, p. 85–91, 2022.

FERREIRA, L. A. F.; SANTOS, A. C. de S. G. Dos; DIAS, J. de O.; PESSANHA, L. P. M. Engenharia de métodos: uma revisão de literatura sobre o estudo de tempos e movimentos. **Refas - Revista Fatec Zona Sul**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 31–46, 2018.

FREITAS, M. M. B. C. De; FRAGA, M. A. de F.; SOUZA, G. P. L. De. LOGÍSTICA 4.0: CONCEITOS E APLICABILIDADE: UMA PESQUISA-AÇÃO EM UMA EMPRESA DE TECNOLOGIA PARA O MERCADO AUTOMOBILÍSTICO. **Caderno PAIC**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 237–261, 2016.

GATTUSO, D.; CASSONE, G. C.; PELLICANÒ, D. S. A Micro-Simulation Model for an Intelligent Logistics Platform: Specification and Calibration Results. **Supply Chain Forum: An International Journal**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 52–69, 2014.

GIANG, N. K.; IM, J.; KIM, D.; JUNG, M.; KASTNER, W. Integrating the epcis and building automation system into the internet of things: A lightweight and interoperable approach. **Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 56–73, 2015.

GIOVANARDI, M.; KONSTANTINOU, T.; POLLO, R.; KLEIN, T. Internet of Things for building façade traceability: A theoretical framework to enable circular economy through life-cycle information flows. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 382, p. 135261, 2023.

GNIMPIEBA, Z. D. R.; NAIT-SIDI-MOH, A.; DURAND, D.; FORTIN, J. Using Internet of Things Technologies for a Collaborative Supply Chain: Application to Tracking of Pallets and Containers. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 550–557, 2015.

GUIDANI, B.; ACCORSI, R.; LUPI, G.; MANZINI, R.; RONZONI, M. An IoT-based maintenance framework for irrigation and drainage water management system at regional scale. **IFAC-PapersOnLine**, [s. l.], v. 55, n. 10, p. 3070–3075, 2022.

GUO, K.; XIE, X.; CHEN, S.; QI, H.; LI, K. Efficient collision-slot utilization for missing tags identification in RFID system. **Computer Communications**, [s. l.], v. 195, p. 61–72, 2022.

HADDARA, M.; STAABY, A. RFID Applications and Adoptions in Healthcare: A Review on Patient Safety. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 138, p. 80–88, 2018.

HEILIG, L.; LALLA-RUIZ, E.; VOSS, S. Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. **NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking**, [s. l.], v. 18, n. 2–3, p. 227–254, 2017.

HELO, P.; SHAMSUZZOHA, A. H. M. Real-time supply chain—A blockchain architecture for project deliveries. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, [s. l.], v. 63, p. 101909, 2020.

HENAO-HERNÁNDEZ, I.; SOLANO-CHARRIS, E. L.; MUÑOZ-VILLAMIZAR, A.; SANTOS, J.; HENRÍQUEZ-MACHADO, R. Control and monitoring for sustainable manufacturing in the Industry 4.0: A literature review. **IFAC-PapersOnLine**, [s. l.], v. 52, n. 10, p. 195–200, 2019.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. Dortmund.

HUANG, C. C.; LIANG, W. Y.; LIN, S. H.; TSENG, T. L.; WANG, Y. H.; WU, K. H. Detection of Potential Controversial Issues for Social Sustainability: Case of Green Energy. **Sustainability 2020, Vol. 12, Page 8057**, [s. l.], v. 12, n. 19, p. 8057, 2020.

HUANG, Q. On Establishment of Food Traceability System with Internet of Things. **Lecture Notes in Electrical Engineering**, [s. l.], v. 961 LNEE, p. 23–28, 2022.

HUSSAIN, M.; AMIN, Y.; LEE, K. G. A Compact and Flexible UHF RFID Tag Antenna for Massive IoT Devices in 5G System. **Sensors 2020, Vol. 20, Page 5713**, [s. l.], v. 20, n. 19, p. 5713, 2020.

ISLAM, M. T.; IYER-RANIGA, U.; TREWICK, S. Recycling Perspectives of Circular Business Models: A Review. **Recycling**, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 79, 2022.

IVANOV, D.; TANG, C. S.; DOLGUI, A.; BATTINI, D.; DAS, A. Researchers' perspectives on Industry 4.0: multi-disciplinary analysis and opportunities for operations management. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 59, n. 7, p. 2055–2078, 2021.

JAHANI, N.; SEPEHRI, A.; VANDCHALI, H. R.; TIRKOLAE, E. B. Application of Industry 4.0 in the Procurement Processes of Supply Chains: A Systematic Literature Review. **Sustainability 2021, Vol. 13, Page 7520**, [s. l.], v. 13, n. 14, p. 7520, 2021.

JINPING, Q. Application of wireless sensor on intelligent monitoring in logistics refrigerator car transportation. **Sensors and Transducers**, [s. l.], v. 160, n. 12, p. 250–255, 2013.

JONES, P.; CLARKE-HILL, C.; HILLIER, D.; COMFORT, D. The benefits, challenges and impacts of radio frequency identification technology (RFID) for retailers in the UK. **Marketing Intelligence and Planning**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 395–402, 2005.

KALKHA, H.; KHIAT, A.; BAHNASSE, A.; OUAJJI, H. Toward a reliable and responsive E-commerce with IoT. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 198, p. 614–619, 2022.

KANOJIA, A.; VISVANATHAN, C. Assessment of urban solid waste management systems for Industry 4.0 technology interventions and the circular economy. <https://doi.org/10.1177/0734242X21992424>, [s. l.], v. 39, n. 11, p. 1414–1426, 2021.

KÄRKKÄINEN, M. Increasing efficiency in the supply chain for short shelf life goods using RFID tagging. **International Journal of Retail & Distribution Management**, [s. l.], v. 31, n. 10, p. 529–536, 2003.

KATAYAMA, M.; NAKADA, H.; HAYASHI, H.; SHIMIZU, M. Survey of RFID and its application to international ocean/air container tracking. **IEICE Transactions on Communications**, [s. l.], v. E95-B, n. 3, p. 773–793, 2012.

KEIVANPOUR, S.; AIT KADI, D. Internet of Things Enabled Real-Time Sustainable End-of-Life Product Recovery. **IFAC-PapersOnLine**, [s. l.], v. 52, n. 13, p. 796–801, 2019.

KHUMAIDI, A.; PURWANTO, Y. A.; SUKOCO, H.; WIJAYA, S. H.; DARMAWAN, R. Design of smart system for fruit packinghouse management in supply chain. **2020 International Conference on Computer Science and Its Application in Agriculture, ICOSICA 2020**, [s. l.], 2020.

KIM, N. H. Design and implementation of Hadoop platform for processing big data of logistics which is based on IoT. **International Journal of Services, Technology and Management**, [s. l.], v. 23, n. 1–2, p. 131–153, 2017.

KIM, Y. woo; CHANG, T. W.; PARK, J. Gen2 RFID-Based System Framework for Resource Circulation in Closed-Loop Supply Chains. **Sustainability 2017, Vol. 9, Page 1995**, [s. l.], v. 9, n. 11, p. 1995, 2017.

LAI, J.; LUO, C.; WU, J.; LI, J.; WANG, J.; CHEN, J.; FENG, G.; SONG, H. TagSort: Accurate Relative Localization Exploring RFID Phase Spectrum Matching for Internet of Things. **IEEE Internet of Things Journal**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 389–399, 2020.

LAXMI, A. R.; MISHRA, A. RFID based Logistic Management System using Internet of Things (IoT). **Proceedings of the 2nd International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, ICECA 2018**, [s. l.], p. 556–559, 2018.

LE, N. T.; THWE CHIT, M. M.; TRUONG, T. Le; SIRITANTIKORN, A.; KONGRUTTANACHOK, N.; ASDORNWISED, W.; CHAITUSANEY, S.; BENJAPOLAKUL, W. Deployment of Smart Specimen Transport System Using RFID and NB-IoT Technologies for Hospital Laboratory. **Sensors 2023, Vol. 23, Page 546**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 546, 2023.

LEMOS, B. S.; BARBOSA, G. I.; SILVA, J. F. M. C.; MENEZES, J. W. M.; DE OLIVEIRA, T. Q. Estudo Comparativo de Middlewares para Internet das Coisas usando Plataformas Livres no Monitoramento de Ambientes. In: XXXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES 2016, **Anais...** [s.l: s.n.]

LIU, H.; XIE, H. Application of apparel network customization based on the Internet of Things. **ICCSE 2012 - Proceedings of 2012 7th International Conference on Computer Science and Education**, [s. l.], p. 888–892, 2012.

LIU, M. On Realization of Smart Logistic Warehouse Management with Internet of Things. **Smart Innovation, Systems and Technologies**, [s. l.], v. 332 SIST, p. 252–263, 2023.

LOBO, C. R.; WICAKSONO, H.; VALILAI, O. F. Implementation of Blockchain Technology to Enhance Last Mile Delivery Models with Sustainability Perspectives. **IFAC-PapersOnLine**, [s. l.], v. 55, n. 10, p. 3304–3309, 2022.

LU, Y.; XIE, C.; SHANG, L. Study on the Transformation of Military Logistical of Internet of Things Era. **Applied Mechanics and Materials**, [s. l.], v. 596, p. 119–122, 2014.

LUO, S.; CHOI, T. M. Operational Research for Technology-Driven Supply Chains in the Industry 4.0 Era: Recent Development and Future Studies. <https://doi.org/10.1142/S0217595920400217>, [s. l.], v. 39, n. 1, 2021.

MAÏZI, Y.; BENDAVID, Y. Designing a RFID/IoT prototype for improving COVID19 test centers daily operations. [s. l.], 2021.

MAR-ORTIZ, J.; CASTILLO-GARCÍA, N.; GRACIA, M. D. A decision support system for a capacity management problem at a container terminal. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 222, p. 107502, 2020.

MARINDRA, A. M. J.; PRATAMA, B. M.; SUROSO, D. J. Non-invasive Frozen Meat Monitoring System Using UHF RFID Tag Antenna-Based Sensing and RSSI. **Article in International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology**, [s. l.], v. 13, n. 1, 2023.

MARINELLI, M.; JANARDHANAN, M.; KOUMI, N. An Explorative Analysis of IoT Applications in Cold Chain Logistics. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, [s. l.], p. 1–8, 2021.

MARTINS, J. M. **Sistema de monitoramento de dados provenientes da energia fotovoltaica através de uma plataforma IOT de aquisição e controle**. 2019. UFRA / Campus Belém (PA), [s. l.], 2019.

MCFARLANE, D.; SHELFI, Y. The Impact of Automatic Identification on Supply Chain Operations. [s. l.], v. 1, n. 17, 2003.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. [s.l.] : Novatec, 2011.

MEJJAOULI, S. Internet of Things based Decision Support System for Green Logistics. **Sustainability 2022, Vol. 14, Page 14756**, [s. l.], v. 14, n. 22, p. 14756, 2022.

MENDES, J.; CURRALO, A.; CURADO, A.; LOPES, S. I. Fostering Sustainability on Campus: Design of an IoT-Enabled Smartbottle for Plastic Reduction in the Academic Environment. **Lecture Notes in Networks and Systems**, [s. l.], v. 277, p. 18–25, 2021.

MIEDES-UGARTE, B.; FLORES-RUIZ, D.; WANNER, P. Managing Tourist Destinations According to the Principles of the Social Economy: The Case of the Les Oiseaux de Passage Cooperative Platform. **Sustainability 2020, Vol. 12, Page 4837**, [s. l.], v. 12, n. 12, p. 4837, 2020.

MOHAMED, A.; QIYUAN, P.; ABID, M. M.; IQBAL, M. Integrated Maintenance Logistics Monitoring System for High Speed Rail, Based on Internet of Things Technology. [s. l.], 2020.

MOHAMMAD, G. B.; SHITHARTH, S.; SYED, S. A.; DUGYALA, R.; RAO, K. S.; ALENEZI, F.; ALTHUBITI, S. A.; POLAT, K. Mechanism of Internet of Things (IoT) Integrated with Radio Frequency Identification (RFID) Technology for Healthcare System. **Mathematical Problems in Engineering**, [s. l.], v. 2022, 2022.

MOHER, D.; SHAMSEER, L.; CLARKE, M.; GHERSI, D.; LIBERATI, A.; PETTICREW, M.; SHEKELLE, P.; STEWART, L. A.; ESTARLI, M.; BARRERA, E. S. A.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, R.; BALADIA, E.; AGÜERO, S. D.; CAMACHO, S.; BUHRING, K.; HERRERO-LÓPEZ, A.; GIL-GONZÁLEZ, D. M.; ALTMAN, D. G.; BOOTH, A.; CHAN, A. W.; CHANG, S.; CLIFFORD, T.; DICKERSIN, K.; EGGER, M.; GØTZSCHE, P. C.; GRIMSHAW, J. M.; GROVES, T.; HELFAND, M.; HIGGINS, J.; LASSESSON, T.; LAU, J.; LOHR, K.; MCGOWAN, J.; MULROW, C.; NORTON, M.; PAGE, M.; SAMPSON, M.; SCHÜNEMANN, H.; SIMERA, I.; SUMMERSKILL, W.; TETZLAFF, J.; TRIKALINOS, T. A.; TOVEY, D.; TURNER, L.; WHITLOCK, E. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 148–160, 2016.

MORAGA, G.; HUYSVELD, S.; MATHIEUX, F.; BLENGINI, G. A.; ALAERTS, L.; VAN ACKER, K.; DE MEESTER, S.; DEWULF, J. Circular economy indicators: What do they measure? **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 146, p. 452–461, 2019.

MORENO, V.; ZAMORA, M. A.; SKARMETA, A. F. A Low-Cost Indoor Localization System for Energy Sustainability in Smart Buildings. **IEEE Sensors Journal**, [s. l.], v. 16, n. 9, p. 3246–3262, 2016.

MUNOZ-AUSECHA, C.; RUIZ-ROSERO, J.; RAMIREZ-GONZALEZ, G. RFID Applications and Security Review. **Computation 2021, Vol. 9, Page 69**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 69, 2021.

NAGY, J.; OLÁH, J.; ERDEI, E.; MÁTÉ, D.; POPP, J. The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary. **Sustainability 2018, Vol. 10, Page 3491**, [s. l.], v. 10, n. 10, p. 3491,

2018.

NOVITASARI, N.; ANWAR, N. Enhanced Technology for Logistics Courier Delivery Using RFID Label to Minimize Processing Time. **JOIV : International Journal on Informatics Visualization**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 610–617, 2022.

O'GRADY, M. J.; O'HARE, G. M. P. Modelling the smart farm. **Information Processing in Agriculture**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 179–187, 2017.

PARDINI, K.; RODRIGUES, J. J. P. C.; HASSAN, S. A.; KUMAR, N.; FURTADO, V. Smart Waste Bin: A New Approach for Waste Management in Large Urban Centers. **IEEE Vehicular Technology Conference**, [s. l.], v. 2018- August, 2018.

Pesquisa Anual de Comércio | IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/comercio/9075-pesquisa-anual-de-comercio.html>. Acesso em: 24 jan. 2024.

PFEIFFER, A.; ADINEH, H.; UCKELMANN, D. Aligning Technic with Didactic – A Remote Laboratory Infrastructure for Study, Teaching and Research. **Lecture Notes in Networks and Systems**, [s. l.], v. 298, p. 78–86, 2022.

PLASILOVA, A.; PROCHAZKA, J. RFID-based Multi-purpose Smart Post Boxes in Smart Cities. **2022 6th International Conference on Smart Grid and Smart Cities, ICSGSC 2022**, [s. l.], p. 184–189, 2022.

POPOVIĆ, T.; KRČO, S.; MARAŠ, V.; HAKOLA, L.; RADONJIĆ, S.; VAN KRANENBURG, R.; ŠANDI, S. A novel solution for counterfeit prevention in the wine industry based on IoT, smart tags, and crowd-sourced information. **Internet of Things**, [s. l.], v. 14, p. 100375, 2021.

PRAJAPATI, D.; CHAN, F. T. S.; CHELLADURAI, H.; LAKSHAY, L.; PRATAP, S. An Internet of Things Embedded Sustainable Supply Chain Management of B2B E-Commerce. **Sustainability 2022, Vol. 14, Page 5066**, [s. l.], v. 14, n. 9, p. 5066, 2022.

PRATER, E.; FRAZIER, G. V.; REYES, P. M. Future impacts of RFID on e-supply chains in grocery retailing. **Supply Chain Management**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 134–142, 2005.

REIS, J. S. da M.; ESPUNY, M.; NUNHES, T. V.; SAMPAIO, N. A. de S.; ISAKSSON, R.; DE CAMPOS, F. C.; DE OLIVEIRA, O. J. Striding towards Sustainability: A Framework to Overcome Challenges and Explore Opportunities through Industry 4.0. **Sustainability 2021, Vol. 13, Page 5232**, [s. l.], v. 13, n. 9, p. 5232, 2021.

RENDON-BENAVIDES, R.; PEREZ-FRANCO, R.; ELPHICK-DARLING, R.; PLÀ-ARAGONÉS, L. M.; GONZALEZ ALEU, F.; VERDUZCO-GARZA, T.; RODRIGUEZ-PARRAL, A. V. In-transit interventions using real-time data in Australian berry supply

chains. **TQM Journal**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 759–777, 2023.

REY, A.; PANETTI, E.; MAGLIO, R.; FERRETTI, M. Determinants in adopting the Internet of Things in the transport and logistics industry. **Journal of Business Research**, [s. l.], v. 131, p. 584–590, 2021.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; BONILLA, S. H.; DA SILVA, M. T.; SÁTYRO, W. C. **Indústria 4.0**. [s.l.] : Blucher, 2018.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 811–833, 2016.

SAQIB, M.; MOON, A. H. A Concise Review on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Challenges, and Applications. **International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control**, [s. l.], v. 12, n. 9, p. 629–650, 2022.

SCAVARDA, A.; DAÚ, G.; SCAVARDA, L. F.; CAIADO, R. G. G. An Analysis of the Corporate Social Responsibility and the Industry 4.0 with Focus on the Youth Generation: A Sustainable Human Resource Management Framework. **Sustainability 2019, Vol. 11, Page 5130**, [s. l.], v. 11, n. 18, p. 5130, 2019.

SCHRAMM, V. B.; CABRAL, L. P. B.; SCHRAMM, F. Approaches for supporting sustainable supplier selection - A literature review. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 273, p. 123089, 2020.

SHARMA, N.; PANWAR, D. Green IoT: Advancements and Sustainability with Environment by 2050. **ICRITO 2020 - IEEE 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions)**, [s. l.], p. 1127–1132, 2020.

SHIVAM; GUPTA, M. Research Opportunities in Industry 4.0: A Literature Review. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, [s. l.], p. 223–236, 2021.

SINGH, P. K.; KUMAR, N.; GUPTA, B. K. Wireless Sensing with Radio Frequency Identification (RFID): Instrumental in Intelligent Tracking. **Lecture Notes in Electrical Engineering**, [s. l.], v. 701, p. 345–356, 2021.

SINGH, R.; SINGH, E.; NALWA, H. S. Inkjet printed nanomaterial based flexible radio frequency identification (RFID) tag sensors for the internet of nano things. **RSC Advances**, [s. l.], v. 7, n. 77, p. 48597–48630, 2017.

SINGH, S. K.; ROY, S. Internet of Things (IoT) Based Green Logistics Operations for Sustainable Development in the Indian Context. **Lecture Notes in Electrical**

Engineering, [s. l.], v. 642, p. 301–313, 2020.

SINGKARIN, W.; POUNGSANGTHANAKUL, K.; TEEKAKUN, K.; NAMYANG, P. COVID-19 vaccine track and traceability system. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, [s. l.], p. 6683–6684, 2021.

SKAWIŃSKA, E.; ZALEWSKI, R. I. Economic Impact of Temperature Control during Food Transportation—A COVID-19 Perspective. **Foods 2022, Vol. 11, Page 467**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 467, 2022.

SOUZA JUNIOR, W. D.; BALDISSERA, J. F.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de opções reais aplicada na diversificação da produção rural no estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 253–269, 2019.

TAN, H. Design for logistics business process reengineering in the context of internet of things. **Applied Mechanics and Materials**, [s. l.], v. 543–547, p. 4190–4193, 2014.

TEIZER, J.; NEVE, H.; LI, H.; WANDAHL, S.; KÖNIG, J.; OCHNER, B.; KÖNIG, M.; LERCHE, J. Construction resource efficiency improvement by Long Range Wide Area Network tracking and monitoring. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 116, p. 103245, 2020.

TEOH, Y. K.; GILL, S. S.; PARLIKAD, A. K. IoT and Fog-Computing-Based Predictive Maintenance Model for Effective Asset Management in Industry 4.0 Using Machine Learning. **IEEE Internet of Things Journal**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 2087–2094, 2023.

THÜRER, M.; PAN, Y. H.; QU, T.; LUO, H.; LI, C. D.; HUANG, G. Q. Internet of Things (IoT) driven kanban system for reverse logistics: solid waste collection. **Journal of Intelligent Manufacturing**, [s. l.], v. 30, n. 7, p. 2621–2630, 2019.

TIRKOLAE, E. B.; GOLI, A.; WEBER, G. W. A Robust Two-Echelon Periodic Multi-commodity RFID-Based Location Routing Problem to Design Petroleum Logistics Networks: A Case Study. **Communications in Computer and Information Science**, [s. l.], v. 1458 CCIS, p. 3–23, 2021.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.

TRAPPEY, A. J. C.; TRAPPEY, C. V.; FAN, C. Y.; HSU, A. P. T.; LI, X. K.; LEE, I. J. Y. IoT patent roadmap for smart logistic service provision in the context of Industry 4.0. **Journal of the Chinese Institute of Engineers**, [s. l.], v. 40, n. 7, p. 593–602, 2017.

TSENINA, E. V.; ERYGIN, K. V.; KURBATSOVA, E. S. Research on The Use of Logistics Efficiency Improvement Tools by Russian Companies. **Lecture Notes in**

Networks and Systems, [s. l.], v. 397 LNNS, p. 513–522, 2022.

WANG, P.; LIANG, B.; ZHAO, R.; ZHANG, P.; ZHANG, X.; XU, C. An RFID Localization System for Smart Logistics. **SenSys 2022 - Proceedings of the 20th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems**, [s. l.], p. 849–850, 2022.

WANG, Q.; YANG, X. Research on IOT Based Special Supply Mode of Agricultural Products. **2014 International Conference on Mechatronics, Electronic, Industrial and Control Engineering, MEIC 2014**, [s. l.], p. 1740–1743, 2014.

WATANABE, H.; SAITO, K.; MIYAZAKI, S.; OKADA, T.; FUKUYAMA, H.; KATO, T.; TANIGUCHI, K. Proof of Authenticity of Logistics Information with Passive RFID Tags and Blockchain. **2021 IEEE International Conference on Electronic Communications, Internet of Things and Big Data, ICEIB 2021**, [s. l.], p. 213–216, 2021.

WEI, Z.; ALAM, T.; AL SULAIE, S.; BOUYE, M.; DEEBANI, W.; SONG, M. An efficient IoT-based perspective view of food traceability supply chain using optimized classifier algorithm. **Information Processing & Management**, [s. l.], v. 60, n. 3, p. 103275, 2023.

WILLIAMS, J. M.; GAO, F.; QIAN, Y.; SONG, C.; KHANNA, R.; LIU, H. Solar and RF energy harvesting design model for sustainable wireless sensor tags. **2020 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks, WiSNeT 2020**, [s. l.], p. 1–4, 2020.

WONG, E. Y. C.; WONG, W. H. The Development of Reusable Luggage Tag with the Internet of Things for Mobile Tracking and Environmental Sustainability. **Sustainability 2017, Vol. 9, Page 58**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 58, 2016.

XIAOYONG, T. Chaos Encryption Algorithm to Deal with Security Threat to Internet of Things RFID. **Journal of Networks**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 1168-1174-, 2013.

XU, S.; LI, G.; OU, H.; WU, W. Research and demonstration of dynamic intelligent logistics system of the collection and transportation process of giant municipal garbage. **Lecture Notes in Electrical Engineering**, [s. l.], v. 286, p. 39–50, 2015.

YU, X.; BAI, Y. Internet of Things and its Application in Intelligent Logistics. **Applied Mechanics and Materials**, [s. l.], v. 241–244, p. 3201–3204, 2013.

YUSIANTO, R.; MARIMIN; SUPRIHATIN; HARDJOMIDJOJO, H. Intelligent spatial decision support system concept in the potato agro-industry supply chain. **2020 International Conference on Computer Science and Its Application in Agriculture, ICOSICA 2020**, [s. l.], 2020.

YUTAN, Z.; GENGBAO, H. Exploration and analysis of intelligent IoT based on the difficult environment of warehouse indoor positioning. **2022 IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers, IPEC 2022**, [s. l.], p. 418–421, 2022.

ZHANG, G.; ZHANG, H.; LV, J. Planning and Design of Transshipment Center Platform Based on Internet of Things. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, [s. l.], v. 1146 AISC, p. 531–537, 2020.

ZHANG, K.; AO, Z.; TANG, C.; WANG, Y.; ZHU, W.; FENG, B. Application of internet of things in combined operation logistics support. **Proceedings - 4th International Conference on Computational and Information Sciences, ICCIS 2012**, [s. l.], p. 388–391, 2012.

ZHANG, R.; ZHOU, X.; JIN, Y.; LI, J. Intelligent Warehousing and Logistics Management System of Electronic Market Based on Machine Learning. [s. l.], 2022.

ZHAO, Y.; SHI, P.-Y. Intelligent Express Freight System Based on Internet of Things Technology. **ICIC Express Letters, Part B: Applications**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 1007–1012, 2012.

ZHONG, R. Y.; PENG, Y.; FANG, J.; XU, G.; XUE, F.; ZOU, W.; HUANG, G. Q. Towards Physical Internet-enabled prefabricated housing construction in Hong Kong. **IFAC-PapersOnLine**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 1079–1086, 2015.

ZHONG, R. Y.; XU, C.; CHEN, C.; HUANG, G. Q. Big Data Analytics for Physical Internet-based intelligent manufacturing shop floors. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 55, n. 9, p. 2610–2621, 2017.

ZHONG, R. Y.; XU, X.; WANG, L. IoT-enabled Smart Factory Visibility and Traceability Using Laser-scanners. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 10, p. 1–14, 2017.

ZHOU, W.; PIRAMUTHU, S. Remanufacturing with RFID item-level information: Optimization, waste reduction and quality improvement. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 145, n. 2, p. 647–657, 2013.

ZIDI, H.; HAMANI, N.; LAJIL, C.; BENAISSE, M. A reconfiguration approach for a supply chain tracking platform. **International Journal of Shipping and Transport Logistics**, [s. l.], v. 14, n. 1–2, p. 94–113, 2022.