

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL GUILHERME HAUAGGE SANTOS

SISTEMA RFID DE LEITURA PARA COMPRAS EM SUPERMERCADOS

CAMPO MOURÃO

2023

GABRIEL GUILHERME HAUAGGE SANTOS

SISTEMA RFID DE LEITURA PARA COMPRAS EM SUPERMERCADOS

RFID Read system for purchases in supermarkets

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica do Curso de Bacharelado em Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Regis Monteiro

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GABRIEL GUILHERME HAUAGGE SANTOS

SISTEMA RFID DE LEITURA PARA COMPRAS EM SUPERMERCADOS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Eletrônica do Curso de Bacharelado em Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 31/08/2023

Osmar Tormena Junior
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Eduardo Giometi Bertogna
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

André Luiz Regis Monteiro
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO
2023

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço primeiramente a Deus por me dar o dom da vida, a minha família, por sempre estar do meu lado e acreditar em mim.

Em especial, agradeço aos meus pais Marasyllvia Guilherme e Elias Hauagge por sempre me apoiarem e me darem forças para superar os desafios no caminho. Graças à eles, sempre tive tudo que precisei em minha vida e pude me tornar o que sou hoje. Sou eternamente grato a eles. Agradeço à minha namorada, Viviane Oliva, pelas palavras de incentivo, por sempre estar ao meu lado me apoiando e por ser uma pessoa maravilhosa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. André Monteiro, por orientar o desenvolvimento do trabalho de forma que o mesmo fosse executado da melhor maneira possível. Aos professores do departamento de Engenharia Eletrônica pelo conhecimento transmitido durante a graduação.

Aos meus amigos que estiveram do meu lado durante a graduação pelas momentos felizes e tristes que tivemos, em especial meus amigos Stefano Modena Mateus Ribeiro, Gabriel Medeiros , Wagner Sarto, Rafael Bartoski, Flávia Cavalcante.

Agradeço a todos aqueles que estiveram presentes durante minha graduação

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um sistema de leitura para compras em supermercados utilizando tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID). O sistema proposto é capaz de identificar produtos sem a necessidade de códigos de barras, tornando a experiência de compra mais eficiente e prática para os consumidores. Ele utiliza um leitor RFID equipado com uma única antena para capturar as informações das etiquetas RFID. A antena tem um alcance máximo de 2 m, permitindo a leitura dos produtos à medida que passam dentro da área de alcance da mesma. As informações coletadas pelo leitor são enviadas para o servidor que busca as informações coletados em um banco de dados e as envia, para o sistema de interface do usuário, que calcula o valor total da compra. Este sistema apresenta diversas vantagens em relação aos sistemas tradicionais de cobrança, além de ser mais eficiente e prático, ele reduz o tempo de espera na fila do caixa e também pode aumentar a satisfação do cliente e ajudar a prevenir fraudes e erros na contagem de produtos.

Palavras-chave: RFID; leitor RFID; supermercados; etiquetas RFID.

ABSTRACT

This work aims to present an automated billing system for supermarkets using Radio Frequency Identification (RFID) technology. The proposed system can identify products without the need for barcode scanning, making the shopping experience more efficient and convenient for consumers. It employs a RFID reader equipped with a single antenna to capture information from RFID tags. The antenna has a maximum range of 2 meters, allowing products to be read as they pass within its coverage area. The data collected by the reader is sent to the server, which retrieves the information from a database and forwards it to the user interface system, calculating the total purchase amount. This system offers several advantages compared to traditional billing methods. It is more efficient and practical, reducing waiting times at the checkout line, increasing customer satisfaction, and helping prevent fraud and product counting errors.

Keywords: RFID; reader RFID; supermarket; tags RFID.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo da composição de um sistemas RFID	14
Figura 2 – Exemplo de <i>tags</i> RFID	15
Figura 3 – Esquema básico de uma etiqueta passiva	15
Figura 4 – Diagrama de radiação de uma antena de polarização circular	17
Figura 5 – Kit FM5: (a) <i>Hardware</i> com módulo RFID, (b) Antena que vai conectada ao módulo	20
Figura 6 – Diagrama de bloco do funcionamento do sistema	22
Figura 7 – Fluxograma do funcionamento do software em python	23
Figura 8 – Protótipo montado	24
Figura 9 – Esquemático da modelagem do Servidor	26
Figura 10 – Imagem dos produtos cadastrados no banco de Dados	27
Figura 11 – Tela inicial	28
Figura 12 – Tela de carregamento	29
Figura 13 – Tela de relação de produtos	30
Figura 14 – Tela de relação de produtos	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de tempo de espera e satisfação do cliente	12
Tabela 2 – Tabela de faixa de frequências utilizadas	18
Tabela 3 – Tabela Antenas comerciais FONKAN compatíveis com leitor UHF do projeto	20
Tabela 4 – Tabela Resultado Teste Número máximo de iterações	30
Tabela 5 – Tabela Resultado de Testes Utilizando Sacos Plásticos	30
Tabela 6 – Tempo de 5 segundos	37
Tabela 7 – Tempo de 10 segundos	39
Tabela 8 – Tempo de 15 segundos	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Siglas

EPC	Código de Produto Eletrônico, do inglês <i>Eletronic Product Code</i>
HF	Alta Frequência, do inglês <i>High Frequency</i>
IA	Inteligencia Artificial, do inglês <i>Artificial Intelligence</i>
IP	Protocolo de internet, do inglês <i>Internet Protocol</i>
LF	Baixa Frequência, do inglês <i>Low Frequency</i>
RFID	Identificação por Radio Frequência, do inglês <i>Radio Frequency Identification</i>
UART	Transmissor Receptor Assíncrono Universal , do inglês <i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i>
UHF	Ultra Alta Frequência, do inglês <i>Ultra High Frequency</i>
WORM	Escrever Uma Vez, Ler Muitas Vezes, do inglês <i>Write One Read Many</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivos específicos	10
1.2	Justificativa	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Supermercados	12
2.1.1	Automatização em setores de supermercados	13
2.2	RFID	13
2.2.1	Componentes RFID	14
<u>2.2.1.1</u>	<u>Tags</u>	14
2.2.1.1.1	Tags Passivas	14
2.2.1.1.2	Tags semi-passivas	15
2.2.1.1.3	Tags Ativas	15
2.2.1.1.4	Classes das tags	16
<u>2.2.1.2</u>	<u>Leitor</u>	17
2.2.1.3	Faixa de Frequências	17
<u>2.2.1.4</u>	<u>Controlador</u>	18
3	METODOLOGIA	19
3.1	Visão Geral	19
3.1.1	Leitor	19
3.1.2	A Escolha da Antena	19
3.1.3	A Escolha das Etiquetas RFID	20
3.1.4	Softwares e Interface Gráfica	20
3.2	Método	21
3.2.1	Software Leitor	22
3.2.2	Testes	24
3.2.3	NextJS	25
3.2.4	Servidor	25
3.2.5	Interface Gráfica	25
3.2.6	Modelagem Banco de dados	26

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1	Página <i>web</i>	28
4.1.1	Tela Inicial	28
4.1.2	Tela de carregamento	28
4.1.3	Tela de relação de itens	29
4.2	Servidor	29
4.3	Testes	29
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33
	APÊNDICE A TABELA DE TESTE COM TEMPO OCIOSO	37

1 INTRODUÇÃO

O código de barras foi inventado em 1948 por Bernard Silver e Norman Joseph Woodland, porém, os primeiros códigos eram baseados em tinta e luz ultravioleta, o que inviabilizava a aplicação em larga escala. Somente 25 anos depois, com o avanço tecnológico, foi possível criar um leitor de códigos de barras com tamanho adequado e preço mais acessível. Em seguida, foi criado um padrão de códigos para adequar aos produtos do inventário dos supermercados, e dois anos depois, um padrão mundial EAN foi criado. Atualmente, a tecnologia de códigos de barras é amplamente aplicada em diversos segmentos, como mercados de varejo e atacado (SIMÕES, 2015; REI, 2010).

Ao longo do tempo, novas tecnologias surgiram com o objetivo de substituir o código de barras e tornar o sistema de cobrança automático. Entre essas tecnologias está a Identificação por Radiofrequência (Identificação por Radio Frequência, do inglês *Radio Frequency Identification* (RFID)), que atualmente é cada vez mais utilizada em diversas indústrias, incluindo o varejo. Esse sistema é capaz de identificar múltiplas etiquetas RFID sem a necessidade de estarem próximas ao leitor e sem contato direto. Reduzindo o tempo de espera na fila do caixa e minimizando erros na identificação de produtos, esse sistema pode aumentar a satisfação do cliente e melhorar a eficiência geral do supermercado (ARAUJO; NASCIMENTO, 2018; LI *et al.*, 2006; BOALIN, 2015).

1.1 Objetivos

Desenvolver um protótipo de sistema automatizado para leitura de *tags* RFID fixadas em produtos de supermercados, que faça a leitura e contabilização dos produtos. Visando dar mais segurança e agilidade no fluxo de clientes nos terminais de pagamentos.

1.1.1 Objetivos específicos

O objetivo principal é composto dos seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver interface gráfica utilizando NextJs para apresentação das informações de leitura;
- Desenvolver um servidor em Node.js (JavaScript) para comunicar com a página web e o *software* de leitura feito em Python;
- Desenvolver algoritmo de comunicação com leitor;
- Realizar modelagem do banco de dados;
- Desenvolver algoritmo para realizar transações com banco de dados;

- Montar um protótipo e testá-lo;

1.2 Justificativa

Segundo Romano (2011), as próximas décadas trarão mais transformações no comportamento de compra das pessoas do que os últimos anos. Isso se deve ao fato de que os consumidores da nova era têm acesso a uma quantidade impressionante de opções, o que inevitavelmente levará os mercados serem redesenhados em todos os setores, demandando a criação de novos produtos, serviços e canais de vendas.

Devido à intensa concorrência pelos compradores, o setor varejista precisa investir em lojas, instalações, equipamentos, serviços de suporte antes e depois da venda, logística, automação e tecnologia de marketing. Isso torna a atividade de varejo extremamente desafiadora (MATTAR, 2011). Segundo Costa, Santana e Trigo (2015), neste cenário mais competitivo, as empresas têm buscado constantemente formas de agilizar e melhorar a experiência de compra do cliente.

Com o objetivo de lidar com o grande fluxo de pessoas em supermercados e proporcionar uma experiência de compra mais eficiente, a implementação de um sistema de cobrança automático com tecnologia RFID pode ser uma solução. A tecnologia RFID permite identificar os produtos de forma rápida e precisa, eliminando a necessidade de leitura de códigos de barras e reduzindo filas e tempo de espera para os clientes. Além disso, a tecnologia RFID pode ajudar a minimizar erros humanos e fraudes, proporcionando maior transparência e segurança nas transações comerciais, o que torna essa tecnologia uma importante aliada para o setor varejista (OLIVEIRA, 2014).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Supermercados

Com o estilo de vida atual, as pessoas precisam gerenciar múltiplas atividades diárias, o que representa um desafio na administração do tempo, não apenas no ambiente de trabalho, mas também na execução de tarefas pessoais e atividades diárias, incluindo compras em supermercados. Embora os supermercados usem tecnologias para acelerar o processo de compra, como leitores de código de barras e pagamentos por cartão de crédito, há uma tendência de reinventar seus processos de vendas com tecnologias avançadas que permitam o autoatendimento, reduzam custos com funcionários e diminuam a percepção de permanência no supermercado, lotação e filas (MOURA, 2018).

As filas e o tempo de espera são fatores importantes para a insatisfação dos clientes em supermercados, afetando negativamente a rapidez e a qualidade do atendimento. Segundo Rinaldi (2007), o tempo de permanência do cliente no supermercado é influenciado pelo tempo de espera na fila do caixa. Os consumidores associam o tempo gasto no supermercado à falta de organização do estabelecimento, criando um dilema para os supermercados, que devem equilibrar o nível de serviço oferecido aos clientes com a capacidade do sistema de atendimento (MORABITO; LIMA, 2000).

Um estudo realizado por Moura (2018) apontou que as filas nos caixas são um dos principais problemas em supermercados, e a espera acima de sete minutos ainda é considerada inaceitável. Segundo Pruyn e Smidts (1998), um dos fatores que influenciam na escolha do mercado para fazer compras é o tempo de espera em filas. Portanto, um atendimento ágil e de qualidade é fundamental para a satisfação do cliente. A Tabela 1 apresenta o tempo de espera e o nível de satisfação do cliente em diferentes supermercados.

Tabela 1 – Tabela de tempo de espera e satisfação do cliente

Tempo de espera	Nível de Satisfação
Até 3 minutos	O cliente não percebe a fila
De 3 a 7 minutos	Ele acha razoável a espera
De 7 a 15 minutos	O cliente se incomoda com a espera
Acima de 15	Acha inaceitável

Fonte: ARAUJO e NASCIMENTO (2018, p. 13).

Monteiro *et al.* (2018) apontam que o tempo médio de espera em filas durante os momentos de maior fluxo de pessoas é de 20 minutos. Esta demora ocorre devido a alguns problemas enfrentados durante o atendimento ao cliente. Um desses problemas é o de digitar o código de barras que, segundo os autores, aumenta em 1,1 minutos o tempo de espera.

2.1.1 Automatização em setores de supermercados

Os supermercados enfrentam desafios com as filas de espera, mas têm adotado diversas estratégias para resolvê-los. De acordo com Toledo (2022), algumas soluções incluem mais caixas operando durante os períodos de maior fluxo de pessoas, caixas de autoatendimento e vendas online. Além disso, o setor supermercadista está sempre em busca de inovações tecnológicas para diminuir custos operacionais e dinamizar o atendimento ao cliente (OLIVEIRA, 2018). A adoção da Tecnologia da Informação pelos supermercados teve como objetivo a organização interna da empresa, mas posteriormente foi introduzida nas frentes de loja para aumentar a produtividade dos caixas (ARAUJO; NASCIMENTO, 2018).

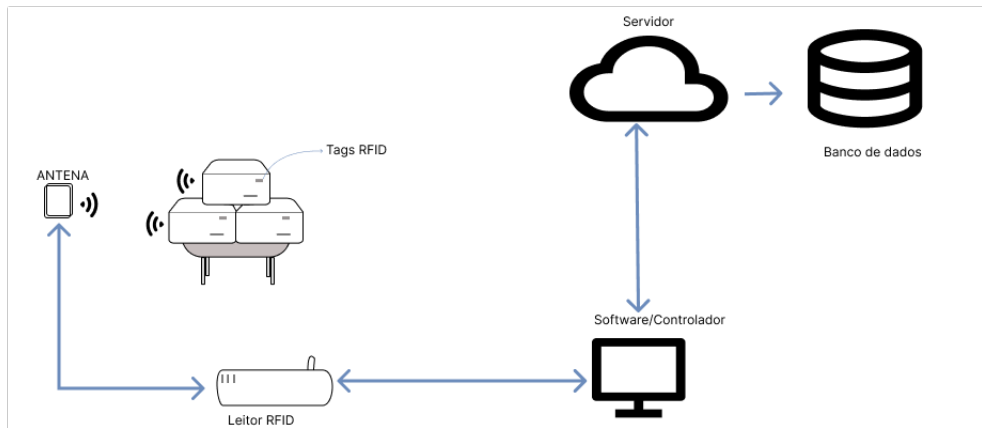
O uso do código de barras revolucionou a identificação de produtos e ajudou a resolver o problema de filas nos supermercados, como destaca Simões (2015). Outra solução implementada é uma tecnologia empregada chamada "*Rapid Scan Till*", que utiliza um *scanner* capaz de ler o código de barras de vários produtos que passam por uma esteira. A ferramenta *Self-Checkout* também é uma inovação no segmento de atendimento ao cliente que permite aos varejistas se diferenciarem da concorrência ao proporcionar aos clientes a autonomia de efetuar o pagamento de seus produtos e serviços sem a ajuda de um atendente (SILVA *et al.*, 2021).

Lumi (2018) apresenta outras soluções, como um sistema de infravermelho que identifica o calor humano em filas do caixa e indica a necessidade de abrir outra caixa registradora para reduzir as filas. Alguns supermercados adotaram carrinhos inteligentes, que utilizam tecnologias como inteligência artificial Inteligencia Artificial, do inglês *Artificial Intelligence* (IA) e processamento de imagens para identificar os produtos tirados da prateleira e colocados no carrinho (ALVIM, 2021). Em resumo, os supermercados têm investido em tecnologias e estratégias que visam oferecer mais agilidade e autonomia aos clientes, além de melhorar a produtividade e reduzir custos operacionais.

2.2 RFID

RFID é uma tecnologia de identificação automática e captura de dados sem fio, que é composta por uma etiqueta com microchip, um leitor com antena e um *middleware* (computador) com um *software*, conforme mostra a Figura 1, de controle das informações. A *tag* se comunica com o leitor via frequências de rádio, enviando informações sobre o produto em que está fixada. A tecnologia RFID, é utilizada para identificar pessoas, animais e produtos por meio de *tags* contendo informações sobre o objeto ao qual está acoplada. A *tag* é responsável por identificar o item, enquanto o leitor lê e decodifica as informações contidas na *tag*. As informações são enviadas para o computador, que manipula os dados e os envia para o sistema gestor. A tecnologia tem diversas aplicações, como na gestão de estoques e logística (ALDAY; PINOCHET, 2002; NEPOMUCENO, 2011).

Figura 1 – Exemplo da composição de um sistemas RFID



Fonte: Autoria própria (2023).

2.2.1 Componentes RFID

2.2.1.1 Tags

As *tags* são dispositivos eletrônicos com diferentes sistemas de armazenamento, comunicação, tamanhos, formatos de antenas, encapsulamentos e frequências de operação, classificadas por capacidade de leitura e escrita de dados. Cada *tag* tem um padrão global de identificação de produtos chamado Código de Produto Eletrônico, do inglês *Electronic Product Code* (EPC). Os diferentes tipos de *tags* são usados para diversas aplicações, incluindo etiquetas rígidas para baixas frequências, etiquetas flexíveis para frequências de Ultra Alta Frequência, do inglês *Ultra High Frequency* (UHF) e etiquetas para superfícies metálicas. A Figura 2 mostra alguns exemplos de etiquetas (NEPOMUCENO, 2011; PRATA, 2008; JUNIOR, 2006).

2.2.1.1.1 *Tags Passivas*

As etiquetas RFID passivas são compostas por um microchip, uma antena e um substrato, como mostra a Figura 3. Não possuem baterias internas para seu funcionamento. Ela utiliza-se do sinal eletromagnético emitido pelo leitor, que quando é detectado pela antena, conectada ao microchip da *tag*, é energizado e envia um sinal modulado com os dados gravados na memória, para o leitor. Essa resposta é dada através do sinal retro espalhado (*backscatter*), que é o principal meio de comunicação RFID entre a *tag* passiva e o leitor. O chaveamento de impedância (que alterna entre baixa e alta impedância), na entrada do microchip, é responsável por modular o sinal retro espalhado. Este tipo de *tag* tem vida útil longa, quando comparado com as *tags* ativas (etiquetas que possuem bateria interna) e dispensam a necessidade de ma-

Figura 2 – Exemplo de tags RFID



Fonte: adaptado Batista (2021).

nutrição. Entre os modelos de *tags* existentes, também existem *tags* anti-metal que diferem no modelo da antena e do substrato (LIZASOAIN *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2021).

Figura 3 – Esquema básico de uma etiqueta passiva



Fonte: (BOALIM, 2015).

2.2.1.1.2 Tags semi-passivas

As *tags* semi-passivas têm uma fonte de energia própria, como bateria ou célula solar, que é usada para manter os dados contidos no chip por mais tempo, mas não para a transmissão de dados. Eles funcionam de maneira semelhante as *tags* passivas, mas têm um alcance maior devido à presença da fonte de energia (AIRES *et al.*, 2016).

2.2.1.1.3 Tags Ativas

As *tags* ativas são alimentadas por uma bateria interna e permitem processo de leitura e escrita, e emitem por si só, o sinal de rádio que as identifica. Devido a essa característica,

esta etiqueta permite que a leitura seja feita em uma distância maior que a etiqueta passiva de mesma frequência e também é capaz de se comunicar com o leitor através de materiais normalmente impenetráveis para ondas eletromagnéticas (NARCISO, 2008; BANKS *et al.*, 2007).

Neste tipo de etiqueta é possível implementar outros periféricos para sua utilização, como por exemplos sensores de temperatura, umidade, pressão (BANKS *et al.*, 2007).

2.2.1.1.4 Classes das tags

Atualmente, existem cinco classes disponíveis. De acordo com Puhlmann (2020), VIOLINO (2023) as classes são:

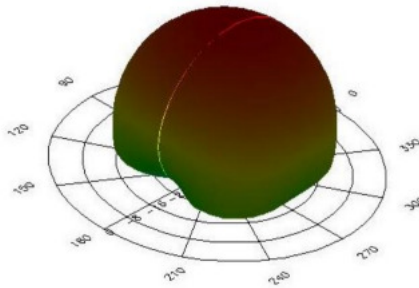
- Classe 0: São as *tags* passivas tipo "*Read Only*" que contém apenas um número de série que são programadas de fábrica e não podem ser alteradas posteriormente. Essas etiquetas são frequentemente utilizadas para fins de segurança, como prevenção de furtos.
- Classe 1: Também conhecida como *Write Once Read Many* (Escrever Uma Vez, Ler Muitas Vezes, do inglês *Write One Read Many* (WORM)), também passivas, permite uma única programação, seja pela fábrica ou pelo usuário, e contém memória adicional para armazenar informações sobre o produto. Após a gravação das informações, elas só podem ser lidas.
- Classe 2: São *tags* passivas e também são conhecidas como "*Read Write*", que permite a leitura e a escrita de dados na memória a qualquer momento. Essas etiquetas são, frequentemente, utilizadas como registradores de dados, já que possuem mais espaço de memória.
- Classe 3: São *tags* semi-passiva e do tipo "*Read Write*" com sensores *on-board*, que gravam parâmetros como temperatura, pressão e movimento e podem armazená-los na memória da *tag*.
- Classe 4: As *tags* são do tipo "*Read Write*" com transmissores integrados. São dispositivos de rádio em miniatura que permitem a comunicação com outras etiquetas e dispositivos sem a necessidade de um leitor. Essas etiquetas são, frequentemente, ativas e são usadas para formar redes inteligentes de logística.
- Classe 5: *Tag* ativa que usa uma bateria embutida para operar o circuito do *microchip* e alimentar um transmissor que transmite um sinal para um leitor.

2.2.1.2 Leitor

Os leitores de RFID, também conhecidos como interrogadores ou detectores, são equipamentos compostos por antena e interface de comunicação.

A antena é responsável pela transmissão e recepção de informações. É essencial que as antenas atendam a parâmetros adequados para a aplicação desejada, como ganho, eficiência e polarização. A polarização, em particular, é um fator essencial que influencia a identificação correta das etiquetas do sistema (ALBUQUERQUE *et al.*, 2018). De acordo com (ARAUJO *et al.*, 2018), a polarização das ondas eletromagnéticas varia conforme o modelo de antena escolhido, podendo ser com polarização linear (em apenas uma direção) ou circular conforme mostra a Figura 4, que irradia o sinal em várias direções.

Figura 4 – Diagrama de radiação de uma antena de polarização circular



Fonte: Teixeira (2017).

A interface de comunicação é responsável por enviar dados ao computador, que, através de um *software*, controla o fluxo de informações entre o leitor e uma base de dados (ZUQUIM, 2004).

Segundo Filho (2020), os leitores RFID têm como principal objetivo efetuar a leitura das *tags* presentes dentro de sua área de cobertura. Além disso, os leitores que operam na frequência UHF, tem implementado em seu código um algoritmo anticolisão, que possibilita a leitura simultânea de várias *tags*. Conforme destacado por Zuquim (2004) há vários tipos de interfaces de comunicação comuns em sistemas RFID, como RS-232, RS-485, Transmissor Receptor Assíncrono Universal, do inglês *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART), serial e USB.

2.2.1.3 Faixa de Frequências

A tecnologia RFID trabalha em várias faixas de frequência, sendo elas: baixa frequência (Baixa Frequência, do inglês *Low Frequency* (LF)), alta frequência (Alta Frequência, do inglês *High Frequency* (HF)), ultra alta frequência (UHF) e microondas (PASTANA, 2012; REI, 2010). A diferença entre as frequências são a velocidade de comunicação, alcance e autonomia em alguns meios e materiais. A Tabela 2 mostra o alcance, vantagens e desvantagens de cada frequência.

Tabela 2 – Tabela de faixa de frequências utilizadas

Frequência	Alcance	vantagens	Desvantagens
125 kHz (<i>Low Frequency</i>)	até 10 cm	Menor suscetibilidade a interferência eletromagnética	Baixa velocidade de leitura e gravação e baixa capacidade de armazenamento de dados.
13,56 MHz (<i>High Frequency</i>)	até 150 cm	Maior suscetibilidade a interferência eletromagnética do que a faixa LF.	Suscetibilidade a interferência de objetos metálicos de armazenamento de dados.
860-960 MHz (<i>Ultra High Frequency</i>)	até 10 m	Alcance intermediário, Alta capacidade de armazenamento de dados	Suscetível a interferências eletromagnéticas, como objetos metálicos, líquidos e outros materiais.
2,4 GHz (<i>Super High Frequency</i>)	> 10 m	Baixo custo Consumo de Energia Baixo	Maior suscetibilidade a interferências eletromagnéticas do que as outras faixas. Pode causar interferência em outros dispositivos de rádio. Maior potência necessária para operar.

Fonte: adaptado Pastana (2012).

2.2.1.4 Controlador

Também conhecido como computador, atua como um intermediário que faz a comunicação entre o dispositivo de *hardware* e *software*, como os leitores RFID e os sistemas de gerenciamento de dados. Ele é responsável por coletar e filtrar dados brutos dos leitores, normalizar esses dados e integrá-los a uma interface na qual mostra as informações das *tags* coletadas.

3 METODOLOGIA

O foco deste capítulo é relatar as estratégias e procedimentos que foram empregados para atingir o objetivo do trabalho.

3.1 Visão Geral

O presente trabalho foi realizado em 3 etapas.

Na primeira etapa, foi realizada uma pesquisa para identificar o equipamento adequado e mais em conta para realizar leitura de etiquetas à distância requerida, compatíveis com o leitor, que apresentasse eficácia em variados tipos de materiais e superfícies onde as etiquetas serão fixadas.

3.1.1 Leitor

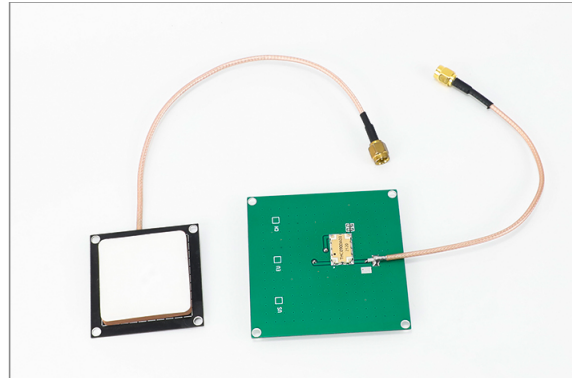
Foi realizado uma pesquisa de mercado para escolher qual leitor seria utilizado para o experimento, considerando o preço do equipamento, a capacidade de leitura de várias *tags* e o alcance de leitura. De quatro modelos de leitores pesquisados, optou-se o leitor mais em conta. Os leitores em questão são: *Impinj Speedway Revolution R420 UHF RFID Reader (4 Port)*, *Alien Technology ALR-F800-X*, *ThingMagic M6e Embedded RFID Reader Module* e o Leitor RFID *Kit FM-503*. Todos os quatros modelos operam na mesma frequência e têm o mesmo alcance. A diferença entre eles são a quantidade de antenas de cada leitor e o valor. Com exceção do kit FM-503 que tem apenas uma, todos os outros modelos citados contém 4 antenas, porém, tem o preço mais elevado. Por isso foi escolhido o leitor kit FM-503 .

O módulo FM 503 da FONKAN é um leitor de RFID que pode operar nas frequências entre 860 a 960 MHz. A faixa de frequência utilizada neste projeto é de 940 à 960 MHz, conforme estabelecido pela Agência Nacional de Telecomunicação (ANATEL) na resolução N^o 726 de 05 de maio de 2020, órgão regulador responsável por definir as condições de uso do espectro eletromagnético no Brasil (ANATEL, 2020). O leitor é capaz de ler várias *tags* com alcance de 2 m e possui um algoritmo de anticolisão em seu *software*, o que permite gerenciar colisões durante a leitura. A antena é desacoplada, tornando-o compatível com antenas de diferentes tamanhos, e possui interface de comunicação USB, TTL e RS232 (FONKAN, 2022). A Figura 5 mostra a aparência do módulo FM 503.

3.1.2 A Escolha da Antena

Todas as antenas disponíveis compatíveis com o leitor escolhido, são de polarização circular, variando em tamanho, alcance, ganho e valor, como ilustrado na Tabela 3:

Figura 5 – Kit FM5: (a) Hardware com módulo RFID, (b) Antena que vai conectada ao módulo
(a) Hardware Leitor RFID **(b) Antena**



Fonte: Fonkan (2022).

Tabela 3 – Tabela Antenas comerciais FONKAN compatíveis com leitor UHF do projeto

Tamanho	Alcance (m)	Ganho (dbi)	Modelo	Valor(R\$)
4 cm x 5cm	2	3	FA-303	68,49
6 cm x 7 cm	3	4	FA-304	91,02
8 cm x 9 cm	3,5	5	FA-305	100,35
8 cm x 12 cm	4	5,5	FA-305A	116,56

Fonte: Autoria própria (2023).

Considerando a Tabela 3 , que apresenta o alcance, ganho e valor de cada antena, e que, um alcance de 2 m, para o propósito do projeto, seria suficiente, optou-se pela aquisição do modelo de antena FA-303

3.1.3 A Escolha das Etiquetas RFID

Neste projeto foram utilizado dois tipos de *tags*: As flexíveis e *tags* anti-metal operam na frequência UHF e de classe 1. Foram selecionadas esses dois tipos de *tags* diferentes para o projeto, pois as etiquetas RIFD flexíveis são ineficientes em superfícies que causam interferência, como as superfícies metálicas, meio aquoso, entre outras. Elas sofrem distorção do sinal e perda de eficiência na transmissão. Portanto, foi necessário utilizar as *tags* anti-metal para esses tipos de superfícies. Os dois tipos de *tags* escolhidas operam em frequências de 860 a 960 MHz e possuem alcance máximo de 6 metros (HE; ZHANG, 2013).

3.1.4 Softwares e Interface Gráfica

Na segunda etapa do projeto, foi desenvolvido um *software* para a comunicação entre o computador e o leitor, bem como uma interface gráfica amigável. Para conectar a interface

gráfica, foi criado um servidor que, além de integrar as diferentes partes do sistema, também estabelece conexão com a base de dados.

Esta etapa foi dividida em três partes. Na primeira, desenvolveu-se um *software* em linguagem de programação Python para se comunicar com o *hardware* leitor RFID.

Para estabelecer a comunicação entre o leitor e o *software*, foi empregado o protocolo serial USB. A integração entre o *software* e o leitor foi realizada utilizando a biblioteca *pySerial* do Python. Além disso, no *software* em Python, foi implementado um servidor que recebe e responde às requisições *HTTP*, utilizando uma biblioteca nativa do Python, chamada *http.server*.

Na segunda etapa do projeto, foi desenvolvido um servidor em Node.js utilizando o *framework Express*, responsável pela comunicação entre a interface gráfica do usuário (*front-end*), o módulo de comunicação com o leitor e a conexão com o banco de dados. Para gerenciar as requisições *HTTP* recebidas do *front-end*.

Foi utilizado o Prisma ORM como camada de abstração para se comunicar com o banco de dados e reduzir o acoplamento e a repetição de código. O banco de dados escolhido foi o PostgreSQL, que é um banco de dados relacional *open source*. Para utilizá-lo na máquina, foi necessário instalar a imagem oficial do PostgreSQL disponível no repositório Docker Hub do Docker.

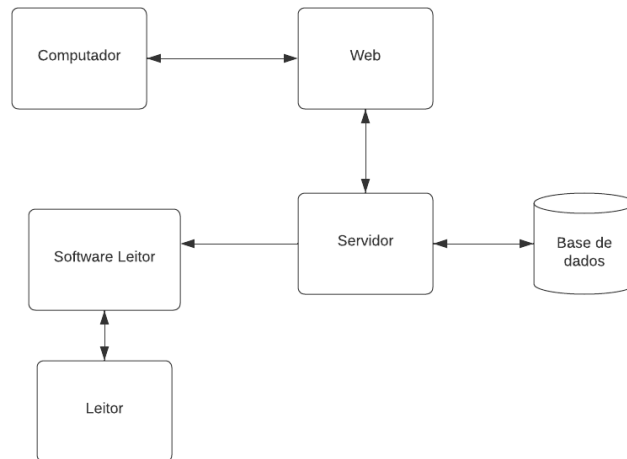
Na terceira etapa, foi desenvolvida a página *web* utilizando o *framework* Next.js. Para realizar as requisições ao servidor utilizou-se a biblioteca *axios*. Além disso, para estilizar as páginas, utilizou-se a ferramenta TailwindCSS. Após finalizado o *software* de leitura, servidor e interface gráfica, foram feitos os testes no protótipo.

3.2 Método

Os principais aspectos para a obtenção dos resultados, construção de algoritmos para comunicar o controlador com o leitor RFID KIT FM503, são apresentados.

Para a implementação deste sistema, é necessário ter um leitor RFID conectado a um computador. Além disso, desenvolveu-se um *software* em Python para comunicação com o leitor e implementou-se um servidor capaz de receber as solicitações. Também foi desenvolvido um servidor em Node.js para gerenciar a comunicação entre o banco de dados, a página *web* e o *software* responsável pela comunicação com o leitor. Por fim, uma página *web* foi criada para interagir com o usuário e exibir informações coletadas pelo sistema. O processo é exemplificado por um diagrama de blocos como mostra na Figura 6, que apresenta a interconexão dos componentes envolvidos.

Figura 6 – Diagrama de bloco do funcionamento do sistema



Fonte: Autoria própria (2022).

3.2.1 *Software* Leitor

O *software* que comunica o computador com o leitor foi implementado utilizando a linguagem de programação Python. Nele, foram utilizadas as bibliotecas *BaseHTTPRequestHandler* e *HTTPServer* do Python. A primeira é responsável por gerenciar as rotas criadas e os tipos de requisições (GET, POST, DELETE). Já a segunda é responsável por criar um servidor e mantê-lo *online*.

Para criar um servidor foi necessário realizar algumas configurações, como o Protocolo de internet, do inglês *Internet Protocol* (IP) da máquina em que o módulo de leitura é executado, e qual porta o módulo monitora para receber as requisições. Neste caso foi escolhida a porta 8000 e para manter a aplicação rodando foi utilizado o método *serve_forever()* da própria biblioteca *HTTPServer*.

Para iniciar a rotina de leitura, o *software* aguarda uma requisição externa para a rota criada. Quando essa requisição é recebida, é feita a chamada a um método que executa as instruções para realizar a leitura. Na função de leitura, primeiro é criado um conjunto vazio (Set), que permite armazenar elementos sem repetição e sem ordem específica.

Em seguida, inicia-se a leitura das *tags* por meio da comunicação serial entre o leitor (*hardware*) e o *software*, que é realizado em um *loop*. O *software* envia comandos para o módulo de leitura, que identifica as *tags* e retorna um vetor contendo as *tags* lidas. O *software* então percorre esse vetor, tentando adicionar cada *tag* ao conjunto previamente criado.

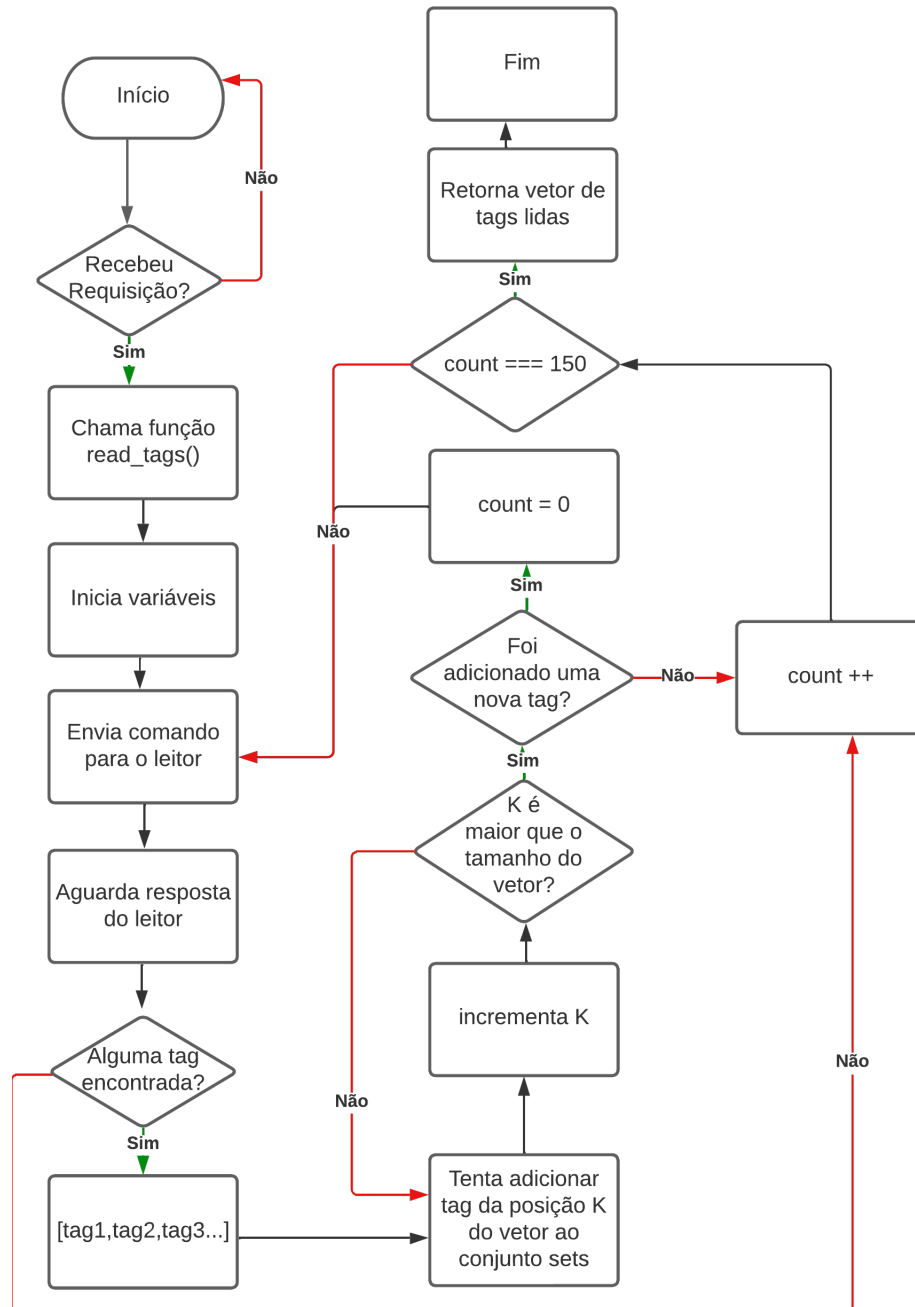
Após essa etapa, verifica-se se alguma nova *tag* foi adicionada com sucesso ao conjunto. Isso é feito comparando a quantidade de elementos existentes no conjunto antes e depois da primeira iteração do *loop*. Se o tamanho do conjunto permanecer o mesmo, significa que nenhuma nova *tag* foi adicionada, e uma variável de controle chamada "*count*" é incrementada em uma unidade.

Caso o número de elementos no conjunto seja diferente após a leitura, significa que novas *tags* foram adicionadas, então a variável de controle é zerada, e o processo de leitura é reiniciado.

Essa sequência de leitura continua até que o número máximo de iterações seja atingido. Esse número máximo de iterações foi estipulado com base em testes realizados.

A rotina de leitura é representada no fluxograma apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma do funcionamento do software em python



Fonte: Autoria própria (2022).

3.2.2 Testes

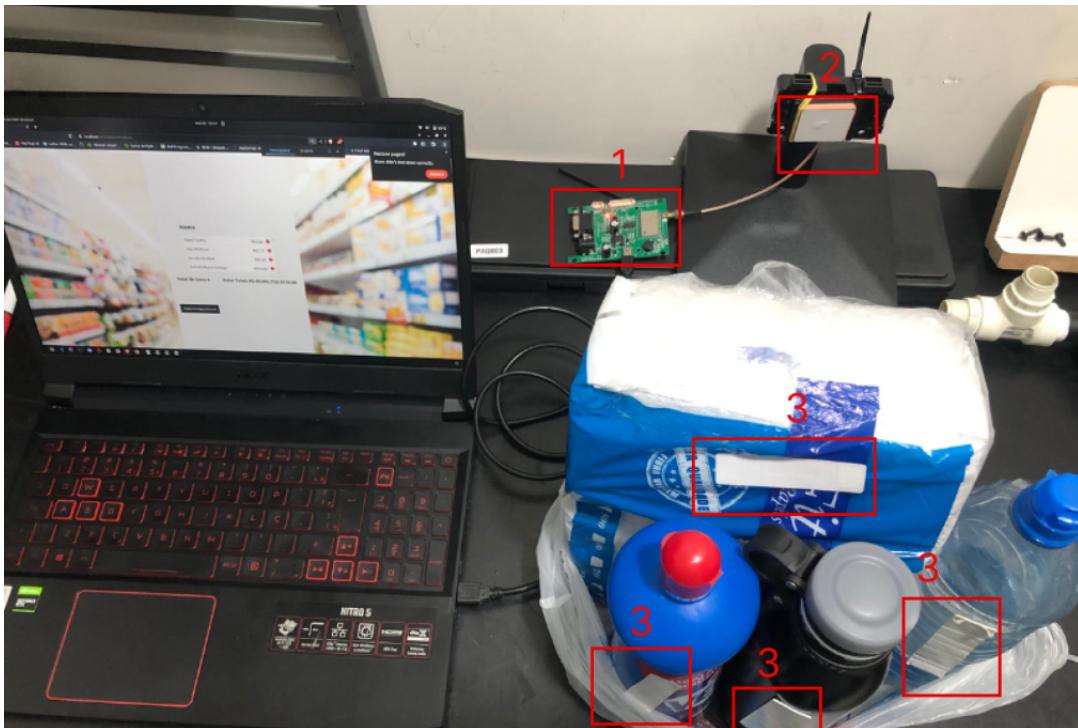
Os testes realizados foram: Teste para determinar o número máximo de iterações e teste do protótipo.

Para realizar os testes de número máximo de iterações foram utilizadas 22 *tags* que foram dispostas próximas ao leitor e mediou-se o menor número de iterações máximas que garante a leitura de todas elas. Fez-se 100 leituras para cada número de iteração máxima pré-determinadas e depois foi calculado a porcentagem de acerto de acordo com o número de vezes que o leitor conseguiu ler todas as *tags*. Também foi calculado o tempo médio para realizar a leituras das *tags* para cada número máximo de iterações.

Após determinar o número máximo, as *tags* anti-metal foram fixadas nos produtos com superfícies que causam interferência e nos demais tipos de superfícies foram fixadas as *tags* flexíveis, afim de realizar o teste do protótipo.

Para testá-lo, os itens foram colocados em recipientes plásticos com as *tags* já fixadas conforme mostra a Figura 8. Durante o teste, inicialmente foram colocadas quatro unidades por recipiente. Um recipiente de cada vez foi aproximado do leitor e permaneceu próximo a ele por 5 segundos. Esse processo foi repetido, reduzindo a quantidade de itens por recipiente gradualmente até restar apenas um item por recipiente. Os testes foram realizados passando os recipientes tanto pela frente quanto pela parte de trás da antena.

Figura 8 – Protótipo montado



Fonte: Autoria própria (2022).

3.2.3 NextJS

É um *framework* para *React* que é uma biblioteca *javascript* para criação de interfaces. Permite rápido carregamento e mais responsivo às interações do usuário (SASIKUMAR; PRABHA; MOHAN, 2022).

3.2.4 Servidor

O Node.js é um interpretador JavaScript de código aberto que opera de forma assíncrona e orientada a eventos no ambiente V8 JavaScript Engine. Ele apresenta recursos como um modelo de eventos e o uso de *callbacks*, que são funções “chamadas de volta” quando um processo é concluído. Esse paradigma é totalmente assíncrono e não-bloqueante, permitindo que um processo não precise esperar o retorno de outro para ser finalizado e apenas registre o retorno como uma função a ser chamada posteriormente quando o processo terminar (PEREIRA, 2014).

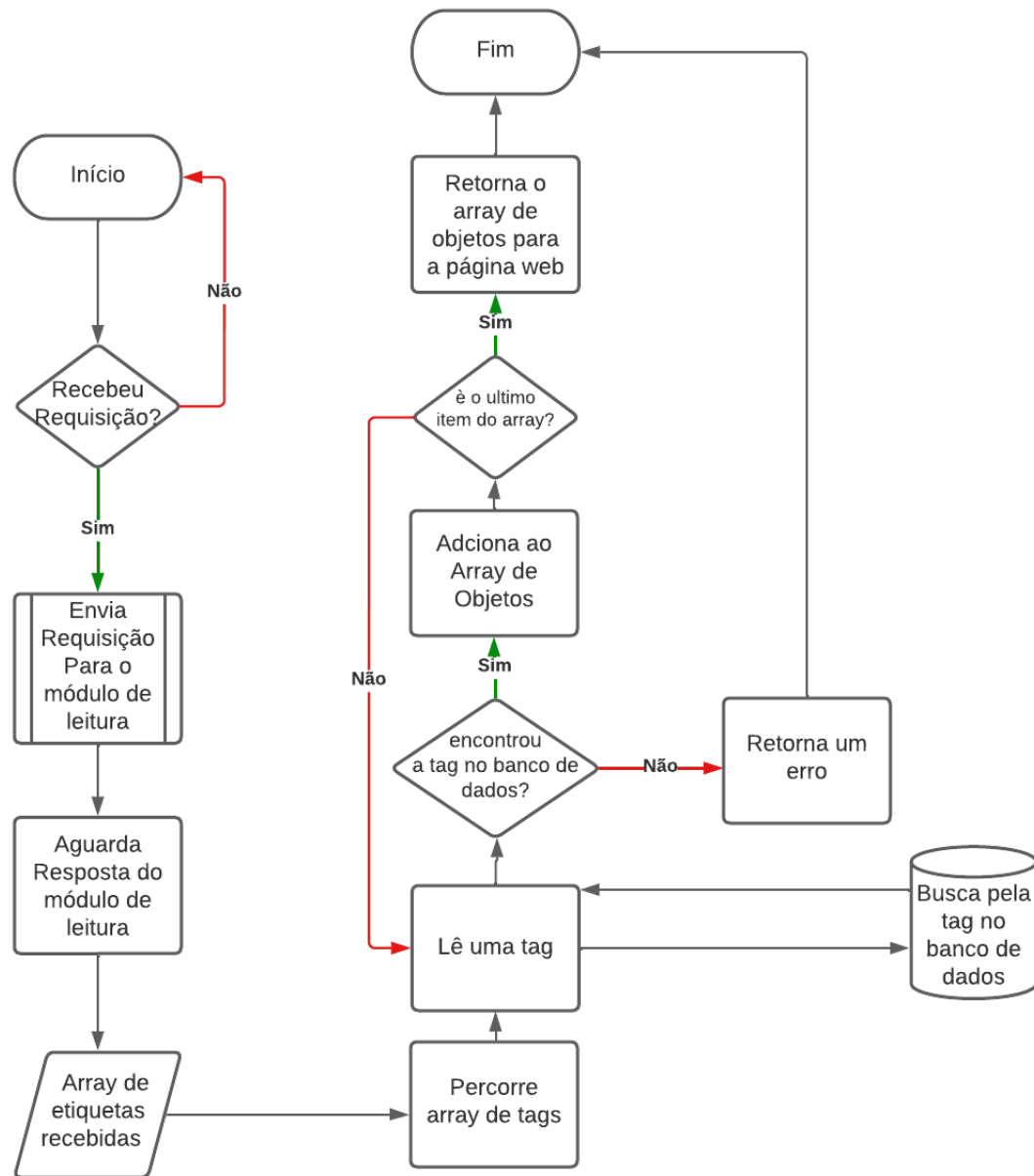
Para disponibilizar uma porta do servidor para se comunicar com o *front-end*, foi utilizado o *framework* express no servidor Node.js, com a porta 3333 sendo escolhida. Uma rota do tipo *GET* foi criada, fazendo uma requisição ao módulo de leitura usando a biblioteca axios. Após a requisição, o servidor aguarda o módulo de leitura retornar um vetor com as *tags* identificadas. Em seguida, do lado do servidor, é feita uma varredura no vetor recebido e então é realizado uma busca no banco de dados pela identificação única correspondente a cada etiqueta, neste caso, o EPC.

As respostas de cada requisição, feita para o banco de dados são armazenadas em outro vetor contendo a descrição do produto e seu valor. Se alguma etiqueta não estiver cadastrada no banco de dados, é retornado um erro informando que existem produtos não cadastrados. Caso a varredura e a busca no banco de dados ocorram sem erros, a resposta é retornada para o *front-end* contendo a relação de produtos com seus respectivos valores e descrições assim como mostra a Figura 9 .

3.2.5 Interface Gráfica

Na página *web*, a primeira tela é a de boas vindas, com um botão para iniciar a leitura. Este botão quando pressionado, encaminha para uma tela de espera. É nesta tela que faz a requisição para o servidor iniciar a leitura e nela permanece até finaliza-la. Após finalizada a leitura é mostrado ao usuário a relação de itens com a descrição de cada um, seu preço, quantidade total de itens lidos e o valor total da compra. Para cada item desta lista há um botão que permite sua exclusão.

Figura 9 – Esquemático da modelagem do Servidor



Fonte: Autoria própria (2022).

3.2.6 Modelagem Banco de dados

Primeiramente, foi realizada a instalação de uma imagem, também conhecida como container do Docker, referente ao banco de dados PostgreSQL. Em seguida, foi estabelecida uma conexão com o container previamente instalado. Dentro desse ambiente, criou-se a tabela "estoque" que possui os seguintes campos:

- *id*: que atua como a chave única do banco de dados;
- *description*: responsável pela descrição do produto;

- EPC: utilizado para a identificação da etiqueta fixada no produto.;
- *price*: indicando o valor do produto;
- *created_at*: responsável por registrar a data em que o produto foi adicionado à base de dados;
- *updated_at*: que mantém o registro da data da última atualização feita no item;

A Figura 10 exibe uma representação do banco de dados já preenchido com os dados correspondentes populado.

Figura 10 – Imagem dos produtos cadastrados no banco de Dados

id	description	price	tags	created_at	updated_at
3	Feijão	6,15	3000E28068940000400B19B550D8D5A9	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
4	Arroz	11,8	3000E28068940000500B19B550DAEF6F	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
5	Detergente	17,8	3000E28068940000500B19B550CEBDDA	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
7	Açúcar	12,69	3000E28068940000400B19B550DD850C	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
8	Óleo de cozinha	5,05	3000E28068940000400B19B550DEB56F	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
10	Sal	8,9	3000E28068940000400B19B550C9D7B9	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
13	Molho de tomate	5,03	3400E28011700000020CC26E4101C610	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
14	Café	12,95	3000E28068940000400B19B550D41425	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
15	Leite	5,72	3000E28068940000400B19B550D274E3	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
16	Macarrão	5,77	3000E28068940000500B19B550D9DF0C	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:49:07.481
19	Pão	14,7	3000E28068940000400B19B550D14480	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
55	Manteiga	7,97	3000E28068940000500B19B550DFBFCA	2023-04-01 17:40:36.768	2023-04-01 17:51:21.837
1	Queijo	15,2	3000E28068940000400B19B550CC871C	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
2	Ovos	8,32	3000E28068940000500B19B550DC8FA9	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
9	Presunto	11,96	3000E28068940000500B19B550D62EE3	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
11	Carne	18,03	3000E28068940000400B19B550CFB77F	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
12	Frango	15,13	3000E28068940000400B19B550DBE5CA	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
17	Peixe	17,36	3000E28068940000400B19B550D72446	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
18	Batata	9,56	3000E28068940000500B19B550D37E46	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
6	Cenoura	9,57	3000E28068940000500B19B550D51E80	2023-04-01 17:40:07.034	2023-04-01 17:51:21.837
83	Tomate	5,92	3400E28011700000020CC26E41148484	2023-04-01 17:40:58.738	2023-04-01 17:51:21.837
86	Cebola	9,16	3400E28011700000020CC26E4102F673	2023-04-01 17:40:58.738	2023-04-01 17:51:21.837

Fonte: Autoria própria (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultados diretos e indiretos são apresentados. Os resultados diretos referem-se a tudo que era esperado no processo e que pôde ser obtido. Como resultados indiretos, consideram-se elementos não esperados neste desenvolvimento.

4.1 Página web

4.1.1 Tela Inicial

Na tela inicial foi definida uma mensagem de boas vindas, e um botão para iniciar a leitura como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Tela inicial



Fonte: Autoria própria (2022).

4.1.2 Tela de carregamento

Como mostra a Figura 12, esta tela aparece após o usuário clicar em "Iniciar Leitura" na tela inicial. Esta tela fica a mostra para o usuário enquanto os itens estão sendo identificados. Após a finalização do processo de leitura a página contendo as informações dos produtos é apresentada.

Figura 12 – Tela de carregamento



Fonte: Autoria própria (2022).

4.1.3 Tela de relação de itens

A Figura 13 mostra relação de todos os itens lidos, com a descrição e o preço de cada um, apresentando ao final, a listagem, a quantidade de itens lidos e o total da compra. Para cada item lido há um botão para remove-lo da lista caso o cliente não o queira mais.

4.2 Servidor

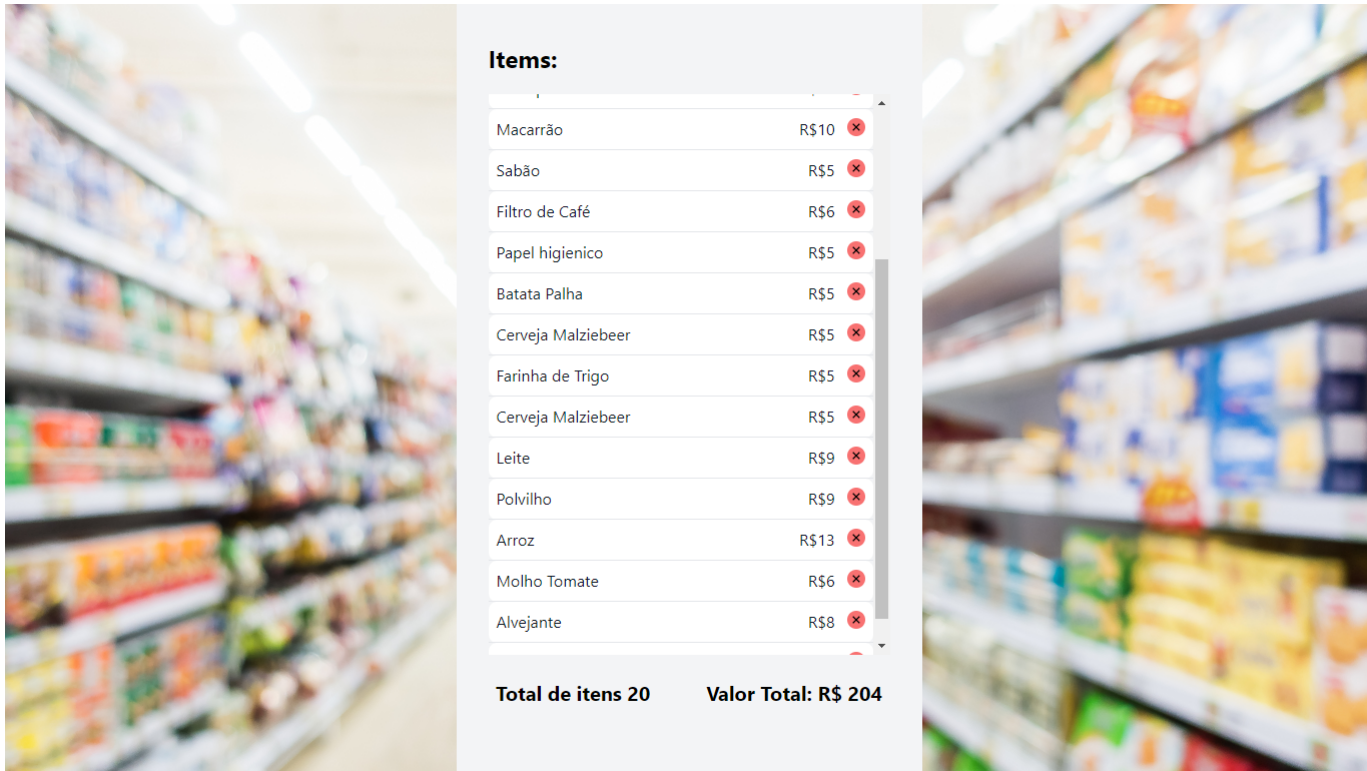
Utilizando o *framework Express* foi possível criar um servidor para receber requisições do *front-end* e a biblioteca *axios* realizou a função de fazer requisições *HTTP* para o módulo de leitura. Já o *Prisma ORM* possibilitou a conexão e comunicação com o banco de dados.

4.3 Testes

Observou-se, que, dos testes, para a determinação do número máximo de iterações, o melhor resultado apresentou 150 iterações com uma taxa de efetividade de 92% de acerto em um tempo médio de 17,4 s. Os outros valores testados foram 50 iterações máximas que obteve 80% de acertos e tempo médio de leitura de 10,5 s e 100 iterações máximas que obteve 84% de acerto e tempo médio de leitura de 12 s conforme mostra a Tabela 4 e a Figura 14. Todas as leituras estão no Apêndice A .

O teste com sacos plásticos contendo diferentes quantidades de itens apresentou os seguintes resultados: Com 4 itens, a leitura das *tags* obteve 72% de eficácia, com uma média

Figura 13 – Tela de relação de produtos



Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 4 – Tabela Resultado Teste Número máximo de iterações

Iterações	Tempo (s)	Taxa Efetiva de acerto (%)
50	10,5	80
100	12	84
150	17,4	92

Fonte: Autoria própria (2023).

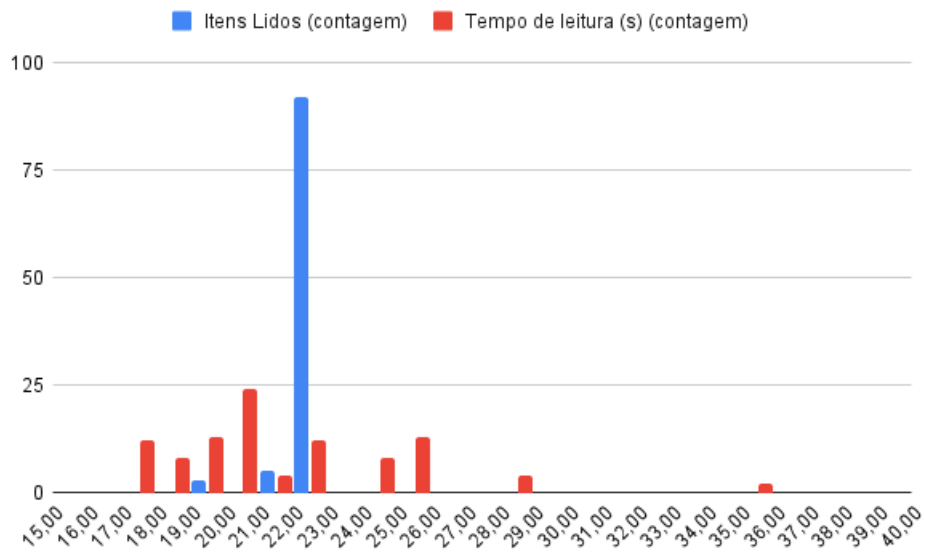
de tempo de 38,5 s. Reduzindo para 3 itens por sacola, a eficácia de leitura foi de 84%, com média de tempo de 46,84 s. Ao utilizar 2 itens por sacola, a eficácia foi de 92% com média de tempo de 54,8 s. Por fim, com apenas 1 item por sacola, obteve-se sucesso total de 100% na leitura das *tags*, porém com uma média de tempo mais longa de 124,9 s conforme mostra a Tabela 5. A Figura 8 apresenta a disposição das *tags*(3) e da antena (2) conectada ao *hardware* de leitura (1), que, por sua vez, está ligado ao computador via USB.

Tabela 5 – Tabela Resultado de Testes Utilizando Sacos Plásticos

Quantidade de Itens	Tempo (s)	Taxa Efetiva de acerto (%)
4	38,5	72
3	46,84	84
2	54,8	92
1	105,32	100

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 14 – Tela de relação de produtos



Fonte: Autoria própria (2022).

Notou-se que quando havia mais de um item por recipiente e pelo menos um era de superfície metálica ou possuía líquido dentro do objeto, houve erro na leitura dos demais itens presentes no mesmo recipiente. Em recipientes com itens que não causam interferência, a leitura prosseguiu normalmente.

Observou-se que os itens próximos a superfícies metálicas, reflexivas ou líquidas não foram identificados devido a interferências no sinal causadas por esses itens.

Vale ressaltar que para os itens, com superfície que possa causar interferência, a face do objeto que contém a *tag* deve ser posicionada de forma que a item não fique entre a *tag* e a antena para que a leitura seja bem sucedida. Em todas as tentativas realizadas na esteira.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do sistema RFID voltado para implementação em supermercados trouxe diversos *insights* após testes e análise dos resultados obtidos. A interface gráfica construída por meio do NextJs oferece uma visualização nítida das informações de leitura, potencializando a experiência do usuário. Adicionalmente, o servidor criado em Node.js, ao interligar a página *web* e o software de leitura em Python, ressalta a eficaz integração das tecnologias escolhidas.

Quanto à leitura das *tags*, o algoritmo de comunicação indicou que a melhor performance é obtida em 150 iterações, atingindo um índice de sucesso de 92% e consumindo um tempo médio de 17,4 s. A arquitetura do banco de dados mostrou-se crucial, garantindo um armazenamento e recuperação eficientes dos dados. Simultaneamente, o algoritmo de transações assegurou a integridade e coerência dessas informações, permitindo consultas e análises fundamentais para monitorar as vendas.

Os testes com o protótipo apontaram que a precisão da leitura das *tags* depende da quantidade de itens por recipiente, com a eficácia alcançando seu auge com apenas um item. Contudo, foi observado que a presença de superfícies metálicas, reflexivas ou líquidas pode afetar a leitura.

Concluindo, o sistema RFID satisfaz plenamente seus objetivos iniciais. A sinergia entre interface, servidor, algoritmos e banco de dados culminou em uma solução que agiliza o processo de *checkout*. No entanto, há oportunidades de melhoria, principalmente na elaboração de algoritmos mais adaptáveis a interferências e no aperfeiçoamento do *design* do *hardware* para lidar com diversas situações.

REFERÊNCIAS

- AIRES, P. M. *et al.* **Projeto de setup de medições para sistemas RFID.** 2016. Dissertação (Monografia) — Universidade Federal de Campina Grande, 2016.
- ALBUQUERQUE, C. C. R. d. *et al.* **Concepção de antena de polarização circular para aplicações em sistemas de identificação por radiofrequência.** 2018. Dissertação (Monografia) — Universidade Federal de Campina Grande, 2018.
- ALDAY, H. E. C.; PINOCHET, L. H. C. A tecnologia e-commerce como estratégia determinante no setor supermercadista. **Revista da FAE**, v. 5, n. 3, 2002.
- ALVIM, S. **Carrefour lança novo modelo de loja automatizada, chamado iCarrefour.** 2021. SA mais varejo. Disponível em: <https://www.savarejo.com.br/detalhe/blog-do-sergio-alvim/carrefour-lanca-novo-modelo-de-loja-automatizada-chamado-icarrefour>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- ANATEL. **Resolução nº 726, de 05 de maio de 2020.** 2020. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2020/1411-resolucao-726#art3>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- ARAUJO, J. I. L. *et al.* **Etiqueta RFID passiva para monitoramento da frequência respiratória.** 2018. Dissertação (Monografia) — Universidade Federal de Campina Grande, 2018.
- ARAUJO, N. P.; NASCIMENTO, D. **AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPRAS APLICADA À SUPERMERCADOS.** 2018. 13 p. Dissertação (Monografia) — INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, 2018.
- BANKS, J. *et al.* **RFID applied.** [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007.
- BATISTA, D. F. **Análise de viabilidade para implantação do RFID na gestão de estoques: estudo de caso em uma empresa de eletroeletrônicos.** 2021. Dissertação (Monografia) — Instituto Ânima, 2021.
- BOALIM, T. **Componentes básicos de uma etiqueta RFID UHF passiva.** 2015. Disponível em: <https://rfidmoura.wordpress.com/2015/10/05/componentes-basicos-de-uma-etiqueta-rfid-uhf-passiva/>. Acesso em: 27 de outubro de 2021.
- BOALIN, T. **As memórias da Etiqueta RFID UHF Gen 2.** 2015. Disponível em: <https://rfidmoura.wordpress.com/2015/07/23/as-memorias-da-etiqueta-rfid-uhf-gen-2/>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- COSTA, A. d. S. C.; SANTANA, L. C. d.; TRIGO, A. C. Qualidade do atendimento ao cliente: um grande diferencial competitivo para as organizações. **Revista de Iniciação Científica—RIC Cairu**, v. 2, n. 2, p. 155–172, 2015.
- FILHO, I. E. d. B. **Um algoritmo anticolisão para RFID de larga escala em ambientes ruidosos.** 2020. Dissertação (Monografia) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020.

- FONKAN, S. T. **P&D profissional e produção de equipamentos de leitura e escrita RFID UHF**. 2022. Disponível em: http://www.fonkan.com/en_product_view_746.html. Acesso em: 15 march. 2022.
- HE, Y.; ZHANG, H. A new uhf anti-metal RFID tag antenna design with open-circuited stub feed. *In: IEEE. 2013 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. [S.l.], 2013. p. 5809–5813.
- JUNIOR, L. F. L. **A Tecnologia de RFID no Padrão EPC e Soluções para Implementação Desta Tecnologia em Empilhadeiras**. 2006. Dissertação (Monografia do Curso de Pós-Graduação) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2006.
- LI, S. *et al.* Radio frequency identification technology: applications, technical challenges and strategies. **Sensor Review**, Emerald Group Publishing Limited, 2006.
- LIZASOAIN, A. *et al.* **Antenas Para Sistemas RFID Impressas em substrato flexível**. 2015. Dissertação (Monografia) — Universidade Estadual da Paraíba, 2015.
- LUMI, S. **4 estratégias para redução de filas do caixa em supermercado**. 2018. Disponível em: <https://lumisoftware.com.br/4-estrategias-para-reducao-de-filas-do-caixa-em-supermercado/>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- MATTAR, F. N. **Administração de varejo**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2011.
- MONTEIRO, L. F. *et al.* Redução de filas em caixas de supermercados de aracaju/se. **Anais do X SIMPROD**, Departamento de Engenharia de Produção-Universidade Federal de Sergipe, 2018.
- MORABITO, R.; LIMA, F. C. de. **Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercados: um estudo de caso**. 2000. 71 p. Dissertação (Monografia) — SciELO Brasil, 2000.
- MOURA, M. N. de. **A percepção do consumidor sobre lotação (efeito crowding) e espera nas filas**. 2018. Dissertação (Monografia) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2018.
- NARCISO, M. G. **Aplicação da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) para controle de bens patrimoniais pela web**. 2008. Dissertação (Monografia) — Global Science and Technology., 2008.
- NEPOMUCENO, T. A. F. **Sistema de identificação de veículos automotores utilizando tecnologia RFID**. 2011. Dissertação (Monografia) — Centro Universitário de Brasília, 2011.
- OLIVEIRA, Í. O. G. de. **Carrinho de supermercado inteligente: um protótipo de dispositivo de IoT para auxílio nas compras em supermercados**. 2018. Dissertação (Monografia) — Instituto Federal de Minas Gerais, 2018.
- OLIVEIRA, V. S. **CONTRIBUIÇÃO DA QUALIDADE NO ATENDIMENTO AO CLIENTE NA VANTAGEM COMPETITIVA: UM ESTUDO NO COMÉRCIO VAREJISTA DE ARTIGOS DO VESTUÁRIO NA CIDADE DE PATOS-PB**. 2014. Dissertação (Monografia) — Universidade Estadual da Paraíba, 2014.
- PASTANA, É. de S. **Metodologia para Aplicação de RFID em Automação: Estudo de Caso em um Sistema de Gestão**. 2012. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, 2012.

- PEREIRA, C. R. **Aplicações web real-time com Node. js.** [S.l.]: Editora Casa do Código, 2014.
- PRATA, P. I. **Sistemas de localização para ambientes interiores baseados em RFID.** 2008. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.
- PRUYN, A.; SMIDTS, A. Effects of waiting on the satisfaction with the service: Beyond objective time measures. **International journal of research in marketing**, Elsevier, v. 15, n. 4, p. 321–334, 1998.
- PUHLMANN, H. Introdução à tecnologia de identificação RFID. **Disponível em:** < <https://www.embarcados.com.br/introducao-a-tecnologia-de-identificacaorfid> > **Acesso em**, v. 21, 2020.
- REI, J. **RFID versus código de barras da produção à grande distribuição.** 2010. Tese (Doutorado) — Universidade do Porto (Portugal), 2010.
- RINALDI, J. G. S. **A Importância da Rapidez de Atendimento nos Caixas de Supermercados: um estudo de caso utilizando um modelo analítico de filas com trocas.** 2007. 195 p. Dissertação (Monografia) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.
- ROMANO, R. R. **Os impactos do uso de tecnologia da informação e da identificação e captura automática de dados nos processos operacionais do varejo.** 2011. Tese (Doutorado) — FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO, 2011.
- SASIKUMAR, S.; PRABHA, S.; MOHAN, C. Improving performance of next. js app and testing it while building a badminton based web app. **Js App And Testing It While Building A Badminton Based Web App (May 27, 2022)**, 2022.
- SILVA, A. D. F. da *et al.* Inovações que melhoram a experiência do consumidor: uma análise da tecnologia self-checkout em lojas da amazon. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Micro e Pequenas Empresas**, v. 6, n. 01, p. 60–78, 2021.
- SIMÕES, E. D. **Desenvolvimento de sistema para leitura de código de barras com “feedback” para aquisição e segurança de produtos em supermercados.** 2015. 53 p. Dissertação (Monografia) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.
- TEIXEIRA, T. **ANÁLISE DAS ANTENAS UTILIZADAS EM LEITORES RFID.** ago. 2017. 91 p. Dissertação (Monografia) — Instituto Federal de Santa Catarina, São José, ago. 2017.
- TOLEDO, B. **Como Evitar Filas Em Supermercados E Melhorar O Atendimento?** 2022. Disponível em: <https://www.toledobrasil.com/blog/como-evitar-filas-em-supermercados-e-melhorar-o-atendimento-3>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- VIOLINO, B. **A Summary of RFID Standards.** 2023. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/a-summary-of-rfid-standards>. Acesso em: 05 set. 2023.
- ZHANG, B. *et al.* Flexible anti-metal RFID tag antenna based on high-conductivity graphene assembly film. **Sensors**, MDPI, v. 21, n. 4, p. 1513, 2021.
- ZUQUIM, A. **Um agente embutido para conversão de uma interface serial em USB.** 2004. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS.

APÊNDICE A – Tabela de teste com tempo ocioso

Tabela 6 – Tempo de 5 segundos

Tempo de leitura (s)	Tempo ocioso (s)	Itens lidos
10,4	5	22
9,38	5	22
9,51	5	22
8,68	5	22
7,98	5	22
8,17	5	21
9,5	5	22
9,39	5	22
11,9	5	22
9,59	5	22
7,67	5	21
9,28	5	22
11,3	5	22
14,3	5	22
11,7	5	22
8,29	5	21
11,5	5	22
11,3	5	22
8,1	5	21
11,9	5	22
7,1	5	22
10,1	5	22
9,7	5	21
11,7	5	22
13,9	5	22
8,28	5	22
14,1	5	22
10,3	5	22
9,9	5	21
11,5	5	22
10,9	5	22
10,3	5	22
10,4	5	22
10,9	5	22
8,67	5	21
9,88	5	22
8,59	5	22
11,5	5	22
8,38	5	22
9,17	5	21
10,9	5	22
11,2	5	22
6,65	5	22
8,67	5	22
10,7	5	21
9,47	5	22
9,68	5	22

(continua)

Tabela 6 – Dados de tempo de leitura, tempo de espera e itens lidos

(continuação)

Tempo de leitura (s)	Tempo de espera (s)	Itens lidos
13,5	5	21
18,2	5	22
12,7	5	22
14,3	5	22
15,3	5	21
12,3	5	22
12,9	5	22
13,1	5	22
11,9	5	22
12,1	5	22
17,1	5	21
11,3	5	22
10,5	5	22
20,4	5	22
13,1	5	22
6,5	5	22
11,3	5	21
8,67	5	22
10,5	5	22
17,5	5	22
18,3	5	22
19,5	5	21
20,6	5	22
21,8	5	22
22,2	5	22
23,1	5	22
24,3	5	21
25,5	5	22
26,5	5	22
27,5	5	21
28,5	5	22
7,1	5	22
10,1	5	22
9,7	5	21
11,7	5	22
13,9	5	22
8,28	5	22
14,1	5	22
10,3	5	22
9,9	5	21
10,4	5	22
9,38	5	22
9,51	5	22
8,68	5	22
7,98	5	22
8,17	5	21

(continua)

Tabela 6 – Dados de tempo de leitura, tempo de espera e itens lidos

(continuação)

Tempo de leitura (s)	Tempo de espera (s)	Itens lidos
9,5	5	22
9,39	5	22
11,9	5	22
9,59	5	22
7,67	5	21
9,28	5	22
11,3	5	22

Fonte: Autoria Própria (2023)

Tabela 7 – Tempo de 10 segundos

Tempo de leitura (s)	Tempo ocioso (s)	Itens lidos
15,00	10	22
19,9	10	22
17,1	10	22
15,1	10	22
15,8	10	22
15,7	10	22
24,2	10	22
22,4	10	22
15,1	10	22
15,5	10	22
14,1	10	22
19,8	10	22
21,1	10	21
22,8	10	22
24,1	10	22
18,6	10	22
17,1	10	21
24,1	10	22
15,8	10	20
27,9	10	22
24,1	10	22
13,9	10	21
22,8	10	22
15,4	10	22
11,5	10	22
10,9	10	22
10,3	10	22
10,4	10	22
10,9	10	22
8,67	10	22
9,88	10	22
8,59	10	22
11,5	10	22

(continua)

Tabela 7 – Dados de tempo de leitura, tempo de espera e itens lidos

(continuação)

Tempo de leitura (s)	Tempo de espera (s)	Itens lidos
8,38	10	22
9,17	10	22
10,9	10	22
11,2	10	21
6,6	10	22
8,67	10	22
10,7	10	22
9,47	10	21
9,68	10	22
13,5	10	20
18,2	10	22
12,7	10	22
14,3	10	21
15,3	10	22
12,3	10	22
12,9	10	22
13,1	10	22
11,9	10	22
12,1	10	22
17,1	10	22
11,3	10	22
10,5	10	22
20,4	10	22
13,1	10	22
8,3	10	22
11,3	10	22
8,67	10	22
10,5	10	21
15,4	10	22
11,5	10	22
10,9	10	22
10,3	10	21
10,4	10	22
10,9	10	20
8,67	10	22
9,88	10	22
8,59	10	21
11,5	10	22
13,7	10	22
9,17	10	22
10,9	10	22
11,3	10	22
10,5	10	22
20,4	10	22
13,1	10	22
9,1	10	22

(continua)

Tabela 7 – Dados de tempo de leitura, tempo de espera e itens lidos

(continuação)

Tempo de leitura (s)	Tempo de espera (s)	Itens lidos
11,3	10	22
8,67	10	22
10,9	10	22
8,67	10	22
9,88	10	22
8,59	10	21
13,9	10	22
22,8	10	22
15,4	10	22
11,5	10	21
10,9	10	22
10,3	10	20
10,4	10	22
10,9	10	22
8,67	10	21
19,9	10	22
17,1	10	22
15,1	10	22
15,8	10	22
15,7	10	22
27,9	10	22

Fonte: Autoria Própria (2023)

Tabela 8 – Tempo de 15 segundos

Tempo de leitura (s)	Tempo ocioso (s)	Itens lidos
25,4	15	21
19,6	15	21
25,6	15	22
24,2	15	22
20,4	15	22
18,22	15	22
22,4	15	22
17,2	15	22
28,4	15	22
20,6	15	22
18,2	15	22
20,8	15	22
21,2	15	22
17,4	15	22
22,1	15	22
22,2	15	22
17,8	15	22
25,2	15	22
20,6	15	22

(continua)

Tabela 8 – Dados de tempo de leitura, tempo de espera e itens lidos

(continuação)

Tempo de leitura (s)	Tempo de espera (s)	Itens lidos
24,1	15	22
19,1	15	22
25,7	15	22
20,2	15	22
20,7	15	22
19,2	15	22
35,7	15	19
19,6	15	21
25,6	15	22
24,2	15	22
20,4	15	22
18,22	15	22
22,4	15	22
17,2	15	22
28,4	15	22
20,6	15	22
18,2	15	22
20,8	15	22
21,2	15	22
17,4	15	22
22,1	15	22
22,2	15	22
17,8	15	22
25,2	15	22
20,6	15	22
24,1	15	22
19,1	15	22
25,7	15	22
20,2	15	22
20,7	15	22
19,2	15	22
19,6	15	19
25,6	15	21
24,2	15	22
20,4	15	22
18,22	15	22
22,4	15	22
17,2	15	22
28,4	15	22
20,6	15	22
18,2	15	22
20,8	15	22
21,2	15	22
17,4	15	22
22,1	15	22
22,2	15	22

(continua)

Tabela 8 – Dados de tempo de leitura, tempo de espera e itens lidos

(continuação)

Tempo de leitura (s)	Tempo de espera (s)	Itens lidos
17,8	15	22
25,2	15	22
20,6	15	22
24,1	15	22
19,1	15	22
25,7	15	22
20,2	15	22
20,7	15	22
19,2	15	22
35,7	15	22
19,6	15	19
25,6	15	21
24,2	15	22
20,4	15	22
18,22	15	22
22,4	15	22
17,2	15	22
28,4	15	22
20,6	15	22
18,2	15	22
20,8	15	22
21,2	15	22
17,4	15	22
22,1	15	22
22,2	15	22
17,8	15	22
25,2	15	22
20,6	15	22
24,1	15	22
19,1	15	22
25,7	15	22
20,2	15	22
20,7	15	22
19,2	15	22
19,6	15	22

Fonte: Autoria Própria (2023)