



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

ELAYNE CRISTINA LINO DONATO

ANÁLISE TEÓRICA PARA CRIAÇÃO DE CÔMPUTO RÁPIDO DE COMPRAS EM
SUPERMERCADOS ATRAVÉS DA LEITURA SIMULTÂNEA DE MÚLTIPLAS
ETIQUETAS EM PRODUTOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA RFID

João Pessoa

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

D677a Donato, Elayne Cristina Lino.

Análise teórica para criação de cômputo rápido de compras em supermercado através da leitura simultânea de múltiplas etiquetas em produtos utilizando a tecnologia RFID / Elayne Cristina Lino Donato. – 2023.

56 f. : il.

TCC (Graduação – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Processos Industriais, 2023.

Orientação : Prof^o. D.r Luís Romeu Nunes.

1. Tecnologia RFID. 2. Etiqueta de código de barras – supermercado. 3. Logística. 4. Pandemia. 5. Protótipo. I. Título.

CDU 681.5:658.7(043)

ELAYNE CRISTINA LINO DONATO

ANÁLISE TEÓRICA PARA CRIAÇÃO DE CÔMPUTO RÁPIDO DE COMPRAS EM
SUPERMERCADOS ATRAVÉS DA LEITURA SIMULTÂNEA DE MÚLTIPLAS
ETIQUETAS EM PRODUTOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA RFID

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica, do Instituto Federal da Paraíba – Campus João Pessoa, em cumprimento às exigências parciais para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Orientador: PROF. DR. LUIS ROMEU NUNES

João Pessoa

2023

ELAYNE CRISTINA LINO DONATO

ANÁLISE TEÓRICA PARA CRIAÇÃO DE CÔMPUTO RÁPIDO DE COMPRAS EM
SUPERMERCADOS ATRAVÉS DA LEITURA SIMULTÂNEA DE MÚLTIPLAS
ETIQUETAS EM PRODUTOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA RFID

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso
de Engenharia Elétrica, do Instituto Federal da Paraíba –
Campus João Pessoa, em cumprimento às exigências
parciais para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica

João Pessoa, 01 de agosto de 2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 LUIS ROMEU NUNES
Data: 11/08/2023 09:31:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luís Romeu Nunes

Orientador, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba

Documento assinado digitalmente
 JEFFERSON COSTA E SILVA
Data: 11/08/2023 09:49:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jefferson Costa e Silva

Examinador, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba

Documento assinado digitalmente
 JOABSON NOGUEIRA DE CARVALHO
Data: 11/08/2023 14:41:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Joabson Nogueira de Carvalho

Examinador, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba

Dedico este trabalho à Deus que me capacitou todos os dias da minha caminhada e a minha família, em especial ao meu esposo e minhas filhas, Anne Esther e Ana Beatriz, que durante todo o período do curso foram compreensivos me ajudando e me dando forças para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me ajudar a enfrentar todos os obstáculos encontrados durante o curso.

A minha família que sempre acreditou nos meus sonhos.

Aos professores, pelos ensinamentos, em especial ao meu orientador Luis Romeu Nunes, pela paciência e ajuda, não só na realização do tcc, mas durante um bom período do curso.

“O que precisamos é de mais pessoas especializadas no impossível.”

Theodore Roethke

RESUMO

A pandemia da COVID-19 impôs medidas de distanciamento social, restrições de movimentação e preocupações com a higiene, impactando diversos aspectos da vida cotidiana das pessoas ao redor do mundo. Nesse contexto, propomos no presente trabalho um sistema automatizado para reduzir drasticamente o tempo de contabilização das mercadorias nos caixas em supermercados, reduzindo as filas geradas e, conseqüentemente, evitando a aglomeração de pessoas. O principal objetivo desse sistema é possibilitar aos clientes uma compra rápida e precisa ao passar pelo caixa e ao mesmo tempo evitar a manipulação dos alimentos pelo operador. O sistema é fundamentado na tecnologia RFID, com o emprego de uma etiqueta acoplada a cada produto. As etiquetas são previamente cadastradas no sistema com informações básicas como nome, peso e valor de cada item. Uma vez no caixa, o cliente coloca o carrinho, ou cestinha, em um local que possui uma balança e um leitor de etiquetas RFID. O sistema ao ler as etiquetas monta uma planilha eletrônica que contabiliza o preço total da compra, bem como o peso total das mercadorias, comparando com o peso real medido na balança, de forma a verificar inconsistências. Foi desenvolvido um protótipo inicial para analisar a funcionalidade do sistema, utilizando um Arduino em conjunto com um sensor RFID operando na frequência de 13,56 MHz. Esse protótipo demonstrou capacidade de realizar leituras individuais das etiquetas. Contudo, para que o sistema seja aplicável em um cenário real de supermercado, é essencial que ele seja capaz de realizar a leitura simultânea de múltiplas etiquetas, uma vez que o cliente pode colocar mais de um produto ao mesmo tempo. Durante o processo de testes, identificamos alguns desafios que precisam ser abordados para garantir a eficiência do sistema. Um dos principais problemas encontrados foi a interferência causada por embalagens de metal, o que pode afetar a leitura correta das etiquetas RFID. Além disso, é necessário considerar o risco potencial de fraudes no sistema. Nesse contexto, recomendamos a adoção do leitor RFID FX9500 no sistema de compras automatizado, por apresentar uma solução eficiente para o problema de interferências com o metal ao utilizar em conjunto com as etiquetas RFID da Confidex.

Palavras-chave: Pandemia, RFID, Supermercado.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has imposed measures of social distancing, movement restrictions, and hygiene concerns, impacting various aspects of people's daily lives around the world. In this context, we propose in this work an automated system to drastically reduce the checkout time of goods in supermarkets, thus reducing the queues generated and consequently avoiding crowds. The main objective of this system is to provide customers with a fast and accurate shopping experience at the checkout while also preventing food handling by the operator. The system is based on RFID technology, using a tag attached to each product. The tags are pre-registered in the system with basic information such as name, weight, and value of each item. Once at the checkout, the customer places the shopping cart or basket in a location equipped with a scale and an RFID tag reader. The system reads the tags and compiles an electronic spreadsheet that calculates the total price of the purchase, as well as the total weight of the merchandise, comparing it with the actual weight measured on the scale to check for inconsistencies. An initial prototype was developed to analyze the functionality of the system, using an Arduino in conjunction with an RFID sensor operating at a frequency of 13.56 MHz. This prototype demonstrated the ability to perform individual tag readings. However, for the system to be applicable in a real supermarket scenario, it is essential that it is capable of simultaneously reading multiple tags, as customers may place more than one product at the same time. During the testing process, we identified some challenges that need to be addressed to ensure the system's efficiency. One of the main problems encountered was interference caused by metal packaging, which can affect the correct reading of RFID tags. Additionally, it is necessary to consider the potential risk of fraud in the system. In this context, we recommend the adoption of the RFID FX9500 reader in the automated shopping system, as it provides an efficient solution to the metal interference problem when used in conjunction with Confidex RFID tags.

Keywords: Pandemic, RFID, supermarkets.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 – Tempo de persistência do coronavírus em cada superfície	14
Figura 1 — Representação gráfica e numérica de um código de barras	17
Figura 2 — Totens de self-checkout do Carrefour, em São Paulo (SP).....	19
Figura 3 — Scan-and-Go Carrefour - SP	20
Figura 4 — Lojas autônomas Amazon Go.....	21
Figura 5 — Aviões da Segunda Guerra Mundial com RFID	23
Figura 6 — Contextualização da tecnologia de RFID ao longo do tempo.....	23
Figura 7 — Contextualização da tecnologia de RFID ao longo do tempo.....	24
Figura 8 — Contextualização da tecnologia de RFID ao longo do tempo.....	24
Figura 9 — Componentes básicos de um sistema RFID.....	25
Figura 10 — Componentes etiqueta RFID.....	26
Figura 11 — Etiqueta Ativa	27
Figura 12 — Etiqueta passiva	27
Figura 13 — Exemplos de Etiquetas.....	28
Figura 14 — Funcionamento do leitor RFID	29
Figura 15 — Troca de informações leitor/etiqueta	30
Figura 16 – Estrutura de uma Antena Square Loop	32
Figura 17 — Espectro de frequência RFID.....	33
Tabela 2 — Características e aplicações das frequências RFID	34
Figura 18 — Exemplo de controle de acesso RFID	35
Figura 19 — Exemplo de identificação em pedágios.....	36
Figura 20 — Exemplo de controle de estoques.....	36
Tabela 3 — Vantagens da tecnologia RFID em comparação com códigos de barras.....	37
Figura 21 — Sensor RFID utilizado no protótipo.....	38
Figura 22 — Montagem do circuito eletrônico com o sensor RFID	39
Figura 23 — Montagem do circuito eletrônico com a balança digital	39
Figura 24 — Funcionamento inicial do sistema.....	40
Figura 25 — Inclusão de itens na cesta.....	40
Figura 26 — Processo final.....	41
Figura 27 – Simulação antena Square no 4nec.....	42
Figura 28 — FX9500 Motorola	45
Figura 29 — Conexões de entrada e saída FX9500	46
Figura 30 — Antenas RFID FX9500 vista frontal e traseira	46
Figura 31 — Etiqueta Micro II.....	47
Figura 32 — Etiqueta Halo RFID	47
Figura 33 — Etiqueta Ironside	48
Figura 34 — Etiqueta Ironside Slim	48
Figura 35 — Etiqueta Steelwing	49
Figura 36 — Etiqueta Dogbone	49
Figura 37 — Etiqueta Shortdipole	49
Figura 38 — Etiqueta anti-metal.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EAN	European Article Numbering System (Sistema de Numeração de Artigos Europeu)
EUA	Estados Unidos da América
FDX	Full-duplex
HDX	Half-duplex
HF	High Frequency (Frequência Alta)
JAN	Japanese Article Numbering System (Sistema de Numeração de Artigos japonês)
LCD	Liquid Crystal Display (Tela de Cristal Líquido)
LF	Low-frequency (Baixa frequência)
OMS	Organização Mundial da Saúde
RFID	Radio Frequency Identification (Identificação por Radiofrequência)
SEQ	Sequencial
UHF	Ultra-high Frequency (Frequência Ultra Alta)
UPC	Universal Product Code (Código Universal de Produto)
USB	Universal Serial Bus (Barramento Serial Universal)
NFC	Near Field Communication (Comunicação de Campo Próximo)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA REDUÇÃO DE FILAS EM SUPERMERCADOS 16	
2.1	CÓDIGO DE BARRAS	16
2.1.1	Tecnologia do código de barras	17
2.2	TECNOLOGIAS MODERNAS	17
2.2.1	Self-Checkout	18
2.2.2	Scan-and-Go	19
2.2.3	Amazon Go e RFID	20
3	APLICAÇÃO DO RFID PARA DIMINUIR FILAS E AGLOMERAÇÕES EM SUPERMERCADOS	22
3.1	SURGIMENTO DA TECNOLOGIA RFID	22
3.1.1	Tecnologia RFID.....	24
3.1.2	Componentes de um sistema RFID.....	25
3.1.2.1	Etiquetas RFID.....	25
3.1.2.2	Classificação das etiquetas.....	26
3.1.2.2.1	Etiquetas Ativas	26
3.1.2.2.2	Etiquetas Passivas	27
3.1.2.3	Exemplos de etiquetas.....	28
3.1.3	Leitor.....	28
3.1.4	Antena	29
3.1.4.1	Tipos de antenas RFID.....	30
3.1.4.1.1	Antenas Loop.....	31
3.1.4.1.2	Antenas Planares	32
3.1.4.1.3	Antenas Helicoidais	32
3.1.5	Faixas de Frequências	33
3.1.6	Comunicação.....	34
3.1.7	Aplicações RFID.....	35
3.1.8	RFID versus código de barras	37
3.2	PROTÓTIPO INICIAL	37
3.2.1	Princípio de funcionamento	38
3.2.2	Resultados e discussão	41
3.2.2.1	Sensor RFID RC522	41
3.2.2.2	Estratégia Anti-burla	42
3.2.2.3	Custos com a implementação.....	42
3.2.2.4	Interferência com o metal.....	43
3.2.2.5	Carrinhos e cestinhas de metal.....	43
4	PROPOSTA AVANÇADA DO SISTEMA	44
4.1	LEITURA SIMULTÂNEA DE MÚLTIPLAS ETIQUETAS	44
4.2	RFID UHF FX 9500 MOTOROLA	45
4.3	FUNCIONAMENTO DO RFID FX9500 MOTOROLA	45
4.3.1	Antenas RFID FX 9500	46
4.3.2	Etiquetas RFID FX 9500.....	47
4.3.2.1	Tecnologia etiqueta anti-metal.....	50
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Em 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) foi alertada sobre vários casos de pneumonia na cidade de Wuhan, província de Hubei, na República Popular da China (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPAS). Tratava-se de uma nova doença ainda não conhecida que se denominou SARS-CoV-2.

A pandemia causada pelo vírus matou milhares de pessoas em todo mundo, além de deixar sequelas em muitas pessoas que contraíram a doença. Muito se foi discutido com relação à origem do vírus, de como controlar a disseminação e de como tratar a doença.

O que a ciência sabe com relação ao contágio da doença, é que ela se dá pelo contato direto com infectados ou através de partículas e/ou gotículas respiratórias, denominadas de aerossóis (LI Y ET AL, 2020), que ao serem expelidas, por infectados, podem permanecer circulando no ar por algum tempo, além de serem transportadas através de correntes de ar. Daí as recomendações do distanciamento social e do uso das máscaras.

Embora a transmissão indireta da covid-19 seja considerada de baixo risco em comparação com a exposição direta a gotículas respiratórias quando alguém infectado tosse, espirra ou fala, é importante ressaltar que essas partículas podem circular no ar e eventualmente pousar em superfícies ou objetos. Se outra pessoa entrar em contato com essas superfícies contaminadas e tocar o rosto, como boca, nariz ou olhos, há a possibilidade de infecção (GOLDMAN, 2020). É relevante destacar, também, que certos materiais, como plástico, aço inoxidável e papelão, são conhecidos por manter o vírus por um período mais prolongado em suas superfícies (FIOCRUZ,2020). Essa característica torna esses materiais potenciais vetores de transmissão indireta da covid-19. A tabela 1 ilustra o tempo de persistência do vírus em diferentes materiais.

Tabela 1 – Tempo de persistência do coronavírus em cada superfície

Superfície	Tempo de vida
Aço inoxidável	72 horas
Plástico	72 horas
Papelão	24 horas
Cobre	4 horas
Aerossalizada ¹ / Poeiras	40 minutos a 2 horas e 30 minutos

Fonte: Fiocruz (2020)

Durante a pandemia manter o distanciamento social em locais que prestam serviços essenciais, como supermercados, era um problema difícil de resolver. Para isso, os locais tiveram que adaptar sua rotina para que pudessem atender às normas de segurança à saúde impostas pela OMS. Limitar o número de pessoas dentro do ambiente, adoção de álcool em gel, marcação do distanciamento e o uso das máscaras foram algumas das medidas tomadas pelos empresários.

Além disso, nesse período, houve uma tendência para compras maiores e menos frequentes. Com o objetivo de minimizar as idas ao supermercado e reduzir o contato social, as pessoas procuravam estocar alimentos não perecíveis e itens essenciais para evitar a necessidade de sair de casa com frequência. Porém o tempo gasto acabou se tornando maior, devido as grandes filas enfrentadas no processo da compra.

Atualmente, nos supermercados, os clientes contabilizam seus produtos através do código de barras, obtendo a descrição exata da marca e do preço do produto. Porém para que o sistema seja eficaz, a operadora de caixa tem que passar manualmente produto a produto por um leitor onde a compra é computada. Processo que além de ser demorado e gerar filas indesejadas, é pouco higiênico, podendo transmitir a Covid-19 e/ou outros vírus de forma indireta, uma vez que o operador de caixa precisa manipular cada um dos itens da compra.

Para mitigar essa questão, sugerimos o desenvolvimento de um sistema inteligente capaz de fazer a leitura dos dados dos produtos de forma automática. Esse sistema utilizará uma tecnologia semelhante ao código de barras, mas com a vantagem de não exigir que os produtos sejam contabilizados individualmente no caixa, ou seja, não será necessário retirá-los do carrinho. Com essa abordagem, as informações detalhadas sobre cada mercadoria serão

¹ Material líquido ou solução aplicados, dispersos ou transformados sob a forma de aerossol.

prontamente obtidas, agilizando o processo de compra e proporcionando maior comodidade aos clientes.

O sistema proposto é fundamentado na tecnologia RFID (I3C, 2020) e faz a leitura simultânea de etiquetas eletrônicas (TAGs) dispostas em cada um dos produtos que estejam em um carrinho de supermercado, contabilizando assim um lote de produtos de uma única vez.

Dessa forma, o sistema garante agilidade no processo de pagamento dos itens comprados, proporcionando uma compra mais satisfatória para os clientes, otimizando os meios de infraestrutura necessários no supermercado e, acima de tudo, evitando aglomerações de pessoas e a manipulação dos itens comprados no momento da passagem pelo caixa.

2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA REDUÇÃO DE FILAS EM SUPERMERCADOS

2.1 CÓDIGO DE BARRAS

A tecnologia do código de barras surgiu em meados dos anos 70, o que foi uma transformação no mercado do varejo. Com o código de barras, os comerciantes puderam acelerar processos e ter controle perante seus estoques (MOURA, 2006).

Em 1973 a IBM criou o sistema de código de barras que utilizamos atualmente. De acordo com Moura (2006), antes da implementação da IBM, dois estudantes do Instituto de Tecnologia Drexel, criaram uma tinta que brilhava com a luz ultravioleta, esse sistema foi patentado como o primeiro sistema de codificação automática, porém devido ao seu alto custo, a tecnologia entrou em desuso.

O código proposto pela IBM foi formalmente aceito em maio de 1973, onde passou a ser conhecido como código UPC (*Universal Product Code*). Os primeiros países a adotarem o sistema foram Estados Unidos e Canadá. A princípio ele consistia em uma sequência de 12 dígitos, que eram traduzidos para barras. Posteriormente foi estudada a ampliação do código, para permitir uma maior difusão do sistema, de modo a identificar também o país de origem de cada produto classificado.

Em 1976, foi criado um código, o qual tinha 13 dígitos e era denominado de EAN (*European Article Numbering System*). Alguns países adotam esse mesmo sistema, dando-lhe outro nome. Por exemplo, no Japão o sistema é conhecido como JAN (*Japanese Article Numbering System*).

Apesar do seu desenvolvimento ter acontecido na década de 70, o código de barras só foi formalmente introduzido no Brasil em novembro de 1984 (MOURA, 2006). Essa demora aconteceu devido a entrada tardia de computadores no Brasil e por isso não se tinha tecnologias necessárias para a implementação da automação comercial (ROCHA, 2000), com isso os processos de venda de produtos eram demorados e os supermercados não conseguiam ter um controle de estoque.

Com a implementação do código de barras, houve uma transformação na administração do varejo, o que acarretou a diminuição de mão de obra, mas em contrapartida elevou a produtividade dos funcionários, lucro dos empresários, controle dos estoques e satisfação dos clientes (MOURA, 2006).

2.1.1 Tecnologia do código de barras

De acordo com a Associação Brasileira de Automação – GS1 Brasil, o código de barras é a representação gráfica que indica os números que são informados logo abaixo dele por meio de barras verticais. Essas barras são formadas a partir de um código binário que segue a mesma lógica da computação, ou seja, a dinâmica envolve apenas dois valores: 0 (zero) e 1 (um). Por meio de leitura óptica um scanner detecta os números binários, representados pelas barras, e depois disso as combinações são decodificadas.

A codificação de um número utilizando as barras é formada, segundo Milies (2008), por listras brancas e pretas alternadas, cujas espessuras variam entre finas, médias, grossas ou muito grossas. Dessa maneira, o scanner lê o código identificando quais colunas têm cor ou não, atribuindo números zero para áreas de maior reflexão de luz (branco) e um para áreas de menor reflexão (preto), gerando um número de 95 dígitos.

Figura 1 — Representação gráfica e numérica de um código de barras



Fonte: MILIES (2006).

2.2 TECNOLOGIAS MODERNAS

Em um mercado competitivo, os supermercados estão constantemente buscando diferenciação e inovação para atrair novos clientes e manter os existentes. A adoção de tecnologias modernas é uma forma de se destacar da concorrência e se manter relevante no mercado (LIMAA). Por exemplo, ao investir em sistemas de automação de caixas e caixas de autoatendimento, os supermercados conseguem agilizar o atendimento, reduzir as filas e proporcionar uma compra mais rápida e conveniente para os clientes. Além disso, o uso de tecnologias de rastreamento de inventário, como etiquetas RFID, permite um controle mais preciso dos estoques, evitando a falta ou o excesso de produtos nas prateleiras e, consequentemente, reduzindo os custos operacionais.

Sensores podem ser colocados em prateleiras e produtos para monitorar o estoque em tempo real e enviar alertas quando os produtos estiverem acabando. Além disso, os consumidores podem interagir com os produtos por meio de dispositivos conectados para obter informações detalhadas, como peso, data de validade e valor nutricional.

Essas tecnologias possuem princípios de funcionamento diversos, dependendo da sua aplicação específica. Caixas de autoatendimento são baseadas em scanners de códigos de barras e sistemas de pagamento integrados, permitindo que os clientes escaneiem e paguem pelos próprios produtos. Aplicativos móveis e assistentes virtuais utilizam interfaces intuitivas e conexões com bancos de dados para interagir com os clientes, fornecendo informações detalhadas e ofertas personalizadas. Sensores de rastreamento de estoque, como etiquetas RFID, monitoram em tempo real as prateleiras e produtos, enviando alertas quando os itens estão escassos. A automação de processos envolve a implementação de tecnologias que substituem tarefas manuais, como leitura de códigos de barras ou etiquetas RFID para gerenciar o estoque, caixas de autoatendimento e até mesmo robôs para tarefas de reposição de produtos e limpeza. Esses princípios de funcionamento têm em comum a busca por maior eficiência, conveniência e satisfação tanto para os clientes como para a gestão do supermercado.

2.2.1 Self-Checkout

O self-checkout é uma tecnologia desenvolvida para oferecer aos clientes uma alternativa conveniente ao caixa tradicional, permitindo que tenham mais autonomia durante o processo de compra. Em países como Japão, Estados Unidos e Canadá, é amplamente utilizado, mas também podemos encontrá-lo aqui no Brasil. O sistema permite realizar a leitura dos produtos e efetuar o pagamento sem a necessidade de um atendente humano, o que reduz as filas nos caixas dos supermercados, resultando em uma economia significativa de tempo que comumente era gasta em caixas convencionais.

Geralmente, o self-checkout utiliza câmeras para leitura dos produtos, identificando-os e adicionando-os a uma lista de compras. O sistema é projetado para reconhecer os itens e após a leitura de todos, o cliente pode escolher a forma de pagamento, como cartão de crédito/débito, ou pix. Por fim, o sistema realiza a cobrança e emite um comprovante de pagamento.

Com sua adoção cada vez mais ampla, é provável que essa tendência continue a crescer no setor varejista, oferecendo benefícios tanto para os consumidores quanto para os estabelecimentos comerciais. Apesar das vantagens, é importante ressaltar que o self-checkout

pode apresentar desafios, como a necessidade de garantir que todos os itens sejam lidos corretamente e evitar erros ou tentativas de fraude. Por esse motivo, alguns supermercados podem adotar medidas de segurança, como a verificação aleatória de itens ou a presença de um funcionário para auxiliar os clientes durante o processo.

A figura 2 apresenta um cenário típico do self-checkout, onde os clientes podem escanear e pagar por seus produtos diretamente no totem

Figura 2 — Totens de self-checkout do Carrefour, em São Paulo (SP)



Fonte: VEJA (2018).

2.2.2 Scan-and-Go

Oferecendo liberdade e controle aos clientes durante a compra, o Scan-and-Go é uma tecnologia que permite digitalizar os produtos por conta própria à medida que os colocam no carrinho, eliminando a necessidade de passar por um caixa convencional.

A loja fornece aos clientes um aplicativo móvel ou um dispositivo portátil específico para o Scan-and-Go, que é utilizado para escanear o código de barras dos produtos escolhidos. Os produtos precisam ser escaneados individualmente, utilizando a câmera do smartphone ou o leitor fornecido pelo estabelecimento. Dessa forma, o sistema reconhece os itens e os adiciona à lista de compras. À medida que os clientes digitalizam os itens, o sistema vai atualizando o preço da compra e caso um cliente decida não levar um item previamente escaneado, ele pode remover o produto da lista de compras. Ao final, os clientes podem fazer o pagamento pelo próprio aplicativo ou dispositivo fornecido.

Apesar da autonomia do sistema de Scan-and-Go, alguns estabelecimentos, temendo fraudes, solicitam aos clientes que passem por uma verificação de segurança antes de sair da loja, fazendo uma simples checagem dos itens da lista de compra virtual com os itens que foram inseridos no carrinho. Essa verificação é feita por funcionários, que conferem os itens da lista de compra virtual com os produtos efetivamente inseridos no carrinho de compras.

A figura 3 ilustra um exemplo do scan-and-go, onde o cliente utiliza seu smartphone para escanear um produto durante a compra no estabelecimento.

Figura 3 — Scan-and-Go Carrefour - SP



Fonte: MERCADO E CONSUMO (2019).

2.2.3 Amazon Go e RFID

A Amazon Go é um conceito de supermercado desenvolvido pela Amazon, no qual os clientes podem entrar na loja, pegar os produtos que desejam e sair, sem a necessidade de passar por um processo de pagamento tradicional (SILVEIRA). Esse modelo é viabilizado pela combinação de diversas tecnologias, incluindo a tecnologia RFID.

Dentro da loja, sensores e câmeras são utilizados para rastrear os movimentos dos clientes e identificar os produtos que eles retiram das prateleiras. Cada produto possui uma etiqueta RFID que contém informações específicas. Quando um cliente retira um item da prateleira, os sensores detectam a etiqueta RFID e adicionam automaticamente o produto à lista virtual de compras do cliente, vinculando-o à sua conta da Amazon.

Ao sair da loja, os clientes simplesmente podem deixá-la, sem a necessidade de passar por caixas ou fazer qualquer pagamento tradicional. A tecnologia RFID e os dados coletados

durante a visita à loja permitem que a Amazon calcule o valor total da compra do cliente. Assim, o pagamento é processado de forma automática e instantânea por meio do aplicativo Amazon Go, e o valor é debitado da conta do cliente associada ao aplicativo.

A tecnologia RFID é essencial para o funcionamento eficiente do modelo de negócio da Amazon Go. Ela permite o acompanhamento em tempo real dos produtos em prateleiras, garante precisão no registro dos itens selecionados pelos clientes e possibilita comodidade na hora da compra, eliminando a necessidade de passar pelos caixas. A figura 4 ilustra a saída da loja, onde é possível observar a ausência de caixas convencionais, refletindo o conceito inovador e sem complicações do Amazon Go.

Figura 4 — Lojas autônomas Amazon Go



Fonte: MERCADO E CONSUMO (2018).

3 APLICAÇÃO DO RFID PARA DIMINUIR FILAS E AGLOMERAÇÕES EM SUPERMERCADOS

Atualmente, um dos campos mais importantes de aplicação do RFID é o gerenciamento de armazéns e logística (GOMES; BRAGA). Isso acontece porque com o auxílio da tecnologia é possível, por exemplo, rastrear todos os produtos que saem do armazém, desde que estes estejam devidamente etiquetados com as TAGS.

Além de suas aplicações na logística, o RFID apresenta vantagens significativas no uso direto dentro dos supermercados. Isso porque os supermercados podem acompanhar em tempo real o nível de estoque de cada produto, identificando rapidamente quais produtos estão em falta ou com baixa quantidade (PANTA,2014). Além disso, o RFID também contribui para a redução de perdas e desperdícios, pois permite um controle mais preciso do prazo de validade dos produtos. Com a identificação individual de cada item, é possível identificar e remover prontamente os produtos vencidos, evitando que sejam vendidos ao consumidor.

Este capítulo tem como objetivo abordar a evolução histórica e o funcionamento do RFID. Serão discutidos o desenvolvimento ao longo dos séculos XX e XXI, bem como o estabelecimento da comunicação entre etiquetas e leitores na tecnologia RFID, além do fluxo de informações entre os elementos do sistema. O conhecimento desses aspectos é fundamental para compreender plenamente a utilização e o potencial do RFID em diversas áreas.

3.1 SURGIMENTO DA TECNOLOGIA RFID

A segunda guerra mundial trouxe uma gama de inovações e invenções que marcaram o início de uma nova era. Isso acontecia com o intuito de encontrar maneiras de equipar soldados e atacar o inimigo. Para que essa evolução acontecesse, as nações mais poderosas do mundo investiram em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia.

Para Landt (2005), a origem da tecnologia RFID remonta à Segunda Guerra Mundial. Países como EUA, Japão, Alemanha e Inglaterra utilizavam, na época, sistemas de radares que permitiam identificar a aproximação de aviões. Entretanto, eles tinham um problema: não era possível identificar os aviões aliados dos inimigos.

Em 1937, o *United States Naval Research Laboratory*, liderado pelo escocês, Sir. Robert Alexander Watson-Watt, (inventor do radar), em conjunto com o exército britânico, desenvolveu o sistema chamado de *Identification Friend-or-Foe*. A partir disso, foram

implantados transmissores em aviões ingleses, figura 5, que deram respostas diferentes ao radar, indicando-os como amigos. Desse modo, foi implantado o primeiro sistema de identificação por radiofrequência.

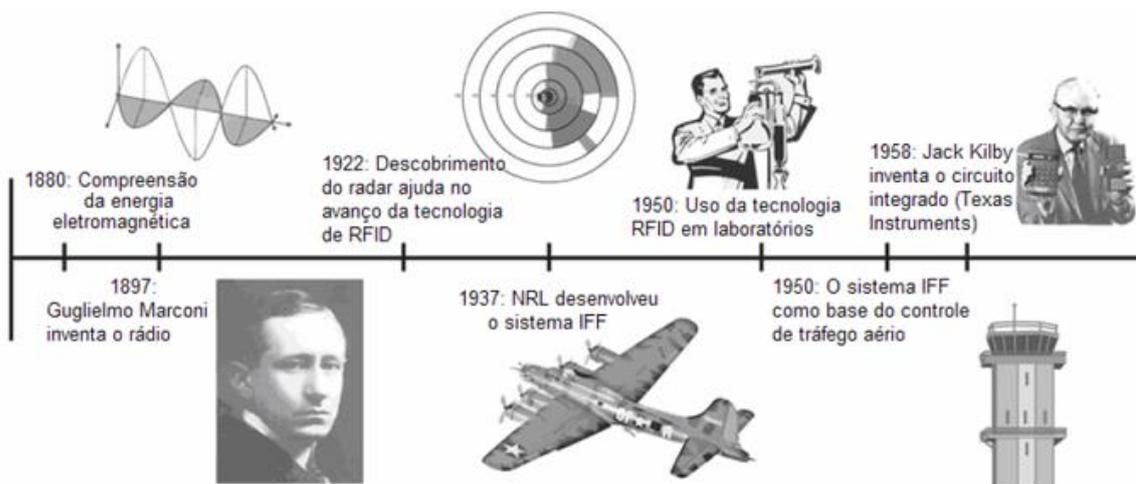
Figura 5 — Aviões da Segunda Guerra Mundial com RFID



Fonte: HWANG; GONZALEZ; MONTEIRO (2013)

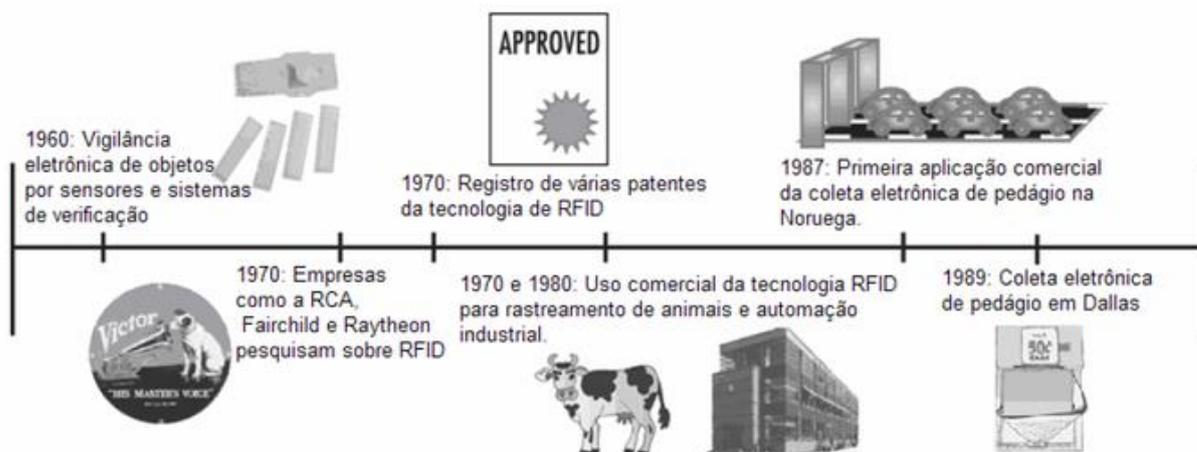
As figuras 6,7 e 8, trazem um resumo da evolução da tecnologia RFID desde a década de 40.

Figura 6 — Contextualização da tecnologia de RFID ao longo do tempo



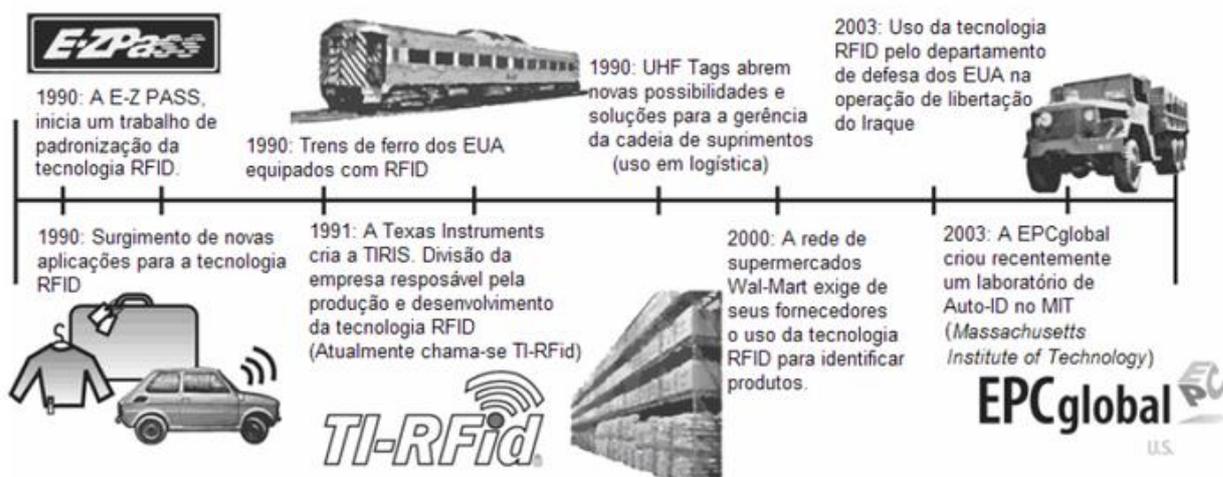
Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

Figura 7 — Contextualização da tecnologia de RFID ao longo do tempo



Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

Figura 8 — Contextualização da tecnologia de RFID ao longo do tempo



Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

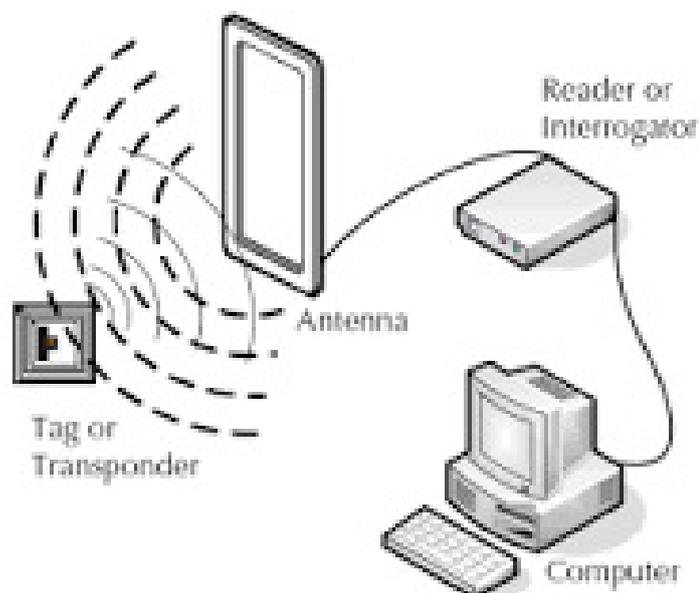
3.1.1 Tecnologia RFID

A sigla RFID, que significa *Radio-Frequency Identification*, refere-se a uma tecnologia na qual dados digitais codificados em etiquetas RFID e antenas são capturados por um leitor por meio de ondas de rádio. Essa tecnologia é amplamente utilizada em diversos setores para rastreamento e identificação de produtos e objetos de forma eficiente.

Um sistema RFID é composto por três componentes básicos: uma antena ou bobina, um transceptor com decodificador e um transponder, também conhecido como Tag, que é

eletronicamente programado com informações específicas. Quando o leitor RFID envia sinais de rádio para a antena, ela ativa o transponder e este responde com os dados armazenados em sua memória (Figura 9).

Figura 9 — Componentes básicos de um sistema RFID



Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

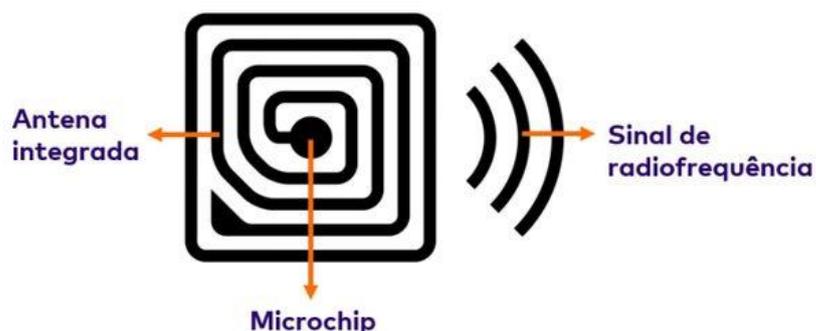
3.1.2 Componentes de um sistema RFID

3.1.2.1 Etiquetas RFID

As etiquetas RFID, também chamadas de tags ou transponders, desempenham a importante função de transmitir e responder às informações que são enviadas por radiofrequência. São capazes de armazenar e comunicar dados de forma rápida e precisa, facilitando processos como controle de estoque, automação de processos industriais, logística, sistemas de pagamento sem contato e muitos outros, contribuindo significativamente para a otimização e aprimoramento das operações em diversos contextos.

A figura 10 apresenta uma representação esquemática de uma etiqueta RFID, composta por uma antena que capta o sinal de rádio enviado pelo leitor, e um microchip que armazena informações específicas sobre o objeto ou produto ao qual a etiqueta está associada.

Figura 10 — Componentes etiqueta RFID



Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

3.1.2.2 Classificação das etiquetas

Constituídas por uma antena, um circuito integrado e o encapsulamento, as etiquetas são classificadas em ativas e passivas, cujas definições e características serão apresentadas a seguir:

3.1.2.2.1 Etiquetas Ativas

As etiquetas ativas são equipadas com uma bateria que alimenta o circuito eletrônico interno. Devido a essa fonte de energia, elas possuem uma estrutura mais complexa e, como resultado, apresentam um alcance de resposta superior em comparação com as etiquetas passivas. Essas etiquetas são capazes de enviar sinais em maiores distâncias, tornando-as ideais para aplicações que requerem leitura em longas distâncias, como em sistemas de rastreamento de veículos ou ativos em grandes áreas.

No entanto, as etiquetas ativas também possuem algumas desvantagens. Elas exigem uma manutenção recorrente devido à necessidade de substituição ou recarga periódica da bateria. Além disso, seu tamanho e custo são geralmente mais elevados em comparação com as etiquetas passivas.

A figura 11 ilustra um exemplo de etiqueta ativa.

Figura 11 — Etiqueta Ativa



Fonte: Mega distribuidora (2022).

3.1.2.2.2 Etiquetas Passivas

Diferente das etiquetas ativas, essas não possuem uma fonte de alimentação, com isso, a energia necessária para alimentar o circuito integrado é obtida através das ondas eletromagnéticas enviadas pela antena/leitor da base. São mais baratas e possuem um menor alcance de leitura.

A figura 12 ilustra um exemplo de etiqueta passiva.

Figura 12 — Etiqueta passiva

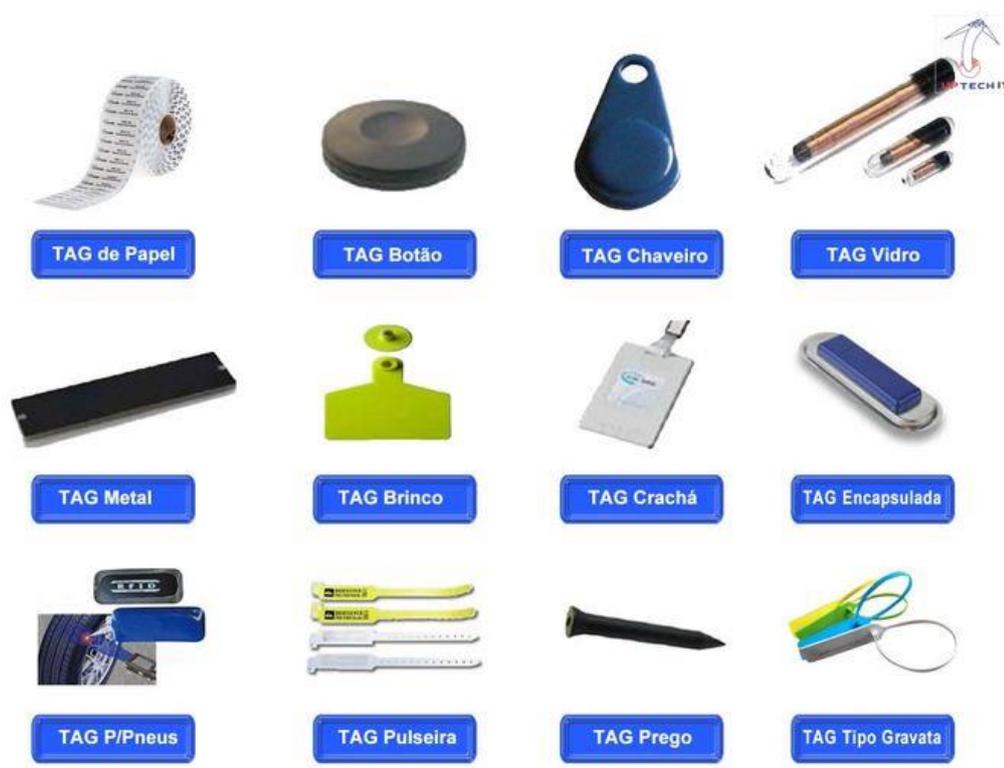


Fonte: Mercado Livre (2023).

3.1.2.3 Exemplos de etiquetas

Atualmente no mercado são comercializados vários tipos de etiquetas (Figura13), com tamanhos, frequências, materiais e modelos diferentes. Por existir uma grande gama de aplicações, existem etiquetas específicas para ambientes com temperaturas extremamente altas ou extremamente baixas, por exemplo, etiquetas que possam suportar quedas e colisões, além de etiquetas desenvolvidas para ambientes onde tem altas pressões.

Figura 13 — Exemplos de Etiquetas



Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

3.1.3 Leitor

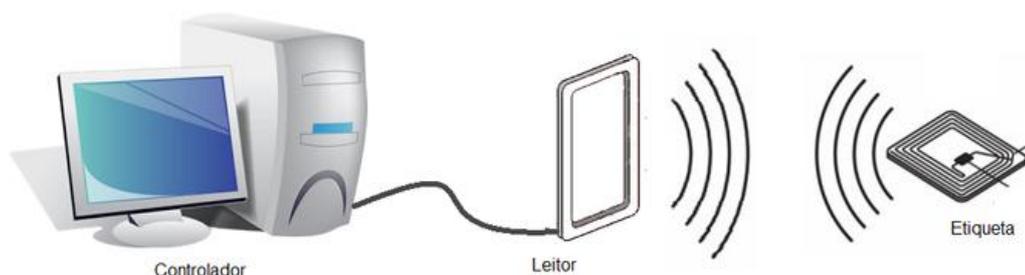
O leitor RFID é responsável por armazenar e processar todas as informações. Sua função principal é realizar a leitura ou escrita dos dados nas etiquetas RFID. Esses leitores são compostos por uma antena, um microcontrolador e uma interface de rede (Figura 14), que permitem a comunicação com as etiquetas e a transferência de dados.

Uma das principais vantagens dos leitores RFID é que eles não exigem um contato visual direto com as etiquetas para realizar a leitura de seus dados. Ao contrário dos leitores de códigos de barras, que precisam "ver" o código para identificar o produto, os leitores RFID

podem captar os dados das etiquetas mesmo em distâncias maiores, sem a necessidade de linha de visão. Além disso, os leitores RFID podem processar grandes volumes de dados em tempo real, tornando as operações mais ágeis e eficientes.

O leitor RFID tem como dispositivo de entrada uma antena, a qual o leitor recebe informações da etiqueta, constituindo-se na interface entre os sinais de rádio recebidos e o controlador da leitora (dispositivo responsável por controlar o leitor) (Santini, 2008).

Figura 14 — Funcionamento do leitor RFID



Fonte: LOUREIRO; DE SOUZA; LOPES (2015).

Na imagem acima temos o esquema de comunicação entre o leitor e a etiqueta. Quando a etiqueta entra no alcance do leitor, este envia um sinal de radiofrequência que ativa a etiqueta. Em resposta, a etiqueta transmite as informações armazenadas em sua memória de volta ao leitor, por meio de ondas de rádio. O leitor captura essas informações e as envia para o sistema de controle, onde são processadas e utilizadas para executar a ação adequada.

Uma característica dos leitores RFID é que geralmente eles reúnem mais dados que o necessário, lendo a mesma etiqueta múltiplas vezes ou lendo todos os dados armazenados nela, mesmo que seja necessário apenas uma parte para a aplicação. Por esse motivo, a maioria dos sistemas RFID exige programas de softwares de filtragem, que reconhecem os dados significativos e filtram o restante. Os leitores de código de barras também exigem programas de softwares de filtragem semelhantes para otimizar o uso das informações capturadas.

3.1.4 Antena

As antenas são dispositivos que captam e transmitem sinais de natureza eletromagnética. Como já discutimos anteriormente e o próprio nome sugere, o RFID é uma tecnologia de identificação automática que utiliza ondas eletromagnéticas como meio para se obter informações contidas no dispositivo eletrônico conhecido como etiqueta.

Base da comunicação da tecnologia RFID, as antenas são extremamente importantes para a transmissão das informações entre o leitor e a etiqueta. De acordo com Glover e Baht (HECKEL, 2007), em um sistema RFID a antena é quem determina como o campo eletromagnético será gerado, tendo a função de realizar a troca de dados entre o leitor e o transponder. Dessa forma, tanto o leitor quanto a etiqueta devem possuir uma antena com as mesmas características de polarização e frequência para que seja possível a troca de informações.

Figura 15 — Troca de informações leitor/etiqueta



Fonte: Autoria própria (2023).

A figura 15 demonstra os sinais emitidos pela antena do leitor, o qual ativa a antena da etiqueta, refletindo de volta para o leitor, enviando-lhe as informações contidas no seu microchip.

3.1.4.1 Tipos de antenas RFID

As antenas do sistema RFID são projetadas de acordo com a frequência de operação, e diferentes frequências são empregadas para atender a diferentes requisitos e aplicações.

Existem três tipos principais de antenas RFID, cada uma operando em uma faixa de frequência específica. As antenas LF geralmente possuem formatos de loop ou bobina e operam na faixa de 125 kHz. As antenas HF operam na faixa de 13,56 MHz e são projetadas com antenas loop. Já as antenas UHF operam na faixa de 860 MHz a 960 MHz e podem ter várias formas, como antenas de patch, de painel, de grade e helicoidais, sendo amplamente empregadas em gerenciamento de estoque e rastreamento de ativos em grandes volumes

(TEIXEIRA,2017). Cada tipo de antena possui características distintas, permitindo a adaptação do RFID em diferentes cenários e necessidades de aplicação.

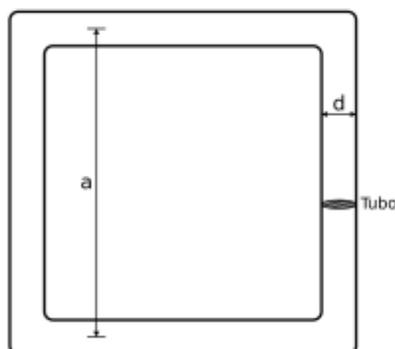
3.1.4.1.1 Antenas Loop

As antenas loop são um tipo comum de antena utilizada em sistemas RFID, especialmente nas frequências de baixa e alta frequência (LF e HF) (TEIXEIRA,2017). Elas possuem um formato circular ou quadrado e são conhecidas por seu baixo perfil, o que as torna adequadas para integração em dispositivos compactos. Essas antenas são omnidirecionais no plano perpendicular ao loop, o que significa que elas irradiam e recebem sinais igualmente em todas as direções nesse plano, tornando-as eficazes para leituras de curto alcance em várias orientações. No plano paralelo ao loop, a antena loop pode exibir um padrão de radiação direcional. As antenas loop têm alcance de leitura limitado, sendo mais adequadas para aplicações de curto alcance, como controle de acesso, identificação de produtos e pagamentos sem contato. Sua alta eficiência de transferência de energia para as etiquetas RFID passivas as torna uma escolha popular em várias aplicações RFID.

Um exemplo de antena loop comum é a antena square loop, a qual opera na frequência de 13,56 MHz e será utilizada no protótipo inicial do nosso sistema RFID. Essa antena possui uma configuração quadrada, com todos os lados aproximadamente do mesmo tamanho, e é conhecida por sua forma compacta e design simplificado. A antena square loop apresenta benefícios significativos, como sua omnidirecionalidade no plano perpendicular ao loop, permitindo leituras de curto alcance em várias orientações. Isso significa que os objetos etiquetados podem ser lidos de forma eficiente a partir de qualquer posição dentro desse plano, o que proporciona maior flexibilidade na colocação dos itens. Além disso, seu design compacto torna-a ideal para integração em dispositivos eletrônicos com espaço limitado, como em leitores portáteis, cartões de acesso e dispositivos de pagamento sem contato.

Na figura 16, podemos observar a estrutura característica dessa antena. Ela é composta por fios de cobre ou trilhas impressas em uma superfície planar, como uma placa de circuito impresso (PCB). Essa antena é utilizada tanto em etiquetas RFID passivas, onde está incorporada na própria etiqueta, quanto em leitores RFID, onde está embutida no dispositivo e é responsável por emitir o sinal de radiofrequência necessário para alimentar as etiquetas RFID passivas e receber as informações delas.

Figura 16 – Estrutura de uma Antena Square Loop



Fonte: LOZANO NIETO (2011)

3.1.4.1.2 Antenas Planares

As antenas planares são outro tipo de antena RFID, utilizadas principalmente na faixa de frequências Ultra Alta (UHF). Elas possuem uma estrutura plana, geralmente impressas em substratos rígidos ou flexíveis, como Printed Circuit Boards (PCBs). As antenas planares podem ter várias formas, como patch, painel ou grade. Elas oferecem maior alcance de leitura em comparação com as antenas loop, tornando-as ideais para aplicações de médio e longo alcance.

Um exemplo comum de antena planar é o tipo patch, que é frequentemente aplicado em sistemas de RFID de Ultra Alta Frequência (UHF). A antena planar patch é composta por um elemento radiante impresso ou gravado em um substrato dielétrico, como uma placa de circuito impresso (PCB). Sua geometria plana permite fácil integração em superfícies, como etiquetas RFID adesivas, embalagens ou cartões inteligentes. Uma das principais vantagens desse tipo de antena é sua eficiência e capacidade de operar em frequências de UHF, o que possibilita leituras de longo alcance.

3.1.4.1.3 Antenas Helicoidais

As antenas helicoidais são caracterizadas por sua forma em espiral, o que lhes confere uma estrutura compacta e robusta. Essas antenas são usadas em frequências de UHF e apresentam um padrão de radiação circularmente polarizado, o que lhes permite alcançar leituras mais consistentes em diferentes orientações das etiquetas. São comuns em aplicações aeroespaciais, militares e de controle de acesso.

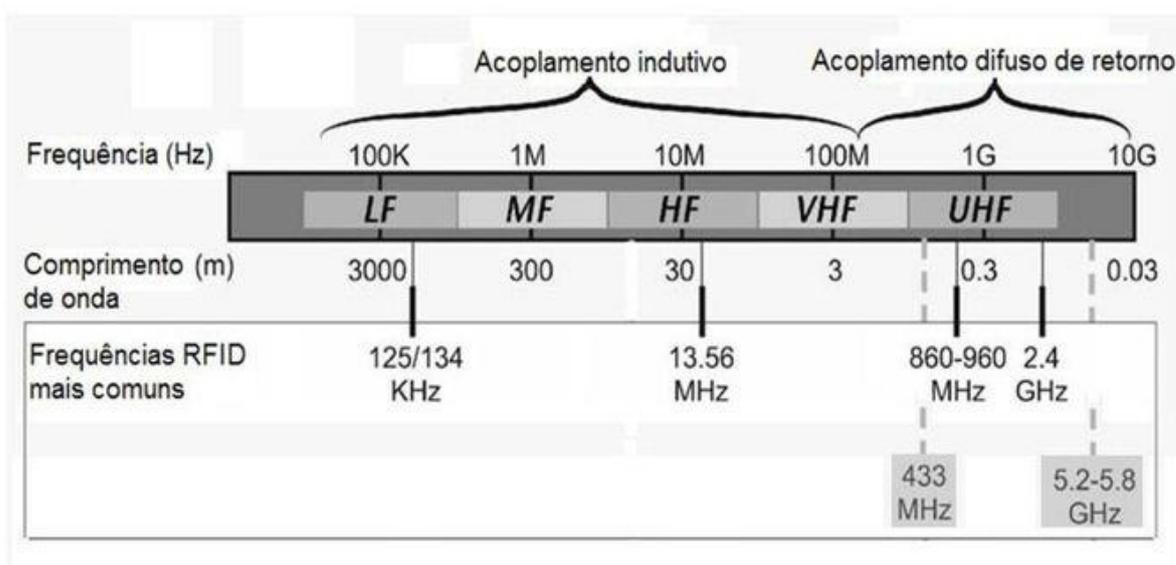
As antenas helicoidais são altamente vantajosas, pois oferecem ganhos de direção mais altos, possibilitando leituras de longo alcance em aplicações RFID de UHF (Ultra High Frequency). As mais comuns no mercado são as antenas do tipo linear e circular.

As antenas helicoidais lineares são especialmente projetadas para proporcionar uma polarização linear, o que as torna ideais em situações onde a orientação necessita de precisão e alinhada entre a antena do leitor e a etiqueta RFID. Por outro lado, as antenas helicoidais circulares são amplamente utilizadas em aplicações onde a orientação da etiqueta RFID pode variar, já que sua polarização circular é menos sensível a mudanças de orientação.

3.1.5 Faixas de Frequências

Como já vimos, o sistema RFID produz e irradia ondas eletromagnéticas. Por isso, para que não haja interferências de outros serviços de rádio, é preciso a determinação das faixas do espectro de frequência, que no caso da tecnologia RFID é dividida em frequência baixa (LF), alta (HF), ultra-alta (UHF) e microondas, como ilustrado na figura 17.

Figura 17 — Espectro de frequência RFID



Fonte: DOBKIN (2011).

As frequências diferentes das etiquetas RFID oferecem características distintas, e a escolha adequada dependerá do tipo de aplicação pretendida. Por exemplo, as etiquetas de alta frequência funcionam de forma mais eficaz em objetos feitos de metal, sendo úteis também em produtos com alto teor de água. Já as etiquetas de baixa frequência consomem menos energia e

têm a capacidade de penetrar em substâncias não-metálicas. Na tabela 2, destacamos algumas características e as principais aplicações para cada tipo de etiqueta, de acordo com sua respectiva frequência.

Tabela 2 — Características e aplicações das frequências RFID

Faixa de Frequências	Características	Aplicações	Alcance estimado
Baixa – LF 125 KHz	Baixo custo Baixa velocidade de leitura	Identificação de animais Garagens de veículos	50 centímetros
Alta – HF 13,56 MHz	Custo razoável Média velocidade de leitura	Smartcards	3 metros
Ultra-alta – UHF 860 – 960 MHz	Alto custo Alta velocidade de leitura	Monitoramento de veículos em trânsito	9 metros
Microondas 2,45 GHz	Muito mais rápida na transmissão de dados	Industriais e médicas	> 10 metros

Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

3.1.6 Comunicação

Existem três tipos de comunicação em um sistema RFID, são eles:

1. Half-duplex (HDX) - Nesse modo de comunicação o leitor e a etiqueta podem enviar e receber dados, porém nunca simultaneamente, mesmo os dois sentidos sendo válidos. A aplicação deste tipo de comunicação no sistema RFID, funciona da seguinte forma: Em dado momento o sinal da antena/leitor é transmitido para a etiqueta e em outro a etiqueta transmite o sinal de volta para a base. Isso acontece na etiqueta passiva, uma vez que a antena/leitor fornece energia para a etiqueta.
2. Full-duplex (FDX): Nesse tipo de comunicação é possível transmitir e receber dados simultaneamente, com isso a antena/leitor e a etiqueta recebem e enviam os dados ao mesmo tempo.

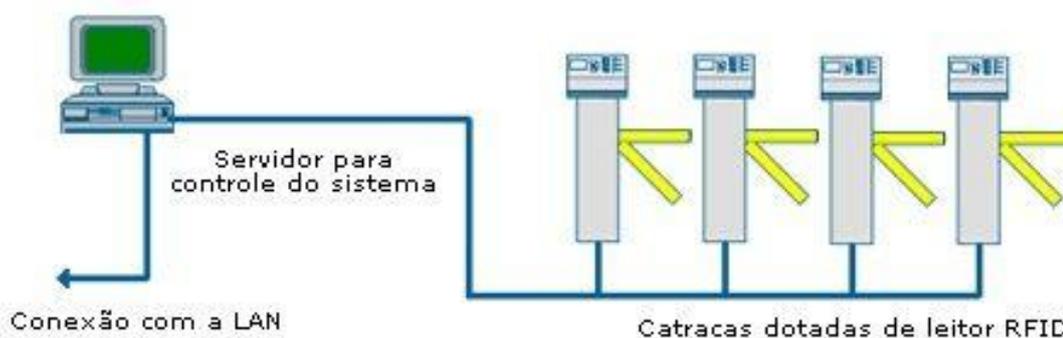
3. Sequencial (SEQ): Semelhante a Full-duplex, na comunicação SEQ a antena/leitor só envia o sinal de energia enquanto estiver transmitindo os dados e já no caso da Full-duplex um sinal contínuo de energia é transmitido a todo tempo. O grande problema é que quando o leitor terminar de enviar as informações para a etiqueta, a transmissão de energia será interrompida. Para solucionar esse problema, é utilizado um capacitor que armazena a energia necessária para permitir que a etiqueta continue a transmitir dados ao leitor, mesmo após a interrupção do fornecimento contínuo de energia.

3.1.7 Aplicações RFID

Com uma enorme versatilidade, o sistema RFID pode ser aplicado a diversos processos, seja no campo da logística, industrial, residencial, meios de transporte, entre outros. Atualmente, a procura pelo sistema tem crescido bastante, isso porque as atividades que eram feitas de forma manual e demandavam um certo tempo para serem executadas, podem ser resolvidas em segundos com a utilização do sistema. Abaixo temos alguns exemplos de aplicações do RFID:

1. Controle de acesso: Muito comum em empresas e condomínios, esse sistema faz com que somente pessoas autorizadas tenham acesso a locais restritos, para que o acesso seja liberado a pessoa deve passar o dispositivo no leitor (Figura 18).

Figura 18 — Exemplo de controle de acesso RFID

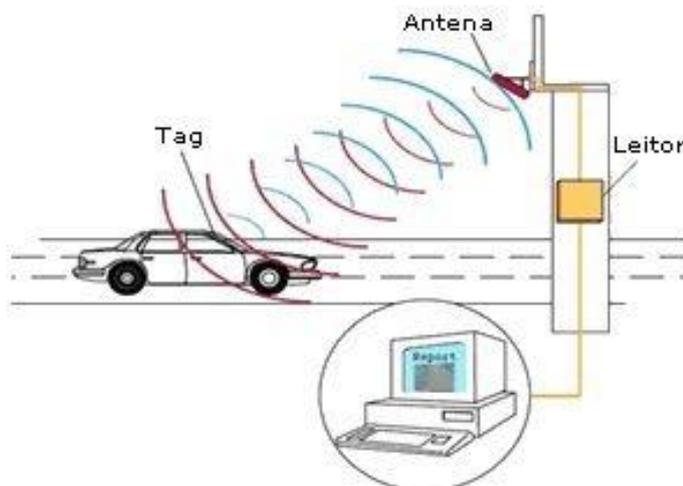


Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

2. Identificação em pedágios: Aplicação utilizada com o objetivo de evitar filas e congestionamentos. Neste caso a etiqueta fica dentro do veículo, enviando o código de identificação para os leitores que são fixados na cabine de cobrança, ao identificar o código a passagem é liberada (Figura 19).

3.

Figura 19 — Exemplo de identificação em pedágios



Fonte: COUTO; MALAFAIA (2019).

3. Gerenciamento de estoques: Um dos processos em que mais temos o uso do RFID é no gerenciamento de estoques, isso porque sua tecnologia processa diversos dados do produto, como medidas, código de barras, data de fabricação, local de armazenagem e muitas outras informações. Além disso, ele permite um melhor controle de estoque e o acompanhamento do produto desde a produção até o ponto de venda (Figura 20).

Figura 20 — Exemplo de controle de estoques



Fonte: MICROSUM (2022).

Atualmente existem outros tipos de aplicações inovadoras utilizando o sistema RFID, como na área da segurança e medicina. Soluções onde os pais utilizam pulseiras em seus filhos para encontrá-los em parques de diversão ou socorro rápido a pessoas com parada cardíaca, que ao possuírem uma etiqueta realizam a comunicação rápida com a equipe que possui o crachá com o RFID (UFRJ), são alguns exemplos de funcionalidades do sistema.

3.1.8 RFID versus código de barras

A tecnologia RFID traz como uma de suas maiores vantagens o fato de permitir a codificação em ambientes hostis e em produtos onde o uso de código de barras não é eficaz. Em comparação com os códigos de barras, a utilização da tecnologia RFID se mostra bem mais vantajosa como podemos ver na Tabela 3, porém o maior empecilho de sua adoção é o seu alto custo de implementação.

Tabela 3 — Vantagens da tecnologia RFID em comparação com códigos de barras

CÓDIGO DE BARRAS	RFID
Necessita linha de visão para ser lido;	Pode ser lido sem linha de visão;
Pode ser lido apenas individualmente;	Pode ler várias etiquetas simultaneamente;
Não pode ser lido se estiver sujo;	Pode lidar com ambientes sujos;
Pode identificar apenas o tipo do item;	Pode identificar um item específico dentro de um lote de itens iguais;
Não pode ser atualizado;	Novas informações podem ser gravadas;
Exigem rastreamento manual.	Pode ser rastreado automaticamente

Fonte: WHITE (2007).

3.2 PROTÓTIPO INICIAL

Para demonstrar a viabilidade e aplicabilidade do sistema, foi desenvolvido um protótipo inicial.

Para o protótipo utilizamos um módulo leitor RFID modelo MFRC522 Mifare, figura 21, uma etiqueta tipo cartão, onde as informações ficaram armazenadas em um microchip, dois arduinos uno, uma balança digital e um módulo conversor analógico digital modelo HX711, que converte a informação da célula de carga da balança e transfere os dados para o arduino. Ainda foram utilizados dois displays LCD 16x2 e backlight azul como interface de comunicação com o usuário.

Figura 21 — Sensor RFID utilizado no protótipo



Fonte: AERIAL TELECOMUNICAÇÕES (2019).

3.2.1 Princípio de funcionamento

Para a implementação do protótipo, cada produto recebeu uma etiqueta específica com um microchip, no qual é registrado, em sua memória, um código correspondente ao produto que ela representa. Esse código foi cadastrado em um banco de dados, onde foram armazenadas informações como peso, marca, fornecedor e demais características do produto.

Assim como os produtos foram equipados com uma etiqueta, no carrinho de supermercado contém um leitor da etiqueta, o qual é controlado com o uso do arduíno. A comunicação acontece através de uma antena sintonizada na frequência de 13.56 MHz e ao adicionar cada produto ao carrinho, o seu código correspondente é detectado pelo leitor e acrescentado a uma lista de compras.

Após escolher todos os produtos, o cliente se direciona ao caixa para a realização da conferência dos produtos, que se dá através do uso de uma balança eletrônica, que está ligada ao sistema central, formado por outro arduíno.

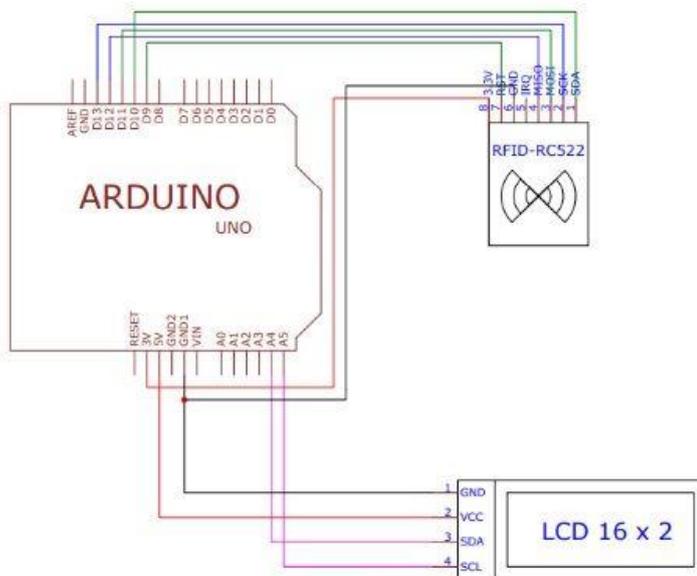
Em seguida, é realizada a comparação da lista de compras com a planilha central que contém todas as informações dos produtos previamente cadastrados. De posse da planilha com os códigos, e acessando o banco de dados, o sistema calcula o peso de todos os produtos e compara com o peso indicado pela balança.

Ao realizar a comparação, o resultado deve indicar a mesma quantidade de produtos, bem como o peso medido e o peso calculado, dentro de uma margem de tolerância, para assim

o sistema proceder com o pagamento e conseqüentemente conclusão do processo de compra. Caso as planilhas não coincidam em número de itens, ou pesos, um algoritmo, baseado na diferença entre os dois valores, fará uma indicação de possível solução.

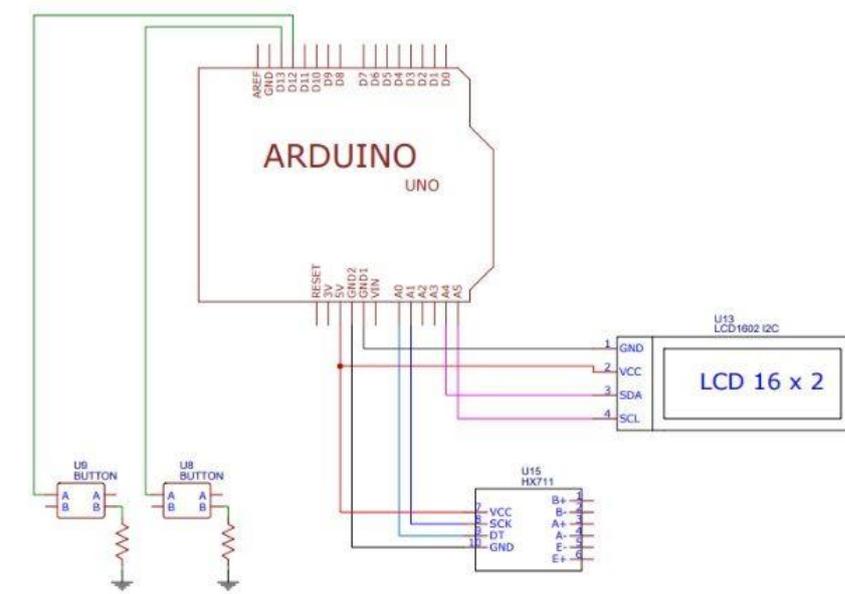
A figura 22 e 23, demonstra a montagem do circuito eletrônico para a execução do protótipo.

Figura 22 — Montagem do circuito eletrônico com o sensor RFID



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 23 — Montagem do circuito eletrônico com a balança digital



Fonte: Autoria própria (2021).

Para ilustrar o funcionamento do sistema, utilizamos uma cesta para representar o carrinho de supermercado. Nela, instalamos o sensor de leitura de etiquetas, e o display lcd que indica a leitura que será realizada.

Para iniciar o ciclo, é necessário efetuar a tara do sistema, a qual anula o peso da cesta e dá início ao sistema para o cliente iniciar as compras, o que é indicado pela frase: “boas compras!”, como ilustrado na figura 24.

Figura 24 — Funcionamento inicial do sistema



Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 25 mostra que a cesta contém 3 produtos: Arroz, Nissin Lámen e Catchup, com as respectivas leituras indicando uma execução bem-sucedida. Cada vez que um novo produto é adicionado ao carrinho de compras, ele é lido pelo sistema, indicando o nome do produto, o preço do produto e, nessa ordem, o valor total de compra dos itens contidos no carrinho de compras, conforme pode ser observado na imagem.

Figura 25 — Inclusão de itens na cesta



Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 26 ilustra o processo final. O cliente chega ao caixa e a cesta é pesada. Na segunda imagem, o display mostra o peso aferido, 1382 gramas, e o peso resultante da soma dos pesos individuais de cada item, contidos em uma planilha formada a partir dos dados lidos pelo leitor cujo peso é obtido do banco de dados, 1377g. Então, conforme a figura, o sistema compara os dois pesos, e através da comparação das duas métricas, a compra é finalizada e o próximo passo é o pagamento.

Figura 26 — Processo final



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.2 Resultados e discussão

Ao avaliar o protótipo, constatamos que, para utilizar o sistema em um cenário real, algumas melhorias são necessárias. Dentre elas, destacam-se a implementação de um sensor capaz de realizar a leitura simultânea de múltiplas etiquetas, o desenvolvimento de uma estratégia anti-burla para evitar possíveis fraudes e prejuízos aos supermercados, a busca por formas de reduzir os custos de implementação do sistema, por fim, o uso de etiquetas que possam interagir com as embalagens de metal sem causar interferências.

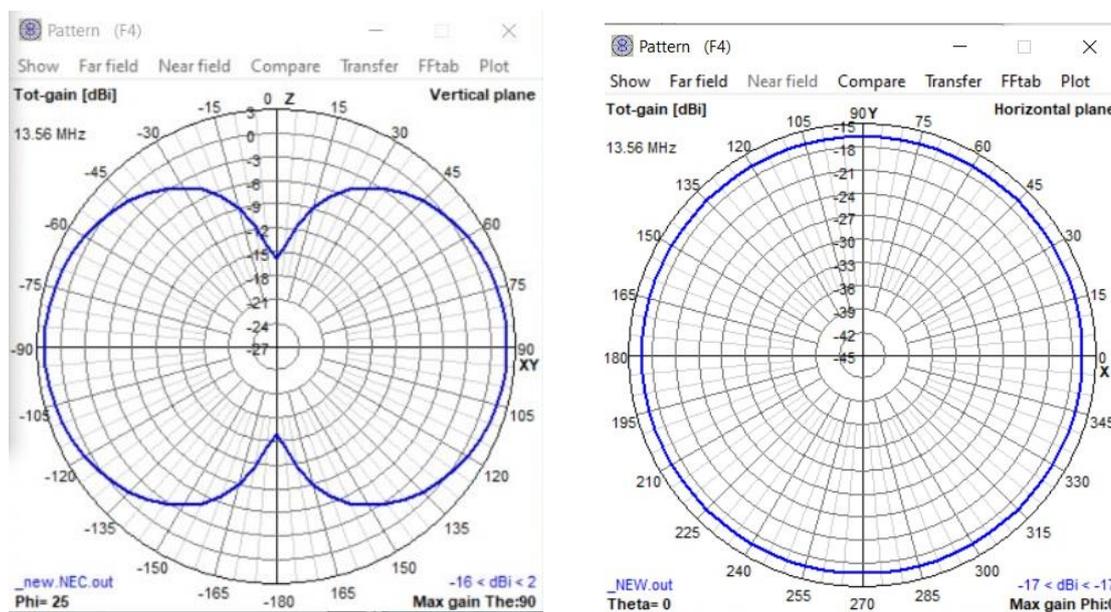
3.2.2.1 Sensor RFID RC522

Apesar de seu baixo custo de cerca de R\$20,00, o sensor utilizado no protótipo inicial dificulta a implementação de um protocolo que permita a leitura sequencial de várias etiquetas, isso acontece porque o tipo de comunicação do RC522 é a half-duplex (GUIMARÃES, 2021), ou seja, os dados podem ser transmitidos em ambos os sentidos, porém, apenas em um sentido por vez. Além disso, por operar na frequência de 13,56 MHz, as etiquetas compatíveis possuem uma capacidade de armazenamento menor e um alcance de leitura mais curto, o que não seria viável para nossa aplicação.

Considerando que o RFID RC522 utiliza uma antena do tipo square loop, realizamos uma simulação no software 4NEC (Figura 27) para analisar o desempenho dessa antena. Durante a simulação, pudemos constatar a característica de omni-direcionalidade da antena no plano perpendicular ao loop. Essa omnidirecionalidade permite que o sistema RFID seja aplicável para captar as etiquetas em várias orientações, o que é vantajoso para aplicações em que a orientação dos objetos etiquetados pode variar.

No entanto, a omnidirecionalidade observada também tem uma limitação importante. Devido à forma da antena square loop, a direcionalidade no plano paralelo ao loop pode ser um desafio. Isso pode resultar em um alcance de leitura eficiente apenas em distâncias curtas, especialmente quando os objetos etiquetados estão fora do plano da antena.

Figura 27 – Simulação antena Square no 4nec



Fonte: Autoria própria (2023).

3.2.2.2 Estratégia Anti-burla

Durante a realização do protótipo, constatamos algumas questões relacionadas à segurança do sistema. É possível que pessoas mal-intencionadas tentem burlar o sistema trocando a etiqueta de um produto mais barato, mas de mesmo peso, por outra etiqueta de um produto mais caro. Além disso, também pode ocorrer tentativas de interferência entre a etiqueta e o leitor. Para evitar esses problemas, é essencial desenvolver uma estratégia antifraude eficiente.

3.2.2.3 Custos com a implementação

A implementação de toda nova tecnologia implica em custos para o investidor. Ao adotar o sistema RFID, será necessário adquirir os equipamentos, como leitores e etiquetas RFID. Além disso, o supermercado terá despesas adicionais com a capacitação dos funcionários para o uso adequado do sistema e a instalação dele nas dependências da loja. É importante estar

ciente desses custos e planejar de forma adequada antes de realizar a implantação do sistema RFID.

3.2.2.4 Interferência com o metal

Alguns produtos dos supermercados possuem partes metálicas em suas embalagens, como enlatados, sacos de salgadinhos, bebidas e até mesmo as folhas metálicas contidas nas caixas de leite. O metal nessas embalagens pode causar problemas significativos para sistemas de RFID, devido às suas propriedades elétricas (ASIA RFID, 2023). Por ser um excelente condutor de eletricidade, o metal pode criar reflexões, bloquear ou desviar o sinal de radiofrequência emitido pelas etiquetas RFID.

3.2.2.5 Carrinhos e cestinhas de metal

Uma questão que pode ser preocupante é que os carrinhos e cestinhas de supermercados, em sua maioria, são fabricados com metal, o que pode causar interferência no funcionamento do sistema RFID. O metal presente nos objetos pode afetar a comunicação entre as etiquetas RFID e os leitores, dificultando a leitura e o registro dos produtos no sistema. Esse é um desafio importante a ser considerado ao implementar o RFID em supermercados, e é necessário buscar soluções para minimizar ou contornar essa interferência, garantindo o bom desempenho do sistema.

4 PROPOSTA AVANÇADA DO SISTEMA

Após a realização do protótipo com o sensor RFID RC522, identificamos algumas limitações, como discutido no capítulo anterior. Para tornar a aplicação mais eficiente e viável em um supermercado em funcionamento, é crucial alcançar a leitura simultânea de múltiplas etiquetas e garantir a comunicação efetiva mesmo na presença de objetos metálicos. Baseado nas discussões apresentadas, analisamos a implementação de uma nova versão em que os problemas levantados têm suas respectivas soluções.

4.1 LEITURA SIMULTÂNEA DE MÚLTIPLAS ETIQUETAS

Existem dois principais tipos de tecnologias capazes de realizar a leitura simultânea de múltiplas etiquetas: o RFID UHF (*Radio Frequency Identification*) e o NFC (*Near Field Communication*). O RFID UHF é considerado a tecnologia mais sofisticada nesse contexto, devido à sua capacidade de ler etiquetas em longas distâncias e em grandes quantidades (FERREIRA, 2021). Operando em uma faixa de frequência mais alta em comparação com outras tecnologias RFID, o RFID UHF possibilita uma transferência de dados mais rápida e eficiente, além de utilizar técnicas de anticolisão que permitem a comunicação simultânea com várias etiquetas, sem conflitos de sinal.

Por outro lado, o NFC é uma tecnologia de curto alcance amplamente empregada em aplicativos de pagamento sem contato, como carteiras digitais e cartões de crédito equipados com a tecnologia (AMIM SAB; FERREIRA; ROZENDO). O NFC também é aplicado em compartilhamento de conteúdo entre dispositivos, como imagens e músicas, bem como em outras comunicações de curto alcance (DE BLASI, 2020).

Diante das características distintas dessas tecnologias, para a aplicação do sistema proposto, o RFID UHF é a escolha mais adequada. Isso se deve à necessidade de realizar a leitura em massa de etiquetas RFID em longas distâncias, como é o caso de um supermercado com muitos produtos em prateleiras extensas.

4.2 RFID UHF FX 9500 MOTOROLA

O RFID modelo FX9500 da Motorola (Figura 28) é capaz de resolver tanto o problema da leitura simultânea das etiquetas quanto o desafio da interferência do metal. Fabricado pela Motorola Solutions, esse leitor opera na faixa de frequência UHF de 902-928 MHz.

Utilizando tecnologia avançada para ler uma ampla gama de etiquetas, seja ela de longa ou curta distância, o FX9500 permite que os usuários capturem dados de etiquetas RFID com velocidade e precisão (CHANG FAICONÍ; LOZANO SOLÍS). Além disso, por ter sido projetado para atuar em ambientes industriais, o leitor FX9500 possui antenas de alto desempenho que podem ser otimizadas para reduzir a influência de objetos metálicos próximos. Essas antenas são projetadas para minimizar reflexões e melhorar a capacidade de leitura das etiquetas RFID, mesmo em ambientes desafiadores.

Figura 28 — FX9500 Motorola



Fonte: ZEBRA (2021)

4.3 FUNCIONAMENTO DO RFID FX9500 MOTOROLA

O FX 9500 opera com base no princípio de modulação de amplitude. Quando uma etiqueta RFID entra no alcance de leitura da antena do leitor, ela absorve uma pequena quantidade de energia do sinal de rádio e a utiliza para alimentar um microchip embutido na etiqueta. Em resposta, o microchip modula a amplitude da onda refletida de volta para a antena do leitor, transmitindo informações sobre a etiqueta.

Oferecendo diferentes modos de leitura, como leitura única, contínua e de múltiplas etiquetas, o FX 9500 pode ser configurado para filtrar etiquetas específicas com base em suas propriedades, como a presença de um código ou uma leitura de temperatura. O leitor também

pode ser integrado a outros sistemas, como computadores e sistemas de gerenciamento de estoque, permitindo a captura automática de dados de etiqueta RFID em tempo real.

O leitor RFID FX 9500 suporta várias opções de conectividade, como Ethernet, USB e Wi-Fi (Figura 29), permitindo a integração fácil com sistemas existentes e oferecendo flexibilidade na implantação em diferentes ambientes.

Figura 29 — Conexões de entrada e saída FX9500



Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.1 Antenas RFID FX 9500

O leitor de RFID FX 9500 da Motorola é compatível com várias opções de antenas para atender às necessidades específicas de cada tipo de aplicação.

Figura 30 — Antenas RFID FX9500 vista frontal e traseira



Fonte: Autoria própria (2023).

As antenas do FX 9500 podem ser conectadas diretamente ao leitor por meio de cabos coaxiais (Figura 30). Essas antenas são projetadas para serem facilmente instaladas e conectadas, permitindo uma integração rápida e fácil com o leitor.

É importante considerar o ambiente de aplicação, como o tamanho da área de leitura, a presença de obstáculos físicos e outras condições que possam afetar a escolha e o posicionamento das antenas.

4.3.2 Etiquetas RFID FX 9500

Após um levantamento das etiquetas disponíveis no mercado, identificamos aquelas que oferecem o melhor desempenho em ambientes com a presença de metal e que são totalmente compatíveis com o RFID Motorola FX9500.

Confidex Steelwave Micro II - Etiqueta passiva projetada para gerenciamento de ativos em ambientes industriais e logísticos, a Steelwave (Figura 31) possui tecnologia UHF que permite leituras de longas distâncias. Esse tipo de etiqueta utiliza uma tecnologia especial que permite a leitura confiável mesmo quando fixada em objetos metálicos, eliminando a interferência que ocorre nesse tipo de ambiente.

Figura 31 — Etiqueta Micro II



Fonte: CONFIDEX (2022)

Confidex Halo RFID - Etiqueta de metal passiva, projetada para aplicações que envolvem gerenciamento de ativos metálicos. Conhecida por seu alto desempenho em ambientes hostis, a etiqueta possui um design compacto (Figura 32) que facilita sua aplicação em objetos pequenos. A etiqueta utiliza a tecnologia UHF, permitindo assim leitura em distâncias maiores, tornando-a uma ótima escolha para aplicações onde a identificação precisa é essencial.

Figura 32 — Etiqueta Halo RFID



Fonte: CONFIDEX (2022).

Confidex Ironside - Uma das etiquetas mais duráveis disponíveis no mercado, a confidex ironside (Figura 33) possui uma classificação de proteção IP68, as etiquetas com esse tipo de classificação são totalmente protegidas contra poeira e imersão contínua em água. Ela utiliza a tecnologia UHF para leitura e comunicação dos dados, permitindo leituras rápidas, com precisão e a longa distância. Outra característica é a sua fácil instalação, podendo ser fixadas em diferentes materiais, incluindo metal e plástico.

Figura 33 — Etiqueta Ironside



Fonte: CONFIDEX (2022)

Confidex Ironside Slim - Versão mais compacta da Confidex Ironside (Figura 34), o que a torna mais adequada para aplicações onde o espaço é mais limitado ou em superfícies mais estreitas. Possui as mesmas características da Confidex Ironside.

Figura 34 — Etiqueta Ironside Slim



Fonte:CONFIDEX (2022)

Confidex Steel Wing - Especialmente projetada para ser aplicada em superfícies metálicas, a Steel Wing (Figura 35) é conhecida por sua durabilidade e desempenho de leitura confiável. Operando em UHF consegue obter leitura confiável a longas distâncias, permitindo identificação rápida mesmo em ambientes movimentados.

Figura 35 — Etiqueta Steelwing



Fonte: CONFIDEX (2022)

Dogbone - Recebeu esse nome devido à sua semelhança com um osso de cachorro (Figura 36), a etiqueta Dogbone é conhecida pelo seu alto desempenho e capacidade de operar em várias condições ambientais. Assim como todas as etiquetas apresentadas, a Dogbone opera em UHF e oferece um desempenho confiável de leitura, podendo ser fixada de diferentes maneiras, o que proporciona flexibilidade em sua aplicação.

Figura 36 — Etiqueta Dogbone



Fonte: ACURA (2022)

Shortdipole - De formato compacto e plano, a etiqueta shortdipole opera na frequência UHF e possui uma antena curta integrada. A figura 37 ilustra o design da etiqueta shortdipole. Apesar de seu tamanho compacto, a etiqueta apresenta um alto desempenho de leitura, permitindo ser lida em longas distâncias.

Figura 37 — Etiqueta Shortdipole



Fonte: ACURA (2022)

4.3.2.1 Tecnologia etiqueta anti-metal

As etiquetas com a tecnologia anti-metal (Figura 38), permitem o rastreamento preciso de ativos metálicos sem causar interferências nas ondas de radiofrequência, além disso essas etiquetas são projetadas para resistir a condições adversas, como choques, vibrações, umidade e temperaturas extremas.

Figura 38 — Etiqueta anti-metal



Fonte: RUNRFID (2021).

As características e a tecnologia utilizada em etiquetas anti-metal podem variar entre diferentes fabricantes e modelos, isso porque cada etiqueta é projetada para atender a necessidades específicas de aplicação.

As etiquetas anti metal geralmente operam na faixa de frequência UHF (*Ultra High Frequency*), comumente entre 860 MHz e 960 MHz. Além disso, elas possuem antenas projetadas de forma especializada para lidar com a interferência do metal. Essas antenas são otimizadas para reduzir a reflexão e aumentar a eficiência de leitura em superfícies metálicas. Elas podem ter formatos, tamanhos e materiais específicos para alcançar um melhor desempenho.

Outra característica da etiqueta anti metal é a presença de materiais dielétricos ou substratos isolantes entre a antena e o metal. Esses materiais ajudam a minimizar o efeito de absorção e reflexão de energia causado pelo metal, permitindo uma comunicação mais eficaz entre a etiqueta e o leitor RFID. Outra técnica encontrada nessas etiquetas é a blindagem magnética que serve para reduzir a interferência do metal. A blindagem magnética envolve a criação de um campo magnético direcionado, que ajuda a minimizar o impacto do metal na comunicação entre a etiqueta e o leitor.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral dessa análise teórica foi de compreender as vantagens da implementação de um sistema automatizado para diminuir as filas geradas em supermercados. A princípio a ideia surgiu por conta da aglomeração gerada nesses ambientes que causavam a disseminação da covid-19. Porém, diante do que foi discutido, fica evidente que a implementação do sistema não se resume apenas a isso, mas também traz outros benefícios como: gestão de estoque automatizada, reposição eficiente de estoque, melhoria na eficiência do checkout, personalização e marketing direcionado ao cliente, satisfação do cliente, entre outros.

O protótipo realizado nos permitiu provar a aplicabilidade da proposta, contudo algumas limitações foram percebidas, como o uso de um sensor com uma comunicação que realizasse a leitura simultânea de múltiplas etiquetas, uma estratégia antifraude, a diminuição dos custos com o investimento e a interferência causada com as embalagens de metal.

Com relação a problemática referente ao sensor, o leitor do tipo FX9500 fabricado pela Motorola é uma opção de aplicação para novos testes, pois é mais robusto e permite o uso de 8 antenas para interagir com as etiquetas, trabalha na banda de 915 MHz, e o mais importante, possui protocolo de comunicação implementado que permite interrogação e leitura serial subsequente de várias etiquetas, o que acontece rapidamente, dando a impressão de ler muitas etiquetas ao mesmo tempo.

Apesar de ter sido projetado principalmente para automatizar a captura de dados em processos de armazenamento, gerenciamento de inventário e rastreamento de ativos, o RFID FX9500 se mostra promissor para o uso em supermercados, pois ele consegue ser integrado a diferentes tecnologias para melhorar a eficiência operacional, já que ele oferece conectividade Ethernet, suporte a protocolos de rede e recursos de gerenciamento remoto, o que facilita essa integração. Ademais, por ter sido desenvolvido para ambientes industriais ele é capaz de lidar com a interferência causada por objetos metálicos.

O protótipo inicial também apresentou preocupações em relação a possíveis fraudes no sistema RFID implementado. Dessa forma, propõe-se a integração do sistema com um controle de estoque automatizado. Essa integração permitiria rastrear com precisão os produtos, reduzindo as chances de fraude, pois cada etiqueta RFID teria uma identidade única associada a um produto específico.

Outro aspecto importante é a prevenção da troca de etiquetas por parte dos clientes. Com o uso do RFID, o sistema seria capaz de rastrear o histórico de cada etiqueta e identificar se ela já foi vinculada a um produto vendido anteriormente, bem como armazenar informações sobre o supermercado de origem. Dessa forma, se o cliente tentar realizar a troca de etiquetas, o sistema alertaria os funcionários do supermercado para que tomem as devidas providências e evitem que a fraude seja concluída. Essa funcionalidade adiciona uma camada adicional de segurança ao sistema e torna a troca de etiquetas ainda mais difícil de ser realizada com sucesso.

Uma das maiores dificuldades que podem surgir no processo está relacionada à interferência com o metal, especialmente porque, além das embalagens com superfície metálica, os próprios carrinhos de supermercado são feitos desse material. Para solucionar esse problema, pode-se optar pelo uso de etiquetas com a característica de serem anti-metal, as quais são compostas de materiais dielétricos especiais que minimizam o efeito da barreira criada pelo metal entre o leitor e a etiqueta, melhorando assim a leitura. Essas etiquetas geralmente operam nas frequências de 13.56 MHz ou 860 ~ 960 MHz, o que é compatível com o leitor proposto para a implementação do sistema.

É claro que, além de todas essas dificuldades, o sistema também pode apresentar erros, como a não leitura de todas as etiquetas, que pode acontecer devido a algum tipo de interferência ou falha delas. Uma abordagem para mitigar essas falhas é a utilização de redundância nas antenas de leitura e nos pontos de coleta de dados, porém, é crucial realizar um estudo detalhado do ambiente e dos requisitos específicos do sistema para evitar interferências indesejadas. Ao posicionar múltiplas antenas estrategicamente em diferentes áreas do ambiente, aumentamos a probabilidade de capturar todas as etiquetas e reduzimos as chances de falhas de leitura.

Apesar da mudança para um supermercado automatizado exigir investimentos significativos em infraestrutura e tecnologia, em conclusão, pode-se dizer que é um tipo de inovação que traz benefícios tangíveis tanto para os varejistas quanto para os clientes. No entanto, é necessário um planejamento cuidadoso, treinamento adequado e integração perfeita dos sistemas para garantir uma transição suave e bem-sucedida.

REFERÊNCIAS

ACURA. Disponível em: <https://www.acura.com.br/pt/produtos/etiqueta-rfid/item/dogbone>. Acesso em: 26 abr. 2023.

Aerial.net :: RC522 Mifare RFID Reader/Writer. Disponível em: <https://www.aerial.net/shop/product_info.php?products_id=1674>. Acesso em: 28 jul. 2023.

AMAZON. Disponível em: https://www.amazon.com.br/Chaveiro-Acionamento-TH1000-13-56MHZ-Intelbras/dp/B07XSJXWYV/ref=asc_df_B07XSJXWYV/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379727279677&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=8056427205201883135&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmddl=&hvlocint=&hvlocphy=1001622&hvtargid=pla-1530606927553&psc=1. Acesso em: 7 fev. 2023.

AMIM SAB, Gabriel Augusto; FERREIRA, Rafael Cardoso; ROZENDO, Rafael Gonsalves. **NEAR FIELD COMMUNICATION.** Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2013_2/nfc/funcionamento.html. Acesso em: 28 jun. 2023.

ASIA RFID. **RFID On Metal: 5 perguntas que você deve saber.** ASIARFID. 2023. Disponível em: <https://www.asiarfid.com/pt/rfid-on-metal.html>. Acesso em: 1 jul. 2023.

BABADOBULOS, T. **Supermercados investem em tecnologia para reduzir tempo na fila.** VEJA. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/supermercados-investem-em-tecnologia-para-reduzir-tempo-na-fila/>. Acesso em: 25 mai. 2023.

BIN. **O que é a tecnologia NFC e como usá-la no seu negócio.** BIN. 2021. Disponível em: <https://www.bin.com.br/pt/blog/o-que-e-a-tecnologia-nfc-e-como-usa-la-no-seu-negocio/#:~:text=Dispositivos%20NFC%20podem%20ser%20ativos,chip%20ativo%20para%20obter%20energia>. Acesso em: 1 jul. 2023.

CHANG FAICONÍ, David; LOZANO SOLÍS, Alan. **Desarrollo e implementación de un sistema para el control e inventario continuo, utilizando tecnología RFID, para la biblioteca de la ups sede Guayaquil** Tese, Guayaquyquil.

COMO funciona o código de barras. Techtudo. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2014/05/como-funciona-o-codigo-de-barra.ghm>. Acesso em: 11 abr. 2023.

CONFIDEX. **Smart industries.** Disponível em: <https://www.confidex.com/smart-industries/product-families/>. Acesso em: 26 abr. 2023.

COUTO, Guilherme Dantas; MALAFAIA, Tarsius Sérgio. **RFID RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION**. gtaufrj. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2019-1/vf/rfid/>. Acesso em: 16 mar. 2023.

CÓDIGO de Barras - Conceitos Básicos e Utilização no VB. Macoratti. Disponível em: https://www.macoratti.net/cod_bar.htm. Acesso em: 1 mar. 2023.

LOUREIRO, Gabriel Da Silva Martins; DE SOUZA, Isabela Quintanilha; LOPES, Marcelle Guedes de Medeiros. **Identificação por Radiofrequência** Trabalho de Disciplina (Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DE BLASI, Bruno Gall. **O que é NFC?**: Descubra o que é NFC e suas aplicações no dia dia como cartão de crédito, roleta ou catraca de ônibus e metrô. 2020. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-nfc/#:~:text=NFC%20%C3%A9%20uma%20sigla%20para,utiliza%C3%A7%C3%A3o%20da%20tecnologia%20%C3%A9%20simples>. Acesso em: 30 jun. 2023.

DOBKIN, Daniel. **The RF in RFID, 2nd Edition**, f. 270. 2011. 540 p.

FERREIRA, JULIANA BORGES. **DESENVOLVIMENTO DE ETIQUETAS PLANARES PASSIVAS UHF RFID EM SUPERFÍCIES METÁLICAS E NÃO METÁLICAS COM A PROPOSTA DE UMA FIGURA DE MÉRITO PARA AVALIAÇÃO**. 2021 Tese (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

FIOCRUZ. Quanto tempo o coronavírus permanece ativo em diferentes superfícies?. *In: Quanto tempo o coronavírus permanece ativo em diferentes superfícies?*. Brasil, 2020. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/pergunta/quanto-tempo-o-coronavirus-permanece-ativo-em-diferentes-superficies#:~:text=Um%20estudo%20publicado%20no%20New,e%20quatro%20horas%20em%20cobre>. Acesso em: 23 jul. 2023.

GOLDMAN, E. **Exaggerated risk of transmission of COVID-19 by fomites**. Doi. 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30561-2](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30561-2). Acesso em: 28 jun. 2023.

GOMES, Fernando; BRAGA, Alana. **QR Code e RFID: tecnologias que vão revolucionar o supermercado do futuro**. Disponível em: <https://medium.com/@ibmr.marketingdigital/qr-code-e-rfid-tecnologias-que-v%C3%A3o-revolucionar-o-supermercado-do-futuro-f267849eef25>. Acesso em: 28 jun. 2023.

GUIMARÃES, Fábio. **Módulo RFID RC522 com Arduino**. Mundo Projetado. 2021. Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/modulo-rfid-rc522/>. Acesso em: 2 jul. 2023.

HWANG, André; GONZALEZ, Antônio Galiza Cerdeira; MONTEIRO, José Guilherme Tavares. **A História do RFID**. gtaufrj. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br>. Acesso em: 16 mar. 2023.

I3C. **Como funciona o RFID**. I3c soluções inteligentes. 2020, p. 1-2,3. Disponível em: <https://i3csolucoes.com.br/como-funciona-o-rfid/>. Acesso em: 13 mai. 2021.

LANDT, J. The history of RFID. **IEEE**, 5 dez 2005.

LI Y et al. **Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant**. medrxiv. 2020. Disponível em: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.16.20067728v1>. Acesso em: 8 nov. 2022.

LIMAA, Raimia. **A TECNOLOGIA COMO ALIADA DA EXPERIÊNCIA DE COMPRA NOS SUPERMERCADOS**. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Tomar, Portugal.

LOZANO-NIETO, A. RFID Design Fundamentals and Applications. Boca Raton: CRC Press, 2011. ISBN 978-1-4200-9125-0. Citado 8 vezes nas páginas 16, 30, 42, 43, 47, 64, 67 e 84.

MEGA DISTRIBUIDORA. Disponível em: <https://megadistribuidora.com/product/tag-ativo-125-khz433mhz-linear-hcs/>. Acesso em: 2 dez. 2022.

MERCADOECONSUMO. Amazon testa sistema de lojas autônomas para grandes supermercados. Mercado e consumo. Disponível em: <https://mercadoeconsumo.com.br/05/12/2018/noticias/amazon-testa-sistema-de-lojas-autonomas-para-grandes-supermercados/>. Acesso em: 28 jun. 2023.

MERCADOECONSUMO. Carrefour testa modelo de pagamento sem caixas em São Paulo. Mercado e consumo. 2019. Disponível em: <https://mercadoeconsumo.com.br/02/01/2019/noticias/carrefour-testa-modelo-de-pagamento-sem-caixas-em-sao-paulo/>. Acesso em: 18 mai. 2023.

MICHAEL, K; MCCATHIE, L. The pros and cons of rfid in supply chain management. **IEEE**, 2005.

MICROSUM. Os benefícios do controle de estoque por RFID. Microsum. Disponível em: <https://microsum.com.br/blog/os-beneficios-do-controle-de-estoque-por-rfid/>. Acesso em: 8 dez. 2022.

MILIES, C. POLCINO. **A MATEMÁTICA DOS CÓDIGOS DE BARRAS**. Disponível em: <https://ime.ufg.br/bienal/2006/mini/polcino.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2023.

MOURA, Benjamim. **Logística: Conceitos e Tendências**. Centro Atlantico, v. 1, f. 176, 2006. 352 p.

O QUE É A TECNOLOGIA NFC e como usá-la no seu negócio. BIN . 2021. Disponível em: <https://www.bin.com.br/pt/blog/o-que-e-a-tecnologia-nfc-e-como-usa-la-no-seu-negocio/#:~:text=Dispositivos%20NFC%20podem%20ser%20ativos,chip%20ativo%20para%20obter%20energia>. Acesso em: 1 jul. 2023.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Histórico da pandemia de COVID-19**. OPAS. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>. Acesso em: 8 fev. 2023.

PANTA, Monique Helen Schneider. **ETIQUETAS INTELIGENTES**: Avaliação do uso de etiquetas RFID em um supermercado do segmento varejista. Orientador: Leise Kelli de Oliveira. 2014. 54 f. Monografia (Especialização em Logística Estratégica e Sistemas de Transportes) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

ROCHA, Luiz Cláudio C. V. **Código de barras sem mistérios**. Microsoft. 2000. Disponível em: [https://learn.microsoft.com/pt-br/previous-versions/technical-articles/cc580676\(v=msdn.10\)?redirectedfrom=MSDN](https://learn.microsoft.com/pt-br/previous-versions/technical-articles/cc580676(v=msdn.10)?redirectedfrom=MSDN). Acesso em: 20 fev. 2023.

ROCHA, Luiz Cláudio C. V. da . **Código de barras sem mistérios**. MICROSOFT. 2000. Disponível em: [https://learn.microsoft.com/pt-br/previous-versions/technical-articles/cc580676\(v=msdn.10\)?redirectedfrom=MSDN](https://learn.microsoft.com/pt-br/previous-versions/technical-articles/cc580676(v=msdn.10)?redirectedfrom=MSDN). Acesso em: 6 mar. 2023.

RUNRFID. omnidirectional epoxy anti-metal RAIN RFID tag. Runrfid. Disponível em: <https://www.runrfid.com/omnidirectional-epoxy-anti-metal-rain-rfid-tag-product/>. Acesso em: 5 jul. 2023.

SANTINI, Arthur Gambin. **Rfid - Radio Frequency Identification**: Conceitos, Aplicações, Impactos. 1 ed. Ciência Moderna, 2008.

SILVEIRA, Geovana. **Amazon Go e sistema RFID**: a dupla revolucionária dos supermercados!. Disponível em: <https://www.rfidbrasil.com/blog/amazon-go-e-sistema-rfid>. Acesso em: 28 jun. 2023.

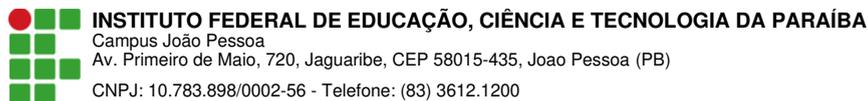
TEIXEIRA, Tiago. **ANÁLISE DAS ANTENAS UTILIZADAS EM LEITORES RFId**. Orientador: Ramon Mayor Martins. 2017. Monografia (Engenharia de Telecomunicações) - INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA, Santa Catarina, 2017.

UFCSPA. **A COVID-19 é transmitida pelo ar?**. UFCSPA. Disponível em: <https://www.ufcspa.edu.br/vida-academica/saude-e-bem-estar/coronavirus-covid/tire-suas-duvidas/transmissao/1736-a-covid-19-e-transmitida-pelo-ar>. Acesso em: 28 jun. 2023.

WHITE, Gareth R.T. A Comparison of Barcoding and RFID Technologies in Practice. **Journal of Information, Information Technology, and Organizations**.

WJ COMPONENTES. Disponível em: <https://www.wjcomponentes.com.br/sensor-rfid>. Acesso em: 16 mar. 2023.

ZEBRA. **FX9500 FIXED RFID READER SUPPORT**. Disponível em: <https://www.zebra.com/us/en/support-downloads/rfid/rfid-readers/fx9500.html>. Acesso em: 8 mai. 2023.



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

tcc

Assunto: tcc
Assinado por: Elayne Donato
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Elayne Cristina Lino Donato, ALUNO (20172610020) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 11/08/2023 16:23:14.

Este documento foi armazenado no SUAP em 11/08/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 906104
Código de Autenticação: be7ed27556

