



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

**GUILHERME VIEIRA**

**PROTÓTIPO DE FECHADURA INTELIGENTE EM INICIATIVA DE IOT**

**Assis/SP  
2021**



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

**GUILHERME VIEIRA**

## **PROTÓTIPO DE FECHADURA INTELIGENTE EM INICIATIVA DE IOT**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Ciência da Computação do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

**Orientando(a):** Guilherme Vieira

**Orientador(a):** Me. Guilherme de Cleve Farto

**Assis/SP  
2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

V657p

VIEIRA, Guilherme.

**Protótipo de Fechadura Inteligente em Iniciativa de IoT** / Guilherme Vieira. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA – Assis, 2021.  
54p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência da Computação) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

Orientador: Me. Guilherme de Cleva Farto

1. Internet of Things (IoT). 2. Eletrônica. 3. Fechadura Inteligente

CDD: 006.33  
Biblioteca da FEMA

# PROTÓTIPO DE FECHADURA INTELIGENTE EM INICIATIVA DE IOT

GUILHERME VIEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

**Orientador:** \_\_\_\_\_  
Me. Guilherme de Cleva Farto

**Examinador:** \_\_\_\_\_  
Dr. Almir Rogério Camolesi

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, uma mulher guerreira, batalhadora e um grande exemplo na minha vida. Que me deu todo o amor e carinho, com a melhor educação possível, sempre acreditando no meu potencial, o que me fez tornar a pessoa que sou hoje.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha mãe **Vera Lucia Vieira**, que está sempre ao meu lado me ajudando, apoiando e me formando para a vida.

Agradeço aos meus **amigos e familiares** que sempre estiveram me amparando. Pois sozinho, eu não conseguiria concluir mais esta etapa da minha vida.

Ao meu Professor e amigo Dr. **Almir Rogério Camolesi**, que me orientou no primeiro ano deste processo acadêmico no Projeto de Iniciação Científica e me preparou para este momento.

Ao meu orientador, amigo e professor, Me. **Guilherme de Cleva Farto**, que durante todo o tempo de execução deste trabalho me orientou e colaborou nesta fase tão importante da minha vida.

A todos os meus **professores** que, durante estes quatro anos de curso, se fizeram presente em minha vida e contribuíram em minha formação, não apenas acadêmica, mas também como pessoa.

E por fim, agradeço a todas as pessoas que não mencionei explicitamente, mas que contribuíram de forma direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

*“A tecnologia ensinou uma lição à humanidade: nada é impossível.”*

*Lewis Mumford (1895 - 1990)*

## RESUMO

Devido às grandes quantidades de dispositivos inteligentes que vem aumentando atualmente, a *Internet das Coisas – IoT* (do inglês, *Internet of Things*), tem recebido um destaque maior. Visando colaborar para o desenvolvimento de soluções no meio do *IoT*, este trabalho apresenta uma proposta de um protótipo de fechadura inteligente para controle e registro de acessos. Os resultados obtidos validam a implementação da proposta, no qual agrega tecnologias como *RFID*, comunicação via porta *serial*, plataformas como *Arduino* e linguagens como *Python* e *C/C++*.

**Palavras-chave:** Internet of Things (IoT). Protótipo. Eletrônica. Fechadura Inteligente.

## **ABSTRACT**

Due to the large amounts of smart devices that are currently increasing, the Internet of Things – IoT has received a greater prominence. Aiming to collaborate for the development of solutions in the middle of the IoT, this work presents a proposal for a smart lock prototype for access control and registration. The results obtained validate the implementation of the proposal, which combines technologies such as RFID, communication via serial port, platforms such as Arduino and languages such as Python and C/C++.

**Keywords:** Internet of Things (IoT). Prototype. Electronics. Smart Lock.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Busca nos sites Buscapé e Zoom.....	17
<b>Figura 2:</b> Busca no site Mercado Livre.....	17
<b>Figura 3:</b> Aplicação da IoT em alguns segmentos da sociedade.....	24
<b>Figura 4:</b> Expectativas para a excitação do mercado, maturidade e benefícios.....	26
<b>Figura 5:</b> Blocos da IoT.....	28
<b>Figura 6:</b> Esquema de blocos geral de um MCU.....	29
<b>Figura 7:</b> Modelo do Arduino Uno.....	32
<b>Figura 8:</b> Modelo Raspberry Pi 4B.....	33
<b>Figura 9:</b> Human view of Internet of Things (Visão Humana da Internet das Coisas). .....	34
<b>Figura 10:</b> Layers of an IoT architecture (Camadas de uma arquitetura IoT).....	35
<b>Figura 11:</b> Camadas da IoT.....	36
<b>Figura 12:</b> 50 Sensor Applications for a Smarter World (50 Aplicações de Sensores para um Mundo Inteligente).....	37
<b>Figura 13:</b> Diagrama de Blocos Funcional do Protótipo Inteligente.....	39
<b>Figura 14:</b> Arquitetura de Segurança Automática do Protótipo.....	40
<b>Figura 15:</b> Fluxograma dos processos.....	41
<b>Figura 16:</b> Esquema do protótipo da fechadura utilizando o software Fritzing.....	42
<b>Figura 17:</b> Fluxograma da execução do microcontrolador.....	44
<b>Figura 18:</b> Fluxograma da execução do script em Python.....	46
<b>Figura 19:</b> Console do terminal Python executando o script.....	47
<b>Figura 20:</b> Tabela user do banco de dados.....	47
<b>Figura 21:</b> Tabela log do banco de dados.....	48
<b>Figura 22:</b> Protótipo da Fechadura Inteligente.....	48
<b>Figura 23:</b> Protótipo acendendo o led verde caso o usuário esteja cadastrado.....	49
<b>Figura 24:</b> Protótipo acendendo o led vermelho caso o usuário não esteja cadastrado.....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Previsão Global de Fechadura Inteligente .....	18
<b>Tabela 2:</b> Volume de pesquisas no Google sobre Internet of Things .....	25
<b>Tabela 3:</b> Conexão do módulo RFID-RC522 com o Arduino .....	43
<b>Tabela 4:</b> Conexão dos leds com o Arduino .....	43

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1. OBJETIVOS.....	15
1.1.1. OBJETIVOS GERAIS.....	15
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
1.2. JUSTIFICATIVAS .....	16
1.3. MOTIVAÇÃO .....	18
1.4. PERSPECTIVAS DE CONTRIBUIÇÃO .....	19
1.5. METODOLOGIA DE PESQUISA .....	19
1.6. RECURSOS NECESSÁRIOS .....	20
1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
<b>2. INTERNET OF THINGS (IoT)</b> .....	<b>23</b>
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	23
2.2. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO .....	25
2.3. PRINCIPAIS CONCEITOS .....	26
2.4. MICROCONTROLADORES .....	28
2.5. SENSORES E ATUADORES.....	29
2.6. PLATAFORMAS COMPUTACIONAIS .....	30
2.6.1 ARDUINO.....	31
2.6.2. RASPBERRY PI.....	32
2.7. ARQUITETURA DE IOT.....	33
<b>3. PROPOSTA DE TRABALHO</b> .....	<b>38</b>
3.1. OBJETIVOS.....	38
3.2. ANÁLISE DO PROTÓTIPO .....	38
3.3. TECNOLOGIAS E PLATAFORMAS .....	41
<b>4. DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>42</b>
4.1. ESQUEMA DO PROTÓTIPO .....	42
4.2. PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR .....	43
4.3. PROGRAMAÇÃO DO SCRIPT PYTHON .....	45
4.4. RESULTADOS OBTIDOS .....	47
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>50</b>

5.1. TRABALHOS FUTUROS.....	50
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>

# 1. INTRODUÇÃO

No mundo atual, quase tudo está conectado. Segundo Lima (2014), com o crescimento acelerado da área da tecnologia da informação, a *Internet das Coisas – IoT* (do inglês, *Internet of Things*) tem recebido um destaque maior devido à grande quantidade de dispositivos inteligentes que vem aumentando atualmente.

Conforme destacam Ram et. al. (2017), a *Internet of Things (IoT)* é a ponte para conexões entre objetos físicos, tais como: dispositivos móveis, veículos e outros itens embutidos com eletrônicos, *software*, sensores e conexão com a rede que permite a estes objetos coletar e trocar dados.

Hoje, diversos objetos possuem a capacidade de se conectar ou comunicar-se com outros dispositivos, por meio da rede *Wireless*, *Bluetooth* ou da Identificação por Radiofrequência – *RFID* (do inglês, *Radio Frequency Identification*). Um exemplo disso, seriam as Fechaduras Inteligentes (do inglês, *Smart Locks*) que de acordo com Margalho (2019), devido a expansão e o crescimento da *IoT*, e com a procura de dispositivos que garantam mais segurança e automação da vida pessoal, as *Smart Locks* tem o objetivo de simplificar a vida de quem está utilizando e, garantindo maior segurança. A autora ainda recorda que as chaves físicas são poucos seguras pois qualquer pessoa mal intencionada consegue facilmente copiá-las, ou podem ser perdidas. Além de que, para cada fechadura tradicional necessita de uma chave física, que engloba os custos de fabricação, cópia e distribuição.

No meio de toda esta tecnologia, ainda enfrentamos problemas relacionados à segurança, que se agrava a cada dia. Só no ano de 2019, segundo registros do Sistema de Informações Criminais (Infocrim) (2020, a) do estado de São Paulo, foram registradas 255.397 ocorrências policiais por roubo. Dessas ocorrências, o Infocrim (2020, b) afirma que 2,1% foram de roubos a residências. Entretanto, para Kociolek e Klemba (2017), problemas com segurança podem ser evitados por meio de dispositivos que poderiam proporcionar benefícios para a sociedade.

É possível citar, por exemplo, o trabalho de Chowdhury, Nooman e Sarker (2013) que por meio de um minicomputador *Raspberry Pi*, desenvolveram um sistema para controlar uma porta por meio da *Internet* sem nenhuma complexidade. Podendo, o

usuário, acessar pela *Internet* de qualquer lugar para ver quem está à frente de sua porta e controlá-la por um único comando. Também, citando outro trabalho, Hasan et. al. (2019), desenvolveram por meio de um *Arduino Mega*, um dispositivo para controlar a segurança da sala de aula. O sistema ainda utiliza um cartão de identificação por *RFID*, onde apenas pessoas autorizadas podem acessar à sala.

Este presente trabalho possui como objetivo criar um protótipo fechadura inteligente microcontrolador e um módulo leitor de *RFID* para validar os acessos.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho tem como objetivo geral, integrar os conceitos e recursos de *Internet of Things (IoT)*, para desenvolver um protótipo de controle de acesso a partir de um microcontrolador e um módulo leitor de *RFID* junto a uma fechadura eletrônica.

A partir deste projeto, será possível saber o dia e o horário que tiveram acesso ao local e um *log* de acesso por usuário, onde ficará tudo registrado no banco de dados. A partir dessas informações, caso venha acontecer alguma coisa no local, é possível saber quais usuários estiveram lá, além de aumentar a segurança, apenas usuários específicos poderão ter acesso.

### 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

De modo a resultar viável e orquestrar a elaboração e desenvolvimento, tanto das etapas teóricas quanto das práticas, os seguintes objetivos específicos deste projeto foram instituídos:

- Realizar uma pesquisa sobre conceitos e metodologias de *Internet of Things (IoT)*;
- Realizar uma pesquisa sobre as tecnologias de microcontroladores, *RFID*, banco de dados, e ferramentas de desenvolvimento;

- Analisar, com base em informações comparativas, os diferentes artifícios que possam ser utilizados em uma aplicação de fechadura eletrônica para portas;
- Especificar um estudo de caso:
  - Modelar o problema;
  - Projetar a estrutura do dispositivo;
  - Desenvolver o protótipo, passando pela escolha das ferramentas de desenvolvimento, protocolos de comunicação e banco de dados;
  - Definir um estudo de caso;
  - Testar e validar o dispositivo e *software* propostos;
  - Descrever os resultados obtidos.

## 1.2. JUSTIFICATIVAS

Existem no mercado diversos dispositivos de segurança à venda. A Figura 1, como mostra na próxima página, ilustra o resultado de busca nos *sites* Buscapé e Zoom, pesquisados pela palavra-chave “*Smart Lock*”, apresentando numerosos dispositivos análogos. Entre os dispositivos que aparecem, existe uma grande variedade de preços, podendo custar entre R\$ 260,00 até R\$ 4.325,00, aproximadamente. Isso acontece porque o mercado é muito grande, e existem muitas variações do mesmo produto.

A Figura 2, exibida na próxima página, apresenta o resultado de busca no *site* Mercado Livre que também oferece diversos dispositivos de segurança, quando pesquisado pela palavra-chave “*Smart Lock*”, e seus respectivos preços na plataforma.

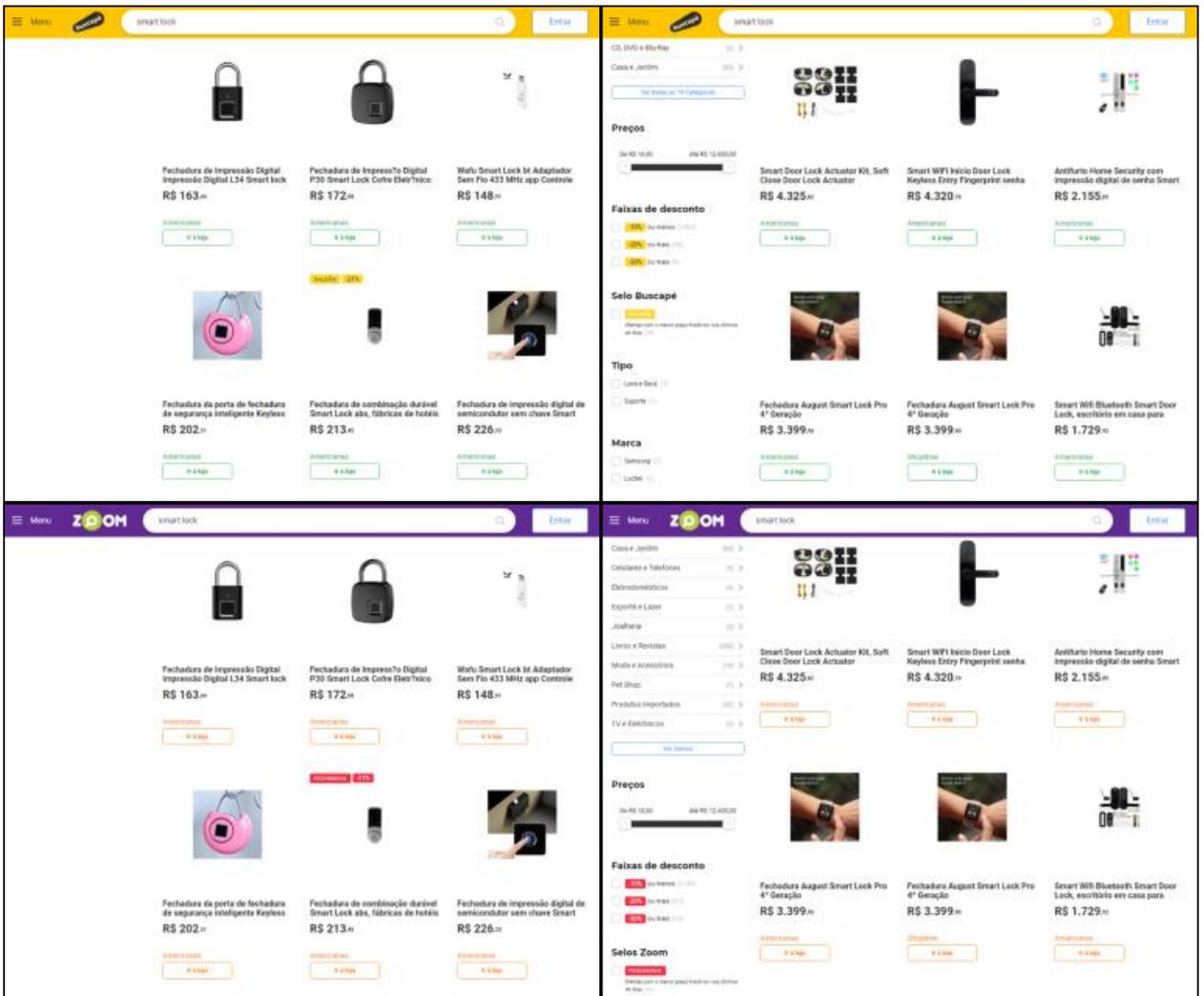


Figura 1: Busca nos sites Buscapé e Zoom.  
Fontes: Buscapé, 2020. Zoom, 2020.

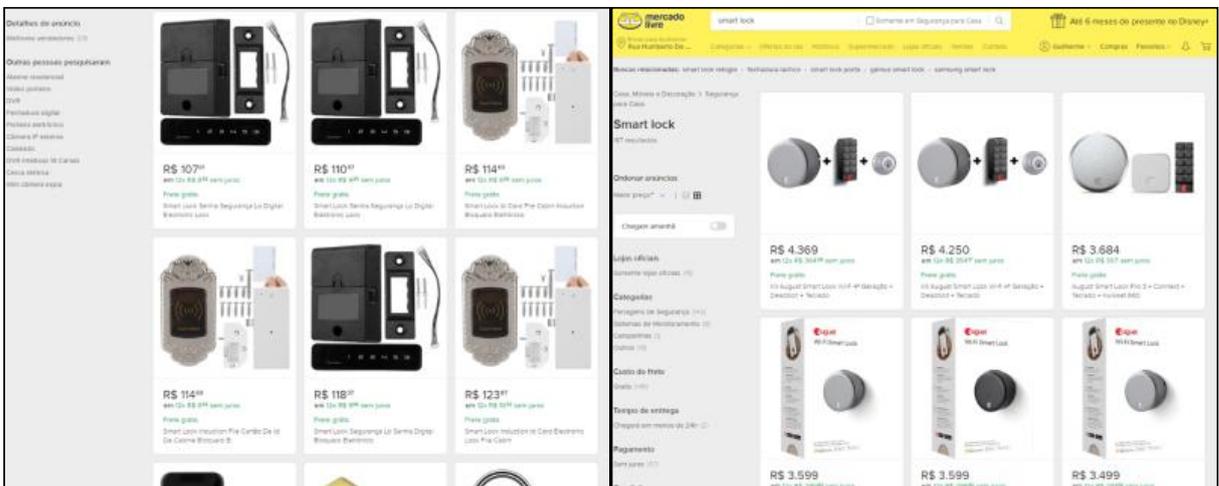


Figura 2: Busca no site Mercado Livre.  
Fonte: Mercado Livre, 2020.



Algumas destas áreas têm a necessidade de integração para monitoramento, coleta e análise dos dados. Possibilitando então, um maior rendimento em determinada produção; um consumo menor de energia e água em um condomínio; ou uma comodidade melhor em uma residência.

O protótipo a ser desenvolvido, além de contribuir para a segurança residencial e empresarial, possibilitará que se tenha uma comodidade melhor, pois o usuário não teria a necessidade de carregar várias chaves de residências e/ou escritórios, podendo optar por carregar apenas uma *tag* de identificação que possibilitará abrir as portas com ela.

Outra motivação, é a chance de, em um futuro não muito distante, o mercado de trabalho necessitar de profissionais com conhecimentos e experiências na linha deste tema, uma vez que a área de desenvolvimento de dispositivos inteligentes e segurança têm crescido exponencialmente a cada dia.

#### 1.4. PERSPECTIVAS DE CONTRIBUIÇÃO

Ao final do desenvolvimento deste trabalho, pretende-se publicá-lo na forma de artigo e divulgá-lo em instituições de ensino e/ou para pessoas com interesse nesta área, com o objetivo de promover e compartilhar os conhecimentos e resultados alcançados. O protótipo da fechadura eletrônica possibilitará uma comparação entre a tecnologia estudada e as tecnologias convencionais, com o objetivo de contribuir com futuros projetos na área de *IoT* tanto de segurança residencial quanto empresarial.

#### 1.5. METODOLOGIA DE PESQUISA

A proposta e objetivos deste trabalho acadêmico serão alcançados por meio de pesquisas teóricas, de forma a adquirir os conhecimentos necessários por meio da leitura de artigos científicos, livros, monografias, dissertações, teses, guias práticos e

técnicos, livros e fontes digitais confiáveis, tornando possível a elaboração e implementação de um protótipo de fechadura inteligente.

Primeiramente, serão realizados estudos dos conceitos de *Internet of Things (IoT)* e *RFID*. O objetivo aqui é definir o suporte teórico para a execução do trabalho. A etapa seguinte, consiste em pesquisar a tecnologia de microcontroladores e realizar uma comparação entre eles, de tal forma para encontrar qual atende melhor aos requisitos para o desenvolvimento do protótipo. Na sequência, será realizada a elaboração do protótipo com os conceitos estudados. Por fim, serão realizados testes para a validação do projeto.

## 1.6. RECURSOS NECESSÁRIOS

Para desenvolver a pesquisa serão necessários os recursos de *hardware* e *software* citados a seguir:

- **Hardware**
  - *Notebook Acer Nitro AN515-51*
    - Processador Intel Core i7-7700HQ 2.81 GHz
    - Disco Rígido de 1 TB HDD SATA 3 5400 RPM
    - Memória RAM de 16 GB DDR4
  - *Arduino + RFID Board + SerialPort* – A plataforma *Arduino* é de prototipagem eletrônica *open-source* que se baseia em *hardware* e *software* flexíveis. *RFID Board* é uma placa que transmite e recebe sinais por radiofrequência. Toda placa *Arduino* possui uma *SerialPort* para realizar a comunicação entre ela e outro dispositivo, por exemplo, um *notebook*.
- **Software**
  - **Java + Spring Boot** – O *Java* é uma tecnologia usada para desenvolver aplicações e o *Spring Boot* fornece componentes necessários em aplicações.

- **Arduino IDE** – Aplicação *open-source*. Ambiente de desenvolvimento para a maioria dos microcontroladores. Baseado na linguagem C e C++.
- **RESTful APIs e Json** – Com o intuito de seguir os padrões dos protocolos e requisições *HTTP*, para facilitar a escalabilidade, confiabilidade e segurança, planeja-se utilizar a arquitetura *REST (Representation State Transfer)*. Com isso, o *RESTful API* utilizará de uma *API (Application Programming Interface)*, para acessar a aplicação *back-end* do protótipo, que proverá dos padrões de comunicação da arquitetura *REST*. Como padrão, o formato de troca de dados entre sistemas de aplicações *REST* é no formato *JSON (JavaScript Object Notation)*. Além da vantagem de ser um formato leve para troca de dados e simples de interpretar.
- **Redis e/ou MongoDB** – Para a camada de persistência deste projeto junto à abordagem de um dispositivo *IoT*, pretende-se fazer uso de uma base de dados não relacional como, por exemplo, *Redis* e *MongoDB*. Estas bases de dados são definidas como do tipo *NoSQL (Not Only SQL)* justamente por armazenar dados não somente estruturados, o que é uma característica quando exploramos projetos *IoT*.

## 1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado nas seguintes partes:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Neste capítulo, contextualiza-se a área de estudo e apresentará os objetivos, a justificativa e a motivação para o desenvolvimento desta pesquisa.
- **Capítulo 2 – Internet of Things (IoT):** Neste capítulo, expõe os conceitos de *Internet of Things*, desde seu histórico e evolução, como também, suas vantagens e benefícios.
- **Capítulo 3 – Proposta de Trabalho:** Neste capítulo, almeja-se apresentar o protótipo e o *software* proposto baseado nos fundamentos abordados na Revisão da Literatura.

- **Capítulo 4 – Desenvolvimento:** Neste capítulo, é apresentada a implementação proposta do protótipo, bem como os resultados obtidos.
- **Capítulo 5 – Conclusão:** Neste capítulo, apresentam-se as vantagens e desvantagens da adoção para utilização do protótipo.
- **Referências**

## 2. INTERNET OF THINGS (IoT)

Este capítulo está estruturado em vários conceitos sobre *Internet of Things*, abordando os variados segmentos que podem ser aplicados, como indústrias, cidades inteligentes e até pequenos projetos. Traçando sua evolução histórica a partir do seu primeiro registro em uma apresentação para a empresa P&G em 1999 e citando algumas das diversas plataformas computacionais disponíveis hoje no mercado. Tendo como objetivo, aplicar tudo o que foi abordado no desenvolvimento do projeto.

### 2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

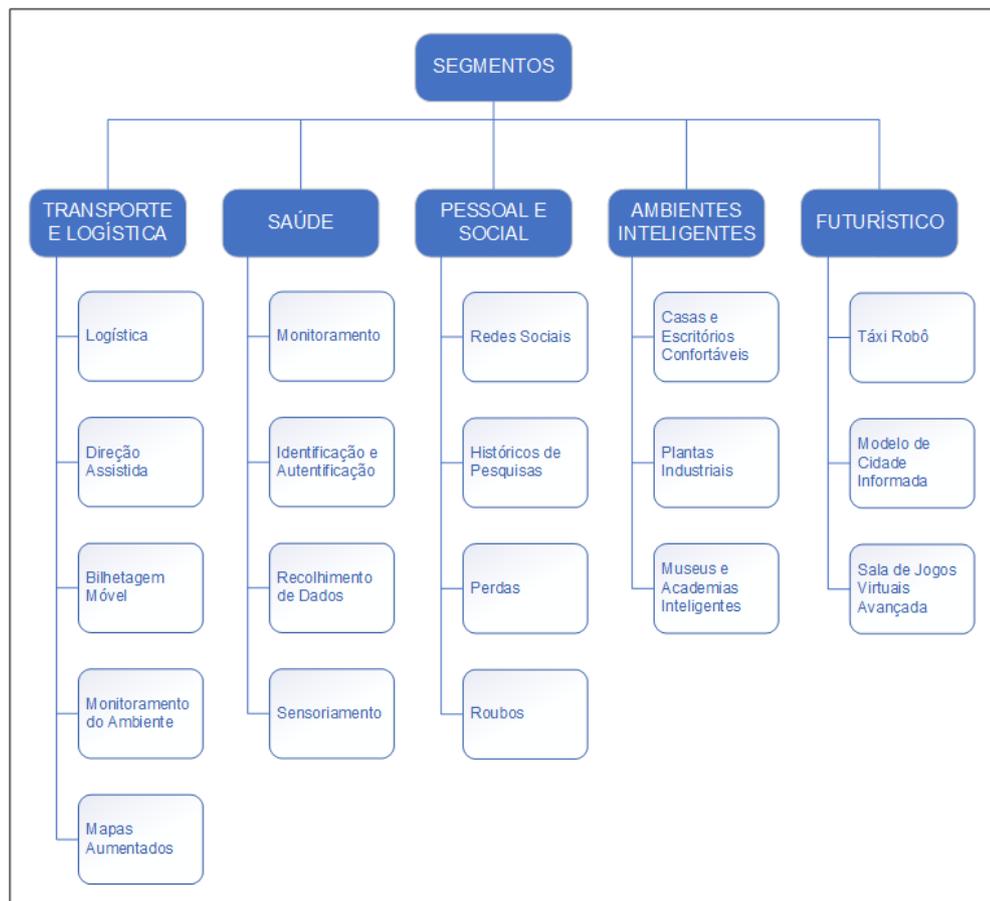
Com a constante evolução da sociedade, a cada dia que passa, as pessoas querem se manter mais e mais conectadas, sendo entre elas mesmo, ou com os objetos ao seu redor (Margalho, 2019). Hoje a *Internet* se tornou-se parte do dia a dia, tanto para as pessoas, quanto para as empresas, independente de qual setor ela seja, a *Internet* é indispensável. Com isso, vem acontecendo grandes avanços tecnológicos, e um deles é a *Internet das Coisas (Internet of Things – IoT)*.

A *IoT* consiste em um mundo inteiro conectado, sendo possível a comunicação, monitoração e compartilhamento de informações tudo em tempo real. Estando conectado, a criação de rotinas e automação de processos fica muito mais prático, facilitando a vida dos trabalhadores e até mesmo das pessoas em suas casas.

Segundo Colombo e Lucca Filho (2018), a *IoT* é um conceito entre o mundo real e virtual, conectando-se e elaborando um mundo inteligente para sociedade em diferentes segmentos conforme pode ser visto na Figura 3, na próxima página.

*Internet of Things* pode ser definido como um conjunto de dispositivos que tem como objetivo conectar os itens utilizados do dia a dia à *Internet* de forma a comunicarem-se, a partir de troca de dados. Como por exemplo, um atuador para irrigação que se comunica com um sensor de umidade da estufa que, por sua vez, é acionado sempre que sensor de umidade detectar que o nível de umidade do recinto é menor do que

o esperado; um sensor de nível hidrostático para monitorar o nível de líquido continuamente em tanques, reservatórios ou poços artesianos (Lima, 2014).



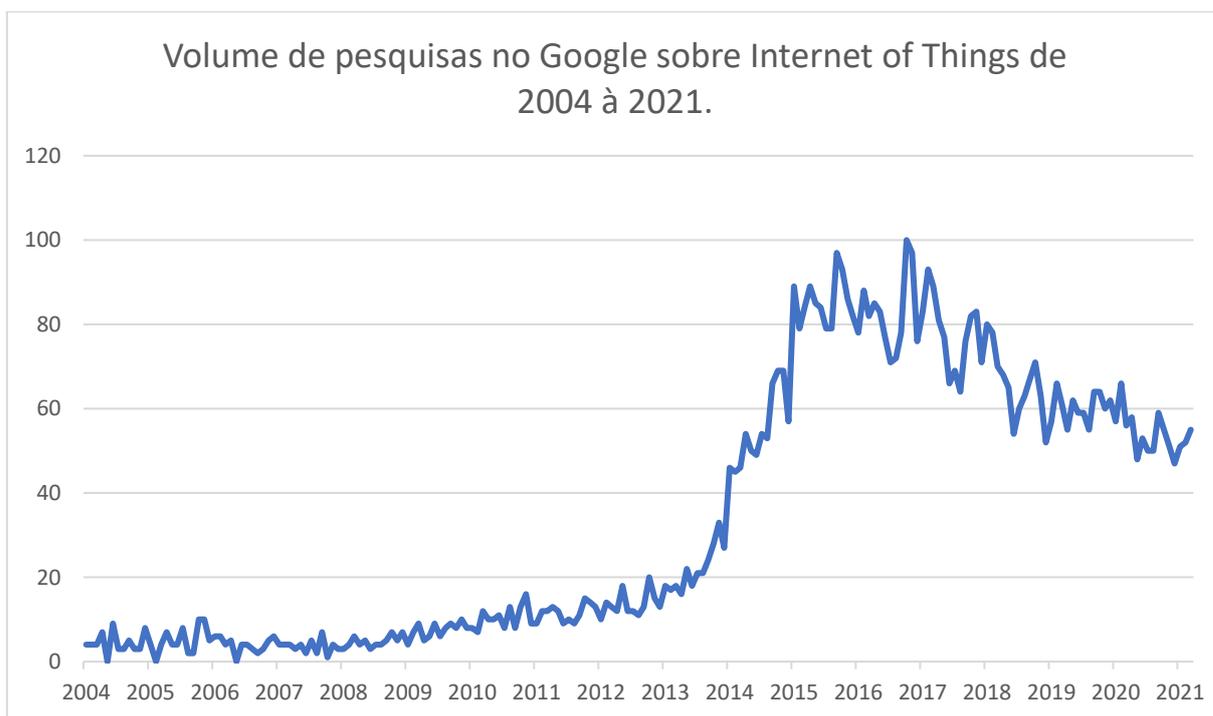
**Figura 3:** Aplicação da *IoT* em alguns segmentos da sociedade.  
**Fonte:** Adaptado de Cameira e Gomes, 2018.

Colombo e Lucca Filho (2018) ainda citam como exemplo a Indústria 4.0, com máquinas interagindo entre si, coletando e analisando dados que são enviados e armazenados em nuvem, permitindo o acesso através de qualquer rede e sem a interferência humana, podendo identificar e solucionar problemas, tomando decisões eficientes sozinhas.

Tendo como princípio básico a conectividade, o intuito da *IoT* é beneficiar o ambiente em que está inserido, pois sua aplicação é bastante vasta e pode ter aplicações em diversas áreas.

## 2.2. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO

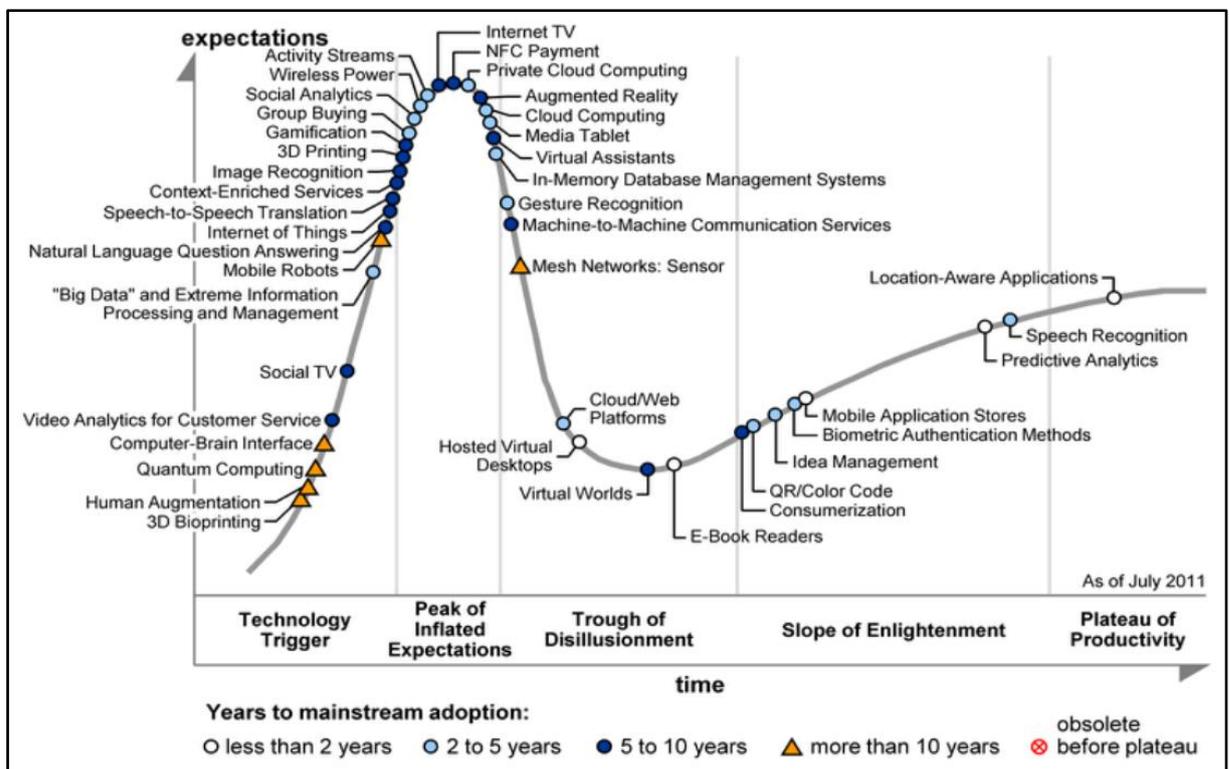
Um dos primeiros dispositivos que surgiram que se encaixa no conceito de *Internet das Coisas* foi uma torradeira. Em 1989, John Romkey foi desafiado por Dan Lynch, presidente do programa “Interop”, a conectar uma torradeira à *internet*. Em 1990, trabalhando junto com seu amigo Simon Hackett, os dois foram capazes de criar um controle para ligar a energia da torradeira através da *internet* (Rosemann, 2014). Mas a expressão “*Internet of Things*”, de acordo com Ashton (2009), surgiu em 1999 em uma apresentação sobre *RFID* que Kevin Ashton fez para a empresa Procter & Gamble (P&G). Santos et. al. (2017), destaca que naquela época, a *IoT* era associada ao uso da tecnologia *RFID*. Porém, o termo só foi sendo notado a partir de 2004 conforme pode ser visto na Tabela 2.



**Tabela 2:** Volume de pesquisas no Google sobre *Internet of Things* de 2004 a 2021.  
**Fonte:** Origem de dados: Google Trends ([www.google.com/trends](http://www.google.com/trends)).

Apesar de não ser o foco de pesquisas ainda em 2003, segundo estudos da CISCO, já havia aproximadamente 500 milhões de dispositivos conectados à *Internet*. Porém,

no ano de 2010, esse número chegou a aproximadamente 12,5 bilhões de dispositivos conectados devido ao crescimento explosivo de *smartphones* e *tablets*, tornando também o número de dispositivos superior à população humana, que na época era de 6,8 bilhões aproximadamente (Evans, 2011). Também, a partir daquele ano, as buscas pelo termo *Internet of Things* dispararam, como pode ser visto na Tabela 2. Em 2012, segundo Santos et. al. (2017), foi identificada como uma tecnologia emergente por especialistas da Gartner. Eles apresentam a Figura 4 como uma maneira de representar o surgimento, adoção, maturidade e impacto de diversas tecnologias chamada de *Hype Cycle*, ou “Ciclo de Interesse”.



**Figura 4:** Expectativas para a excitação do mercado, maturidade e benefícios.  
**Fonte:** Gartner Hype Cycle 2012, 2012.

### 2.3. PRINCIPAIS CONCEITOS

De acordo com Santos et. al. (2017), de modo geral, a combinação entre diversas tecnologias se completa e viabiliza a arquitetura e integração dos objetos no ambiente

físico ao mundo virtual, é possível ver a *IoT* como blocos de construção. A Figura 5 que será apresentada na próxima página, exhibe os blocos da *IoT*. Sendo eles:

**Identificação:** Identifica objetos físicos ou virtuais, e em um projeto *IoT* a identificação é essencial, sem ela não conseguiríamos recolher informações necessárias para a aplicação a ser desenvolvida. Alguns exemplos de tecnologias que podem ser empregados para identificar objetos são código de barras, *RFID*, *NFC* (*Near Field Communication*) e endereçamento *IP*.

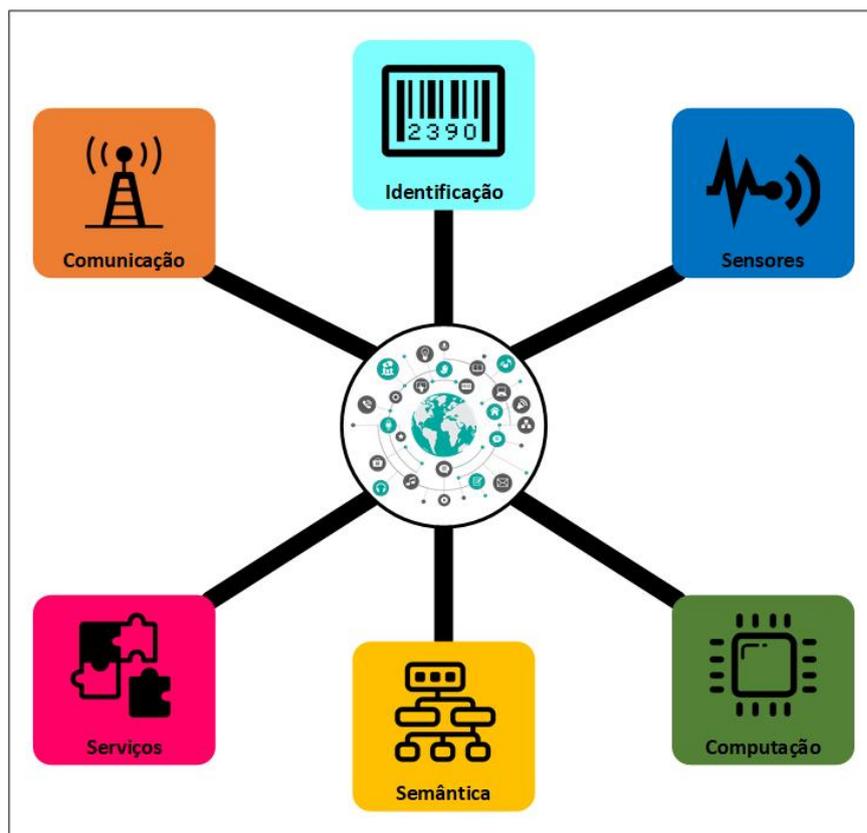
**Sensores/Atuadores:** Através da combinação de sensores e atuadores posicionados em pontos estratégicos, é possível coletar dados essenciais sobre o contexto daquilo que está acontecendo no mundo físico, disponibilizar essas leituras para os algoritmos de software, que calcula os resultados com base nas leituras e, finalmente, direcionam os atuadores usar esses resultados para modificar o mundo físico.

**Comunicação:** Além de desempenhar um papel importante no consumo de energia dos objetos, têm relação às diversas técnicas usadas para conectar objetos inteligentes. *Device-to-Device*, *Device-to-Cloud*, *Device-to-Gateway* e *Back-End Data Sharing* são uma parte dessas técnicas e algumas das tecnologias usadas para a troca de pacotes são *GPS*, *GPRS*, *WiFi*, *Bluetooth* e *RFID*.

**Computação:** A unidade de processamento pode vir de diferentes maneiras e usos, segundo Lin (2018), alguns desses exemplos são os Microcontroladores, que consiste em um pequeno computador feito em um único circuito integrado; *System On A Chip* (*SoC*) resume-se em um circuito integrado com todos os componentes de um computador; e *Field Programmable Gate Array* (*FPGA*) que contém um circuito integrado que pode ser configurado por um consumidor após a fabricação.

**Serviços:** É um conjunto de dados e comportamentos associados que devem suportar as necessidades dos usuários e aplicativos, podendo prover diversas classes de serviços (Cameira e Gomes, 2018).

**Semântica:** Trata-se da extração de dados e uso eficiente dos recursos existentes na *IoT*, a partir das informações existentes, com o objetivo de executar determinado serviço.



**Figura 5:** Blocos da IoT.  
**Fonte:** Adaptado de Santos et. al., 2017.

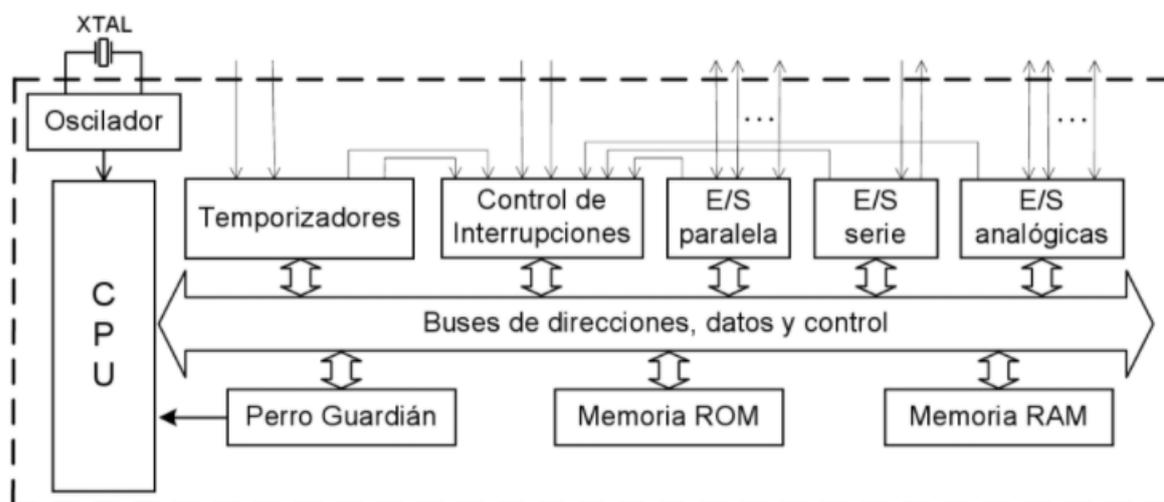
## 2.4. MICROCONTROLADORES

Microcontrolador ou *MCU (Micro Controller Unit)*, é um termo bastante utilizado para se denominar este dispositivo. Além dessa expressão, pode-se definir também como um *single-chip computer* (computador em um único *chip*), *microcomputer*, ou ainda como *embedded controller* (controlador embutido).

De acordo com Pérez e Areny (2007), os microcontroladores estão presentes em muitos produtos eletrônicos que utilizamos em nossa vida cotidiana, geralmente utilizados em automação e controle de produtos e periféricos. Alguns exemplos são, calculadoras, televisores, geladeiras, controles remotos, brinquedos, etc.

Ainda segundo os autores, um microcontrolador consiste em alguns blocos fundamentais, sendo eles uma unidade central de processamento (*CPU*), também chamada de core (núcleo), e circuitos auxiliares (periféricos) como memória, portas

de I/O (*Input e Output*), etc., tudo em um único circuito integrado como é mostrado na Figura 6.



**Figura 6:** Esquema de blocos geral de um *MCU*.  
**Fonte:** Pérez e Areny, 2007.

De modo geral os microcontroladores são apontados como uma junção de hardware com software e são muito usados em soluções *IoT* que são controlados automaticamente. A principal vantagem é o tamanho reduzido e o custo de um sistema similar usando dispositivos separados de microprocessadores, memória, entrada e saída. Podem ser usados para coleta de dados, detecção, atuar em dispositivos físicos, aplicações de baixa energia, entre outros. Arduino, ESP e MSP são alguns exemplos de linhas de placas de desenvolvimento, que são placas de circuito com vários periféricos embutidos (Lin, 2018).

## 2.5. SENSORES E ATUADORES

Sensores e atuadores são essenciais para o conceito de *Internet of Things*, sem esses dois não seria possível a comunicação entre o mundo físico com o virtual, a coleta de dados, ou mesmo, a comunicação entre um objeto e outro.

De acordo com Rayes e Salam (2016), sensores são dispositivos tipicamente eletrônicos que têm a responsabilidade de detectar eventos ou mudanças em um

ambiente físico, coletando parâmetros-chaves para fornecer uma saída correspondente para o qual a aplicação necessita. Alguns exemplos desses dispositivos são sensores de temperatura, sensores de pressão e sensores de fluxo – lembrando que podem existir outros tipos de sensores no mercado.

Podem coletar e transmitir dados, independentemente da quantidade e do lugar ou do horário onde estiverem, para qualquer rede de *IoT* em tempo real. Sensores podem também ser comparados com os cinco sentidos humanos, segundo Fábio Gandour em uma entrevista para a revista *Veja* em 2012, o segredo está na interpretação de dados (Honorato, 2012).

No entanto, alguns sensores necessitam de lógica de programação para filtrar dados específicos que realmente interessam para a aplicação. Diante disso, um dispositivo *IoT* de detecção requer pelo menos 3 elementos, sendo eles um sensor, um microcontrolador e uma conexão para enviar dados para um *gateway IoT* ou qualquer outro sistema (Rayes e Salam, 2016).

Os atuadores, conforme Rayes e Salam (2016), são dispositivos que convertem energia elétrica, hidráulica ou pneumática em energia mecânica, ficando responsável por controlar ou executar ações em um sistema. Um exemplo seria pegar uma fonte de dados ou energia e convertê-la para controlar um sistema. E para controlar sistemas *IoT*, atuadores podem usar dados coletados por sensores, ou vindo de outros tipos de inteligência de dados.

Como mencionando no início da seção, os dois são essências para o conceito de *IoT*. Por exemplo, se tivéssemos um sistema de monitoramento responsável por coletar e mostrar esses dados, ele não seria totalmente eficiente se esses dados não pudessem ser traduzidos para algo que fizesse sentido e que conseguissem ser usados para atuar em um ambiente antes que algum serviço seja impactado. Por isso é interessante trabalhar com sensores e atuadores juntos.

## 2.6. PLATAFORMAS COMPUTACIONAIS

Existem hoje, diversas plataformas computacionais, excepcionalmente para a *Internet of Things* disponíveis no mercado. Algumas sendo de fácil acesso e baixo custo,

permitindo estudantes, pesquisadores, desenvolvedores ou qualquer pessoa que se interessa na área a ter sua primeira experiência sem ter que gastar muito e com plataformas excepcionais.

Podem existir diversos projetos *IoT*, com diferentes arquiteturas e objetivos, porém é comum que a maioria dos projetos envolvam sensores, atuadores e controladores. Por isso, segundo Costa e Duran-Faundez (2018), plataformas com *hardware* embutido possivelmente serão utilizadas para a implementação desses dispositivos.

Ainda segundo os autores, entre as diversas opções disponíveis no mercado atualmente, as plataformas *open-source* (código-aberto) estão ganhando destaque devido algumas características, sendo elas o baixo custo, poder computacional, flexibilidade na programação, interfaces de I/O, baixo consumo de energia, tamanho reduzido, robustez, comunicação, armazenamento e algumas até com recursos adicionais disponíveis, como módulo *WiFi*, *RFID*, *LEDs*, entre outros.

Nas próximas subseções será apresentado alguns exemplos de plataformas *open-source*, como o *Arduino* e o *Raspberry Pi*.

### 2.6.1 ARDUINO

*Arduino* é uma plataforma eletrônica *open-source* baseada no conceito *easy-to-use* (*fácil de usar*) de *hardware* e *software*. De acordo com Costa e Duran-Faundez (2018), o propósito do *Arduino* é focado mais na área de automação e projetos que exigem execução repetida de algumas tarefas.

O *hardware* do *Arduino* é limitado, entretanto, ele possui diversos *shields*, que servem como uma extensão da placa e adicionam outras novas funcionalidades, tornando-o mais flexível e com recursos úteis (Costa e Duran-Faundez, 2018).

O *software IDE – Integrated Development Environment* (do português, Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do *Arduino* contém uma interface simples e acessível para a experiência do usuário. Mesmo sendo de fácil uso para os novatos, usuários com mais experiência também utilizam ele pela versatilidade, como por exemplo, poder utilizar linguagem de programação *high-level* (alto nível) como *C* e *Python*. Além

disso, ele é *cross-platform* (multiplataforma), podendo ser executado em outros sistemas operacionais, como *Windows*, *Mac* e *Linux* (“What is Arduino?”, 2018).

O *Arduino* possui várias placas e algumas das mais populares são o *Arduino Uno*, como mostra a Figura 7, o *Arduino Mega* e o *Arduino Due*. Porém, o diferencial dele é que todos os esquemas das placas são publicados sobre a licença *Creative Commons*, deixando outros designers de circuitos experientes criarem sua própria versão, estendendo e melhorando para a sua necessidade (“What is Arduino?”, 2018).



**Figura 7:** Modelo do Arduino Uno.  
**Fonte:** Arduino Uno Rev3, 2021.

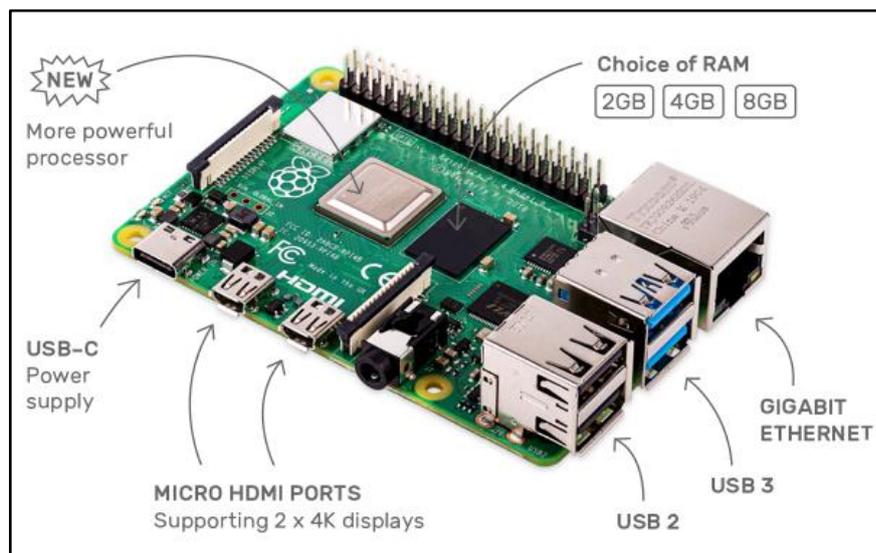
## 2.6.2. RASPBERRY PI

O *Raspberry Pi* é um computador de placa única, em inglês é chamado de *single board computer (SBC)*, que equivale a largura de um cartão de crédito. Ele utiliza da tecnologia *ARM (Advanced Reduced Instruction Set Computing Machine)*, a qual faz com que seus custos, consumo de calor e energia sejam reduzidos (Patchava, Kandala e Babu, 2015).

Sua última versão, o *Raspberry Pi 4B* como apresentada na Figura 8 na página a seguir, utiliza o *chip BCM2711*. Uma arquitetura *SoC* e *multi-core CPU*. Conta com

um núcleo de 64-bit, o *ARM A72*, sendo possível rodar em 1.5 GHz aumentando sua capacidade de *clock* e deixando 50% mais rápido que sua versão anterior, o *Raspberry Pi 3B+*. Pode variar entre 2GB, 4GB e 8GB de memória *RAM*. Seu processador é um *quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC 1.5 Ghz*. Possui cinco portas *USB*, duas delas sendo *USB 2*, outras duas *USB 3* e outra *USB-C* para a fonte de energia, e uma entrada para o cabo de *Ethernet* para ter conexão com a *Internet* (BCM2711, 2021).

Seu sistema operacional é o *Raspberry Pi OS*, um projeto ativo desenvolvido pela comunidade, fazendo dele um sistema *open-source* baseado na distribuição *Debian Linux*, o qual também é classificado como *open-source*. Entretanto, seu sistema é otimizado para ser suportado pelo *hardware* do *Raspberry Pi* (Raspberry Pi OS, 2021).

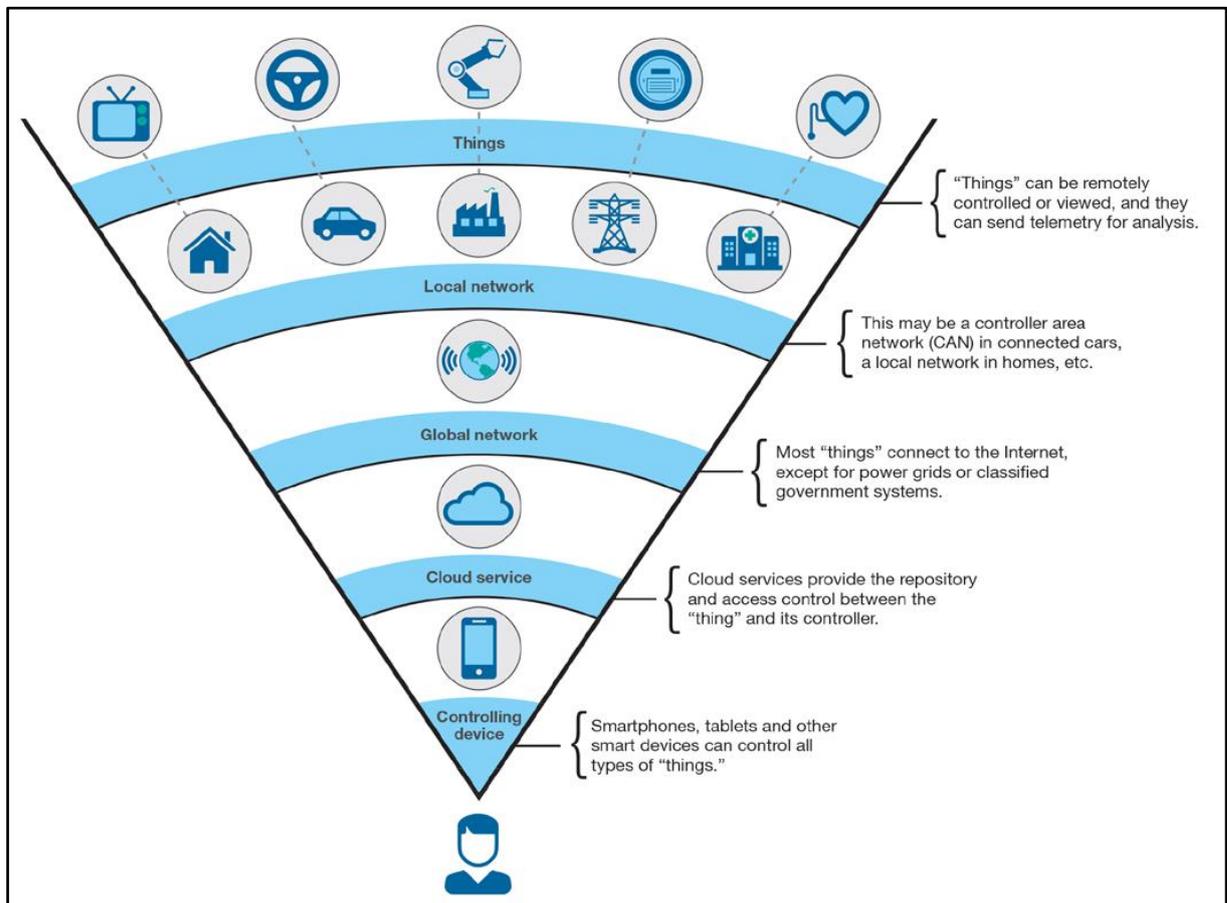


**Figura 8:** Modelo *Raspberry Pi 4B*.  
**Fonte:** *Raspberry Pi 4*, 2021.

## 2.7. ARQUITETURA DE IOT

O termo “*Internet of Things*” é usado como um leque de palavras-chave para cobrir vários aspectos relacionados à extensão da *Internet* e da *Web* para o reino físico (Miorandi et. al.,2012). Conforme Santos et. al. (2017), possuímos na literatura,

variadas arquiteturas sofisticadas. Porém, uma arquitetura flexível é essencial para conectar bilhões de objetos inteligentes à *Internet*.



**Figura 9:** *Human view of Internet of Things* (Visão Humana da *Internet* das Coisas)  
**Fonte:** Gerber e Kansal, 2017.

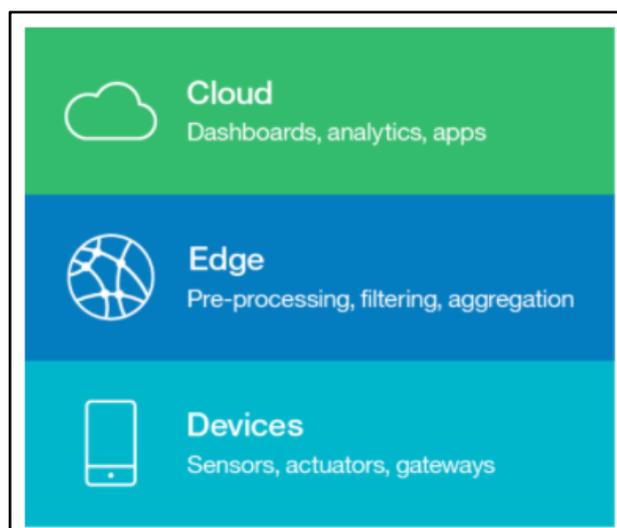
De acordo com Gerber e Kansal (2017), é possível descrever qualquer solução *IoT*, incluindo tanto os aspectos físicos quanto os aspectos virtuais, através da arquitetura do projeto. Para a criação da arquitetura, fazer uma abordagem modular de divisão em múltiplas camadas, facilita o foco em cada uma, ajudando a gerenciar a complexidade do sistema *IoT*.

Os autores adotaram uma arquitetura dividida em três camadas, como mostra a Figura 10 ilustrada na próxima página, sendo elas a camada de *Cloud* (Nuvem), a camada de *Edge* (Borda) e a camada de *Devices* (Dispositivos).

Na camada *Devices* é onde se encontram todos os dispositivos físicos, por exemplo, sensores e atuadores que estão conectados em dispositivos *IoT*. Esses dispositivos são responsáveis pela transmissão *upstream* (acima) da informação através de protocolos *wireless*, como *Bluetooth*, *WiFi*, *RFID* ou através de cabos conectados à *Ethernet*. Podem também, estar atrelados a dispositivos intermediários que terão maior poder de processamento, e poderão realizar conversões desses dados.

A camada *Edge* está relacionada à análise e pré-processamento em tempo real de serviços e dados que estão localizados na borda na *internet*. Ela fica responsável pela regra de negócios para camadas *downstream* (abaixo), por exemplo, pré-processamento de tarefas e filtrar dados específicos. Também fornece roteamento e recursos de controle de dispositivos para as camadas *upstream*, por exemplo, transferir os dados pré-processados para as camadas *upstream* para posteriormente serem processados e analisados. Também pela camada se localizar na borda da *internet*, segurança se torna uma preocupação, porque gateways são alvos de muitos ataques.

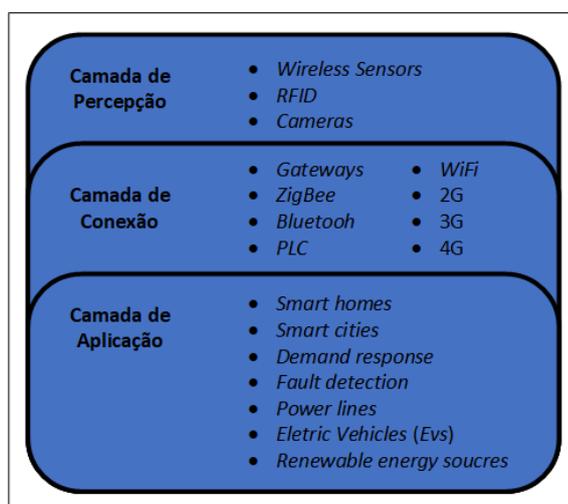
Depois que os dados são preparados, na camada *Cloud* eles serão processados, armazenados e utilizados nas aplicações. Sendo possivelmente utilizados para análises estatísticas ou entregues para alguma *Machine Learning* no qual tomarão decisões baseados nesses dados.



**Figura 10:** *Layers of an IoT architecture* (Camadas de uma arquitetura *IoT*)

**Fonte:** Gerber e Kansal, 2017.

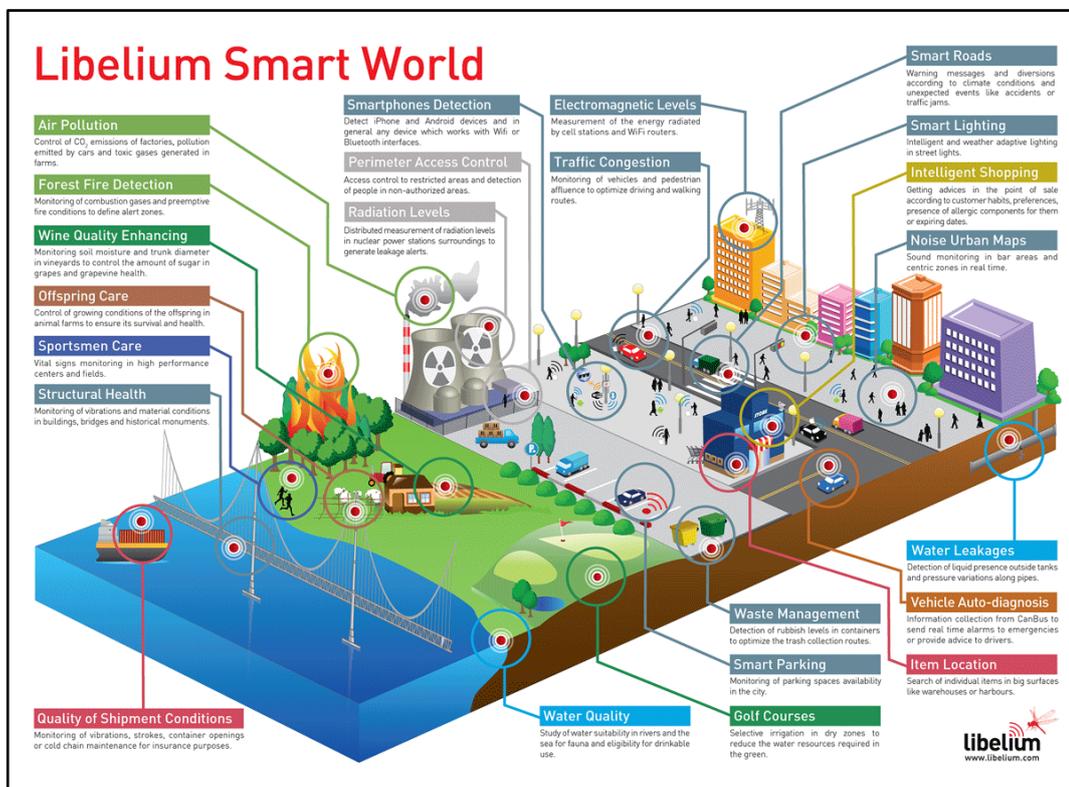
Entretanto, para Talari et. al. (2017) e Santos et. al. (2017), a *IoT* consiste em três camadas básicas, sendo elas a camada da percepção, a camada da conexão e a camada da aplicação, conforme apresentado na Figura 11. A primeira camada representa um grupo de dispositivos físicos, que é a camada da percepção, habilitado à conexão com a *Internet*, são capazes de perceber, detectar objetos, reunir, processar e trocar informações com outros dispositivos por meio das redes de comunicação. Alguns exemplos de dispositivos da camada de percepção são *RFID*, *GPS*, câmeras, sensores. A fim de encaminhar esses dados gerados pela camada de percepção para a camada de aplicação, utiliza-se a camada de conexão. A camada de conexão fica responsável pelos serviços de gerenciamento, roteamento, identificação que devem ser realizados, limitação da rede e restrições dos aplicativos, além de usar uma combinação de tecnologias de comunicação de redes de curto e longo alcance. Curto alcance, como *Bluetooth* e *ZigBee*, são usados normalmente para transportar as informações dos dispositivos de percepção para um gateway próximo com base nas capacidades das partes comunicantes. *WiFi*, 2G, 3G, 4G e *Power Line Communication (PLC)* transportam as informações por longas distâncias com base no aplicativo. A camada de aplicação, e última camada, é responsável por prover serviços para os clientes, e também, onde toda informação é recebida e processada, possibilitando projetar melhores estratégias e gerenciamento. Por exemplo, uma aplicação de estufa solicita medições de temperatura e umidade para clientes que necessitam destas informações.



**Figura 11:** Camadas da *IoT*.  
**Fonte:** Adaptado de Talari et. al., 2017.

Uma empresa que é destaque no mercado de contextos de arquitetura para projetos de *IoT* é a Libelium. Ela desenha e produz dispositivos de rede de sensores wireless, de forma que empresas possam produzir soluções de *IoT* e *Smart Cities*, integrando com várias outras tecnologias, tais como *Cloud Computing*. Fundada em 2006, hoje possui cerca de 60 funcionários, contam com clientes em 120 países, e mais de 110 parceiros internacionais (Silge Eletrônica, 2019). Sua matriz fica localizada em Zaragoza, na Espanha. A Figura 12 apresenta o cenário ideal divulgado pela empresa. A mesma diz que a lista é agrupada por 12 verticais, mostrando como a *Internet of Things* está se tornando a próxima revolução tecnológica. Essas verticais são:

- *Smart Cities;*
- *Smart Environment;*
- *Smart Water;*
- *Smart Metering;*
- *Security & Emergencies;*
- *Smart Retail;*
- *Logistics;*
- *Industrial Control;*
- *Smart Agriculture;*
- *Smart Animal Farming;*
- *Domotic & Home Automation;*
- *eHealth*



**Figura 12:** 50 Sensor Applications for a Smarter World (50 Aplicações de Sensores para um Mundo Inteligente)

Fonte: 50 Sensor Applications for a Smarter World, 2020.

### 3. PROPOSTA DE TRABALHO

Neste capítulo é tratado o objetivo central do mesmo, seguido de uma análise do protótipo a ser desenvolvido. E logo em seguida, abordará as tecnologias e plataformas computacionais necessárias para desenvolvimento do protótipo inteligente.

#### 3.1. OBJETIVOS

Este capítulo tem como objetivo aplicar os conceitos revisados no capítulo anterior, sendo eles, *Internet of Things*, plataformas computacionais e microcontroladores, sensores e atuadores, e qual arquitetura de *IoT* abordar no projeto para construção da proposta do trabalho.

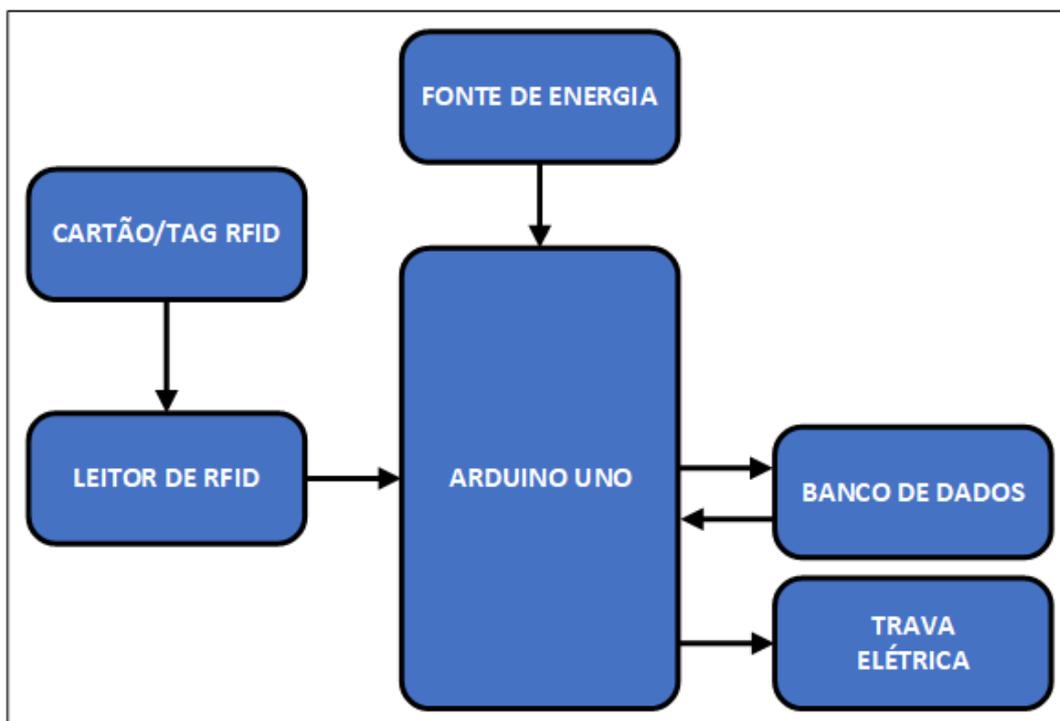
Somente após o planejamento da proposta será possível avançar para a continuação deste trabalho que tem a finalidade de desenvolver um protótipo de fechadura inteligente com registros de acesso.

#### 3.2. ANÁLISE DO PROTÓTIPO

A Figura 13, localizada na página seguinte, apresenta o diagrama funcional do sistema proposto. O diagrama é formado por um dispositivo de identificação, um microcontrolador *Arduino Uno*, uma fonte de energia, um *software*, uma estação central (banco de dados) e a trava elétrica. O microcontrolador é o vínculo entre os outros blocos do diagrama.

O sensor *RFID* é responsável pela verificação do cartão, ou *tag*, de identificação dos usuários. Cada usuário é associado a apenas um código identificador *RFID*.

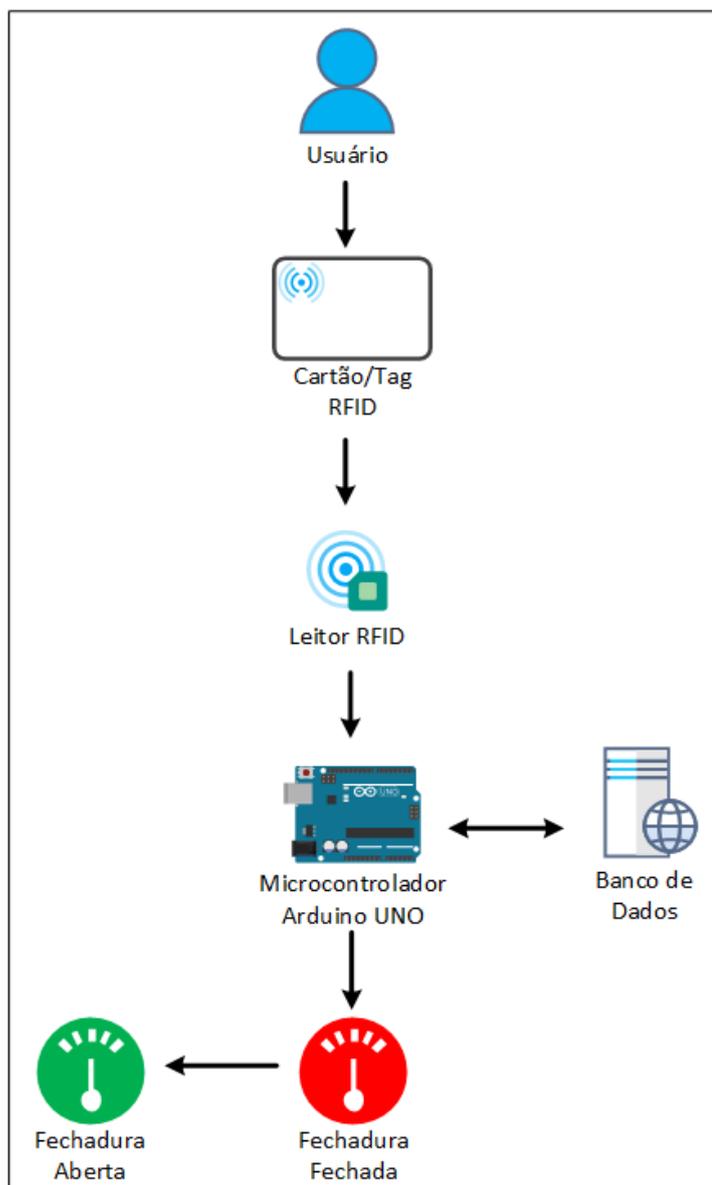
Conseqüentemente, o banco de dados armazena um usuário ligado a um único *ID* (*Identify*), onde ficará armazenado seus dados e seu código identificador do cartão/*tag* *RFID*.



**Figura 13:** Diagrama de Blocos Funcional do Protótipo Inteligente

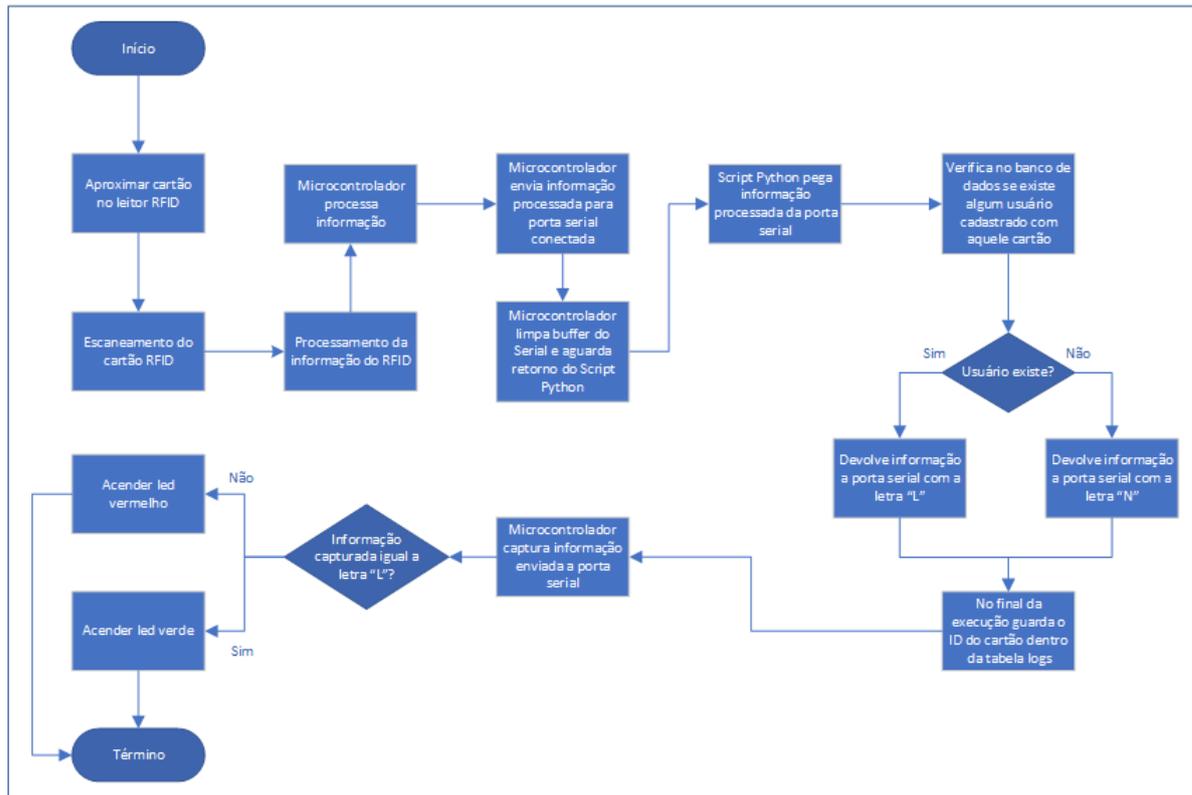
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A Figura 14, exibida na próxima página, apresenta a arquitetura de segurança automática do protótipo. Onde o usuário tem apenas uma maneira de se identificar, sendo elas através do seu cartão, ou *tag*, *RFID*. Ao aproximar seu cartão perto do leitor *RFID*, o *ID* do usuário é transmitido do sensor até o microcontrolador, que envia a informação para o banco de dados e processa a informação para retornar um valor booleano, verdadeiro ou falso, para o microcontrolador. Onde, verdadeiro significa que o código identificador *RFID* do usuário foi encontrado e bate com o cadastrado no banco de dados ou, retornará falso caso o código não confere com o mesmo. Após retornar o valor para o microcontrolador, o mesmo processará a resposta e, caso seja verdadeiro, é liberado a trava, senão a trava continua fechada.



**Figura 14:** Arquitetura de Segurança Automática do Protótipo  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Fluxograma é um tipo de diagrama. Pode ser entendido como uma representação esquemática de um processo ou algoritmo, muitas vezes feito através de gráficos que ilustram de forma descomplicada a transição de informações entre os elementos que o compõem. Também é possível visualizar toda a da arquitetura do protótipo através do fluxograma dos processos, assim como exibido na Figura 15 na próxima página.



**Figura 15:** Fluxograma dos processos.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 3.3. TECNOLOGIAS E PLATAFORMAS

Para viabilizar o desenvolvimento desse projeto, foram utilizados os seguintes itens como componentes e sensores:

- 1x – Placa *protoboard* 830 pontos
- 1x – Módulo Leitor RFID-RC522
- 1x – Cartão *RFID* 13,56Mhz
- 1x – *Tag* Chaveiro *RFID* 13,56Mhz
- 1x – *Led* Verde
- 1x – *Led* Vermelho
- 1x – Placa *Arduino UNO*

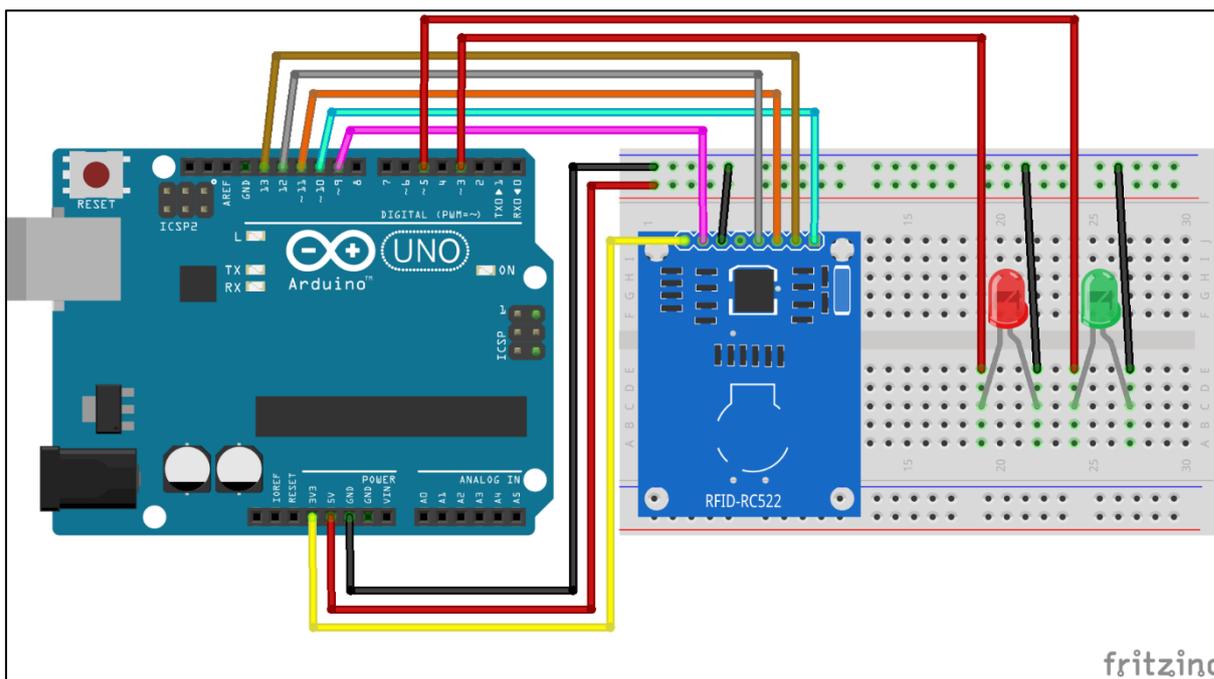
Como plataforma de desenvolvimento, adotou-se o *software IDE Arduino*, responsável pelo ambiente de implementação dos códigos fontes em *Arduino*, assim como funcionalidades de *upload* na placa computacional.

## 4. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é apresentado o processo de desenvolvimento do projeto, passo a passo, seguindo a ordem cronológica do projeto. É descrito, também, as ações tomadas no decorrer da aplicação prática do projeto, as dificuldades, as mudanças e as adaptações necessárias para se chegar no protótipo final.

### 4.1. ESQUEMA DO PROTÓTIPO

Para a montagem do esquema do protótipo foi utilizado o *software* Fritzing, conforme a Figura 16 representa.



**Figura 16:** Esquema do protótipo da fechadura utilizando o *software* Fritzing.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Para a conexão do módulo leitor *RFID* no *Arduino*, fez-se uso do padrão apresentado na Tabela 3.

Módulo RFID RC522	Arduino	Fritzing Cor dos Cabos
3.3	Pino 3.3V	Amarelo
RST	Pino 9	Rosa
GND	Pino GND	Preto
NC ou IRQ	Não conectado	
MISO	Pino 12	Cinza
MOSI	Pino 11	Laranja
SCK	Pino 13	Marrom
DAS	Pino 10	Ciano

**Tabela 3:** Conexão do módulo RFID-RC522 com o *Arduino*.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Nas conexões dos *leds*, utilizou-se das seguintes pinagens conforme se descreve na Tabela 4.

Led	Arduino	
	Anodo (+)	Catodo (-)
Vermelho	Pino 5	GND
Verde	Pino 3	GND

**Tabela 4:** Conexão dos *leds* com o *Arduino*.

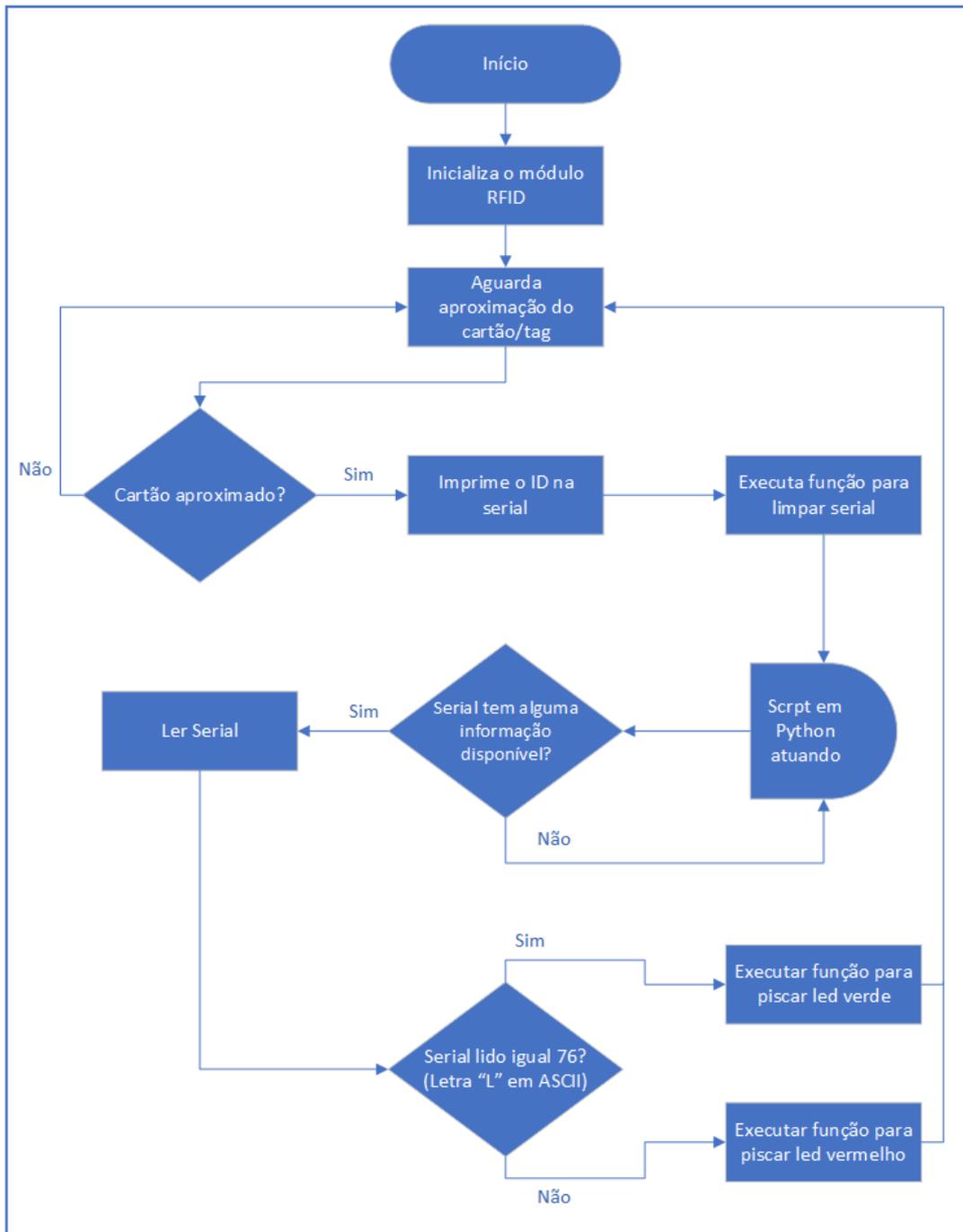
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## 4.2. PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR

A primeira ação efetiva foi a programação do microcontrolador *Arduino UNO* para comunicação com o módulo leitor RFID-RC522, utilizado para realizar a leitura do

cartão ou *tag* usando sinais de radiofrequência. Para isso, utilizou-se da biblioteca MFRC522, disponível através da comunidade do *GitHub*.

Após a programação do microcontrolador, foi gerado a seguinte estrutura em um *loop* infinito, conforme ilustra o fluxograma da Figura 17.



**Figura 17:** Fluxograma da execução do microcontrolador.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 4.3. PROGRAMAÇÃO DO SCRIPT PYTHON

Para realizar a comunicação com um banco de dados, foi utilizado um *script* em *Python* como *middleware* entre o microcontrolador e o banco de dados. Assim, o *script* fica responsável por se comunicar com a porta *serial* onde o microcontrolador está conectado também. O *script* funciona da seguinte maneira:

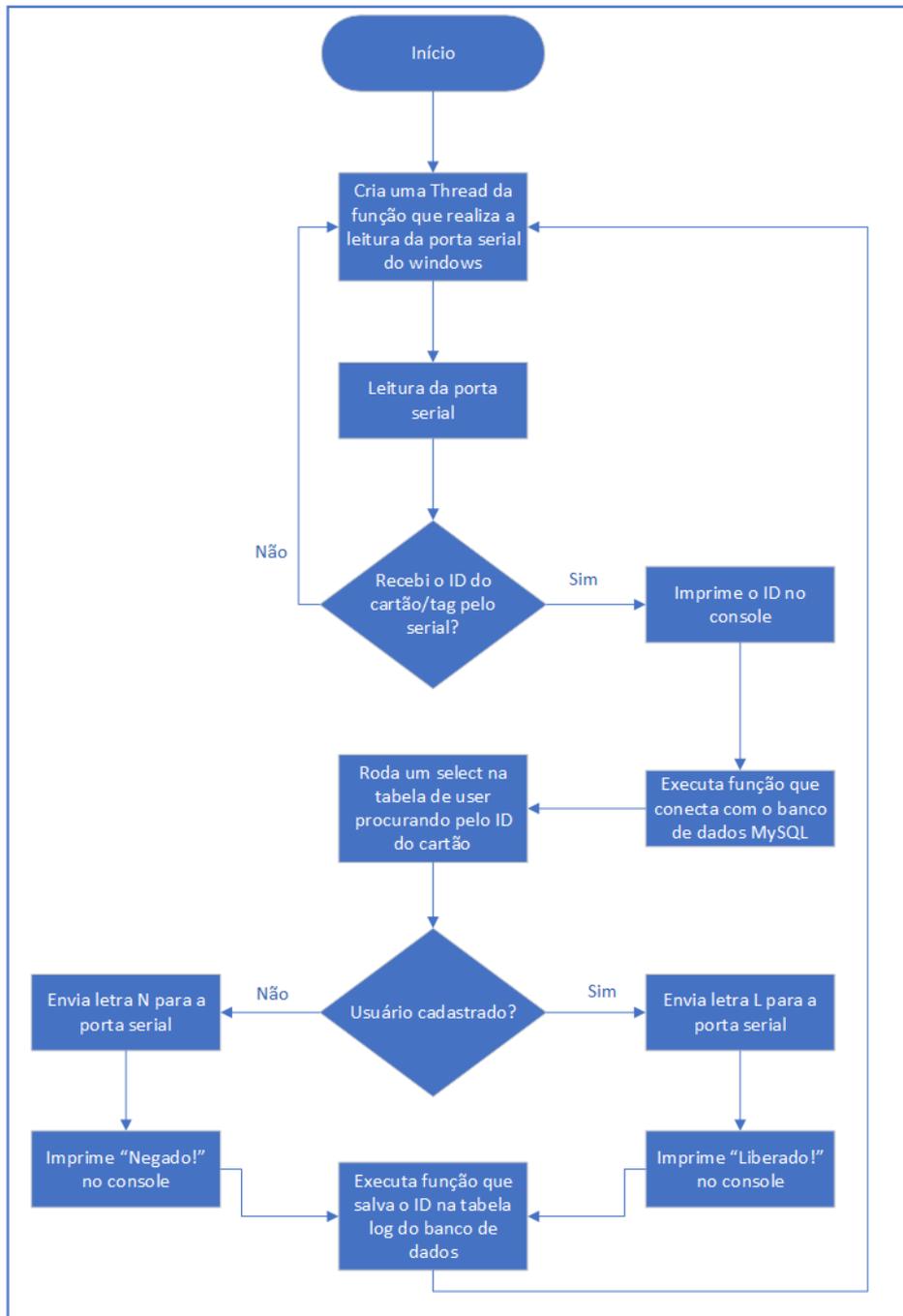
- Primeiro é necessário executar o *script* na mesma porta *serial* que o microcontrolador;
- Logo em seguida, assim que um cartão/*tag* é aproximado do leitor *RFID* conectado ao microcontrolador, o mesmo envia à porta *serial* o código identificador do cartão/*tag* que acabou de ler e fica em *loop* esperando o *script* devolver alguma informação;
- Enquanto isso o *script* vai capturar esse código do cartão e verificar tabela *user* do banco de dados se existe algum usuário com aquele código;
- Se existe, o banco de dados devolve o código e o *script* envia a letra “L” para a porta *serial* onde o microcontrolador está esperando uma resposta;
- Caso não exista, o banco de dados devolve a consulta com um valor vazio e o *script* envia a letra “N” para a porta *serial*;
- No final do *script*, todo código lido é gravado em uma tabela *log* no banco de dados, salvando qualquer acesso que tenha sido feito a aquele microcontrolador, sendo esse acesso liberado ou negado;
- Já no microcontrolador que ficou aguardando pela resposta, caso seja enviado a letra “L”, o *led* verde irá piscar, sinalizando que o usuário foi liberado. Caso contrário, o *led* vermelho irá piscar mostrando que o usuário foi negado.

Assim, o *script* fica responsável por consultar e gravar a informação no banco de dados e liberar o acesso do usuário, como mostra na próxima página o Fluxograma da Figura 18.

Porém, para que o *script* rodasse foi utilizado algumas bibliotecas do *Python*, sendo elas a biblioteca *serial*, *threading*, *mysql.connector* e *time*.

A biblioteca *serial* foi utilizada para conseguir realizar a conexão com a porta *serial* do computador. Para que o *script* ficasse em um *loop* infinito, consultando a porta *serial*

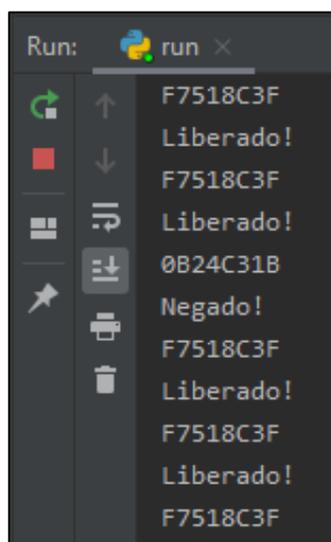
por alguma informação, foi necessário implementar a biblioteca *threading* do *Python*, para criar a mesma função escalonada, porém executada de forma independente. O *mysql.connector* foi utilizado para conseguir se conectar ao banco de dados e a biblioteca *time* para que ao final de cada consulta desse um tempo de 0.1 segundos entre cada nova execução de *Thread*.



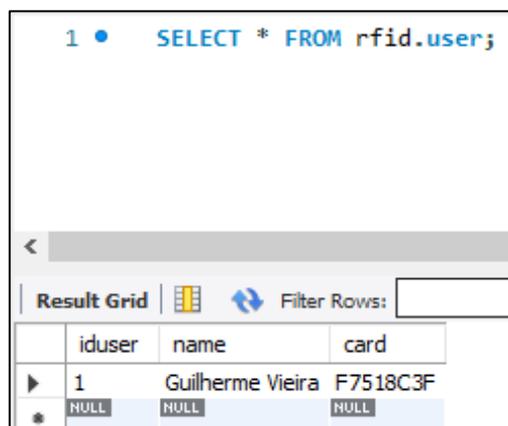
**Figura 18:** Fluxograma da execução do *script* em *Python*.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

#### 4.4. RESULTADOS OBTIDOS

Nas páginas seguintes será apresentado o protótipo da Figura 22, desenvolvido para simular a utilização do projeto. Na Figura 19, é possível ver o *script* rodando e imprimindo no *console* do *terminal* se o cartão utilizado está liberado ou negado. A tabela *user*, Figura 20, do banco de dados com apenas um usuário cartão cadastrado e a na Figura 21 a tabela *log* com os registros de acessos ao protótipo. É possível ver o *led* verde ou vermelho acesos nas Figuras 23 e 24.



**Figura 19:** Console do *terminal Python* executando o *script*.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.



```
1 • SELECT * FROM rfid.user;
```

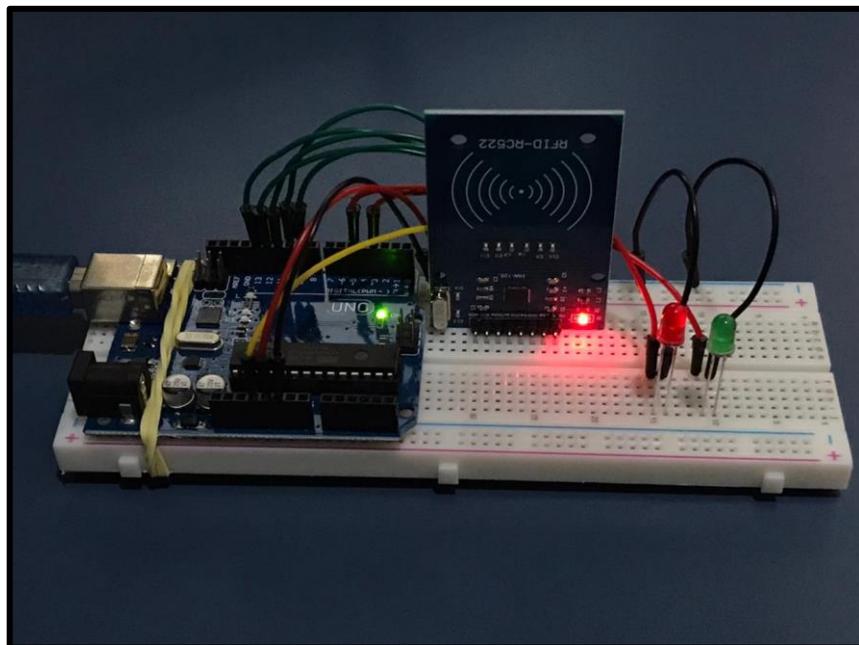
	iduser	name	card
▶	1	Guilherme Vieira	F7518C3F
*	NULL	NULL	NULL

**Figura 20:** Tabela *user* do banco de dados.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

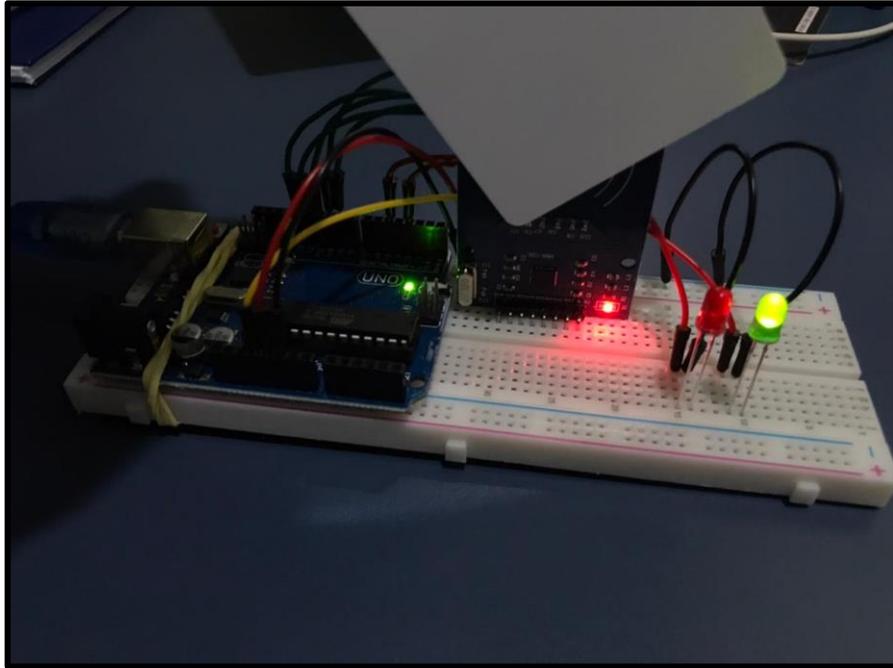
```
1 • SELECT * FROM rfid.log;
```

idlog	card	created_at
35	F7518C3F	2021-08-06 03:25:36
34	F7518C3F	2021-08-06 03:25:32
33	0B24C31B	2021-08-06 03:25:29
32	F7518C3F	2021-08-06 03:25:26
31	F7518C3F	2021-08-06 03:25:22
26	0B24C31B	2021-08-06 03:25:09
25	0B24C31B	2021-08-06 03:25:06
24	F7518C3F	2021-08-05 20:12:45
23	F7518C3F	2021-08-05 20:12:42
22	F7518C3F	2021-08-05 20:00:58
21	F7518C3F	2021-08-05 20:00:54
20	F7518C3F	2021-08-05 20:00:51

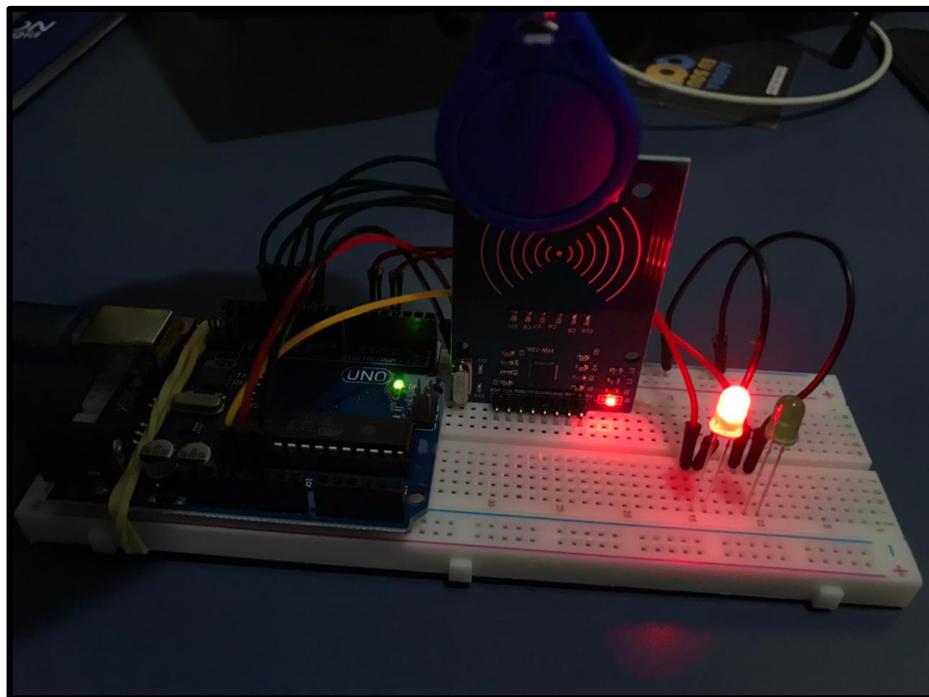
**Figura 21:** Tabela *log* do banco de dados.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.



**Figura 22:** Protótipo da Fechadura Inteligente.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.



**Figura 23:** Protótipo acendendo o *led* verde caso o usuário esteja cadastrado.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.



**Figura 24:** Protótipo acendendo o *led* vermelho caso o usuário não esteja cadastrado.  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta um protótipo de fechadura inteligente, onde utilizou-se de conceitos e recursos de *Internet of Things* e foi desenvolvido com o objetivo de aumentar a segurança de onde estiver inserido e registrar quais usuários acessaram o local.

Após várias pesquisas na área de *IoT*, microcontroladores e *RFID*, foi desenvolvido um protótipo com leitor de radiofrequência, onde foi possível fazer a gestão de acesso dos usuários que são identificados por um código de identificação único, registrado em seu cartão ou *tag*.

A Figura 23 mostrou o protótipo com o *led* verde aceso caso o usuário esteja cadastrado e a Figura 24 apresentou o protótipo com o *led* vermelho aceso caso o usuário não esteja cadastrado.

### 5.1. TRABALHOS FUTUROS

Com base nos recursos pesquisados e no protótipo desenvolvido, este trabalho tem diversas maneiras de ser melhorado. Uma aplicação *mobile*, deverá ser desenvolvida para consulta dos *logs* de acessos e cadastros dos usuários.

Bem como, conseguir integrar um *Ethernet Shield* no microcontrolador para realizar comunicações via *internet*, tirando a necessidade de se comunicar através da porta *serial* do *Windows* para enviar dados e, também, podendo ser desenvolvido uma fonte de alimentação própria para o protótipo já que não haveria mais a necessidade de o protótipo estar conectado ao computador.

Sendo possível enviar e receber dados via *internet* pelo microcontrolador, toda regra de negócios poderá ser estendida para uma *API*, onde qualquer manutenção em seu código, seria de fácil acesso.

## REFERÊNCIAS

50 Sensor Applications for a Smarter World. Libelium, 2020. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>>. Acesso em: 17, mar de 2021.

ARDUINO UNO REV3. Arduino, 2018. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 17, mar de 2021.

**ASHTON, Kevin.** That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal, 2009.

BCM2711. Raspberry Pi, 2021. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/bcm2711/README.md>>. Acesso em: 17, mar de 2021.

BUSCAPÉ, 2020. Disponível em: <<https://www.buscape.com.br/search?q=smart+lock>>. Acesso em: 10, nov de 2020.

BUSINESS WIRE. Strategy Analytics: Smart Lock Sales to Approach 26M Units by 2023. Business Wire, 2018. Disponível em: <<https://www.businesswire.com/news/home/20180815005537/en/Strategy-Analytics-Smart-Lock-Sales-to-Approach-26M-Units-by-2023>>. Acesso em: 10, nov de 2020.

CAMEIRA, R. F.; GOMES, L. L. A. Internet of Things: Conceitos e Aplicações Baseadas em uma Revisão Bibliográfica. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 38, 2018, Maceió, Brasil. **Anais do XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v.1, outubro, 2018, p.19.

CHOWDHURY. Md. Nasimuzzaman; NOOMAN, Md. Shiblee; SARKER, Srijon. **Access Control of Door and Home Security by Raspberry Pi Through Internet.** International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 11, November. 2013.

COLOMBO, J. F.; LUCCA FILHO, J. de. **INTERNET DAS COISAS (IOT) E INDÚSTRIA 4.0: revolucionando o mundo dos negócios.** Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v.15, n.2, p.72-85, 2018. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/496>>. Acesso em: 5, mar de 2021.

COSTA, Daniel G.; DURAN-FAUNDEZ, Cristian. **Open-Source Electronics Platforms as Enabling Technologies for Smart Cities: Recent Developments and Perspectives.** Electronics. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-9292/7/12/404>>. Acesso em: 16, mar de 2021.

EVANS, Dave. A Internet das Coisas – Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. Cisco, 2011. Disponível em: <[https://www.cisco.com/c/dam/global/pt\\_br/assets/executives/pdf/internet\\_of\\_things\\_iot\\_ibsg\\_0411final.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf)>. Acesso em: 18, mar de 2021.

GARTNER HYPE CYCLE 2012. Wired, 2012. Disponível em: <<https://www.wired.com/2012/10/gartner-hype-cycle-2012/>>. Acesso em: 17, mar de 2021.

**Guia PMBOK.** 6. ed. Newton Square, PA: Project Management, 2017.

HASAN, Yordan; ABDURRAHMAN; WIJANARKO, Yudi; MUSLIMIN, Selamat; MAULIDDA, Renny. **The Automatic Door Lock to Enhance Security in RFID System.** Journal of Physics: Conference Series, Volume 1500, 3rd Forum in Research, Science, and Technology (FIRST 2019) International Conference 9-10 October. 2019. South Sumatera. Indonesia.

HONORATO, Renata. Computador vai emular os 5 sentidos humanos, aposta IBM, 2012. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/tecnologia/computador-vai-emular-os-5-sentidos-humanos-aposta-ibm/>>. Acesso em: 15, mar de 2021.

INFROCRIM – SISTEMA DE INFORMAÇÕES CRIMINAIS – Distribuição de Ocorrências de Roubo Segundo a Conduta - Estado de São Paulo (%) – Disponível em: <<http://www.ssp.sp.gov.br/Estatistica/PerfilRoubo.aspx>>. Acesso em: 09, nov de 2020, a.

INFROCRIM – SISTEMA DE INFORMAÇÕES CRIMINAIS – Ocorrências Registradas por Ano no Estado de São Paulo – Disponível em: <<http://www.ssp.sp.gov.br/Estatistica/Pesquisa.aspx>>. Acesso em: 09, nov de 2020, b.

KOCIOLEK, Fabio Tranjan; KLEMBA, Lucas Laskawski. **Trava Elétrica Acionada Por Dispositivos de Identificação Biométrica e RFID.** 2017. 82p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SILGE ELECTRÔNICA. Libelium: historia del líder en IOT y 50 usos de sus productos. Silge, 2019. Disponível em: <<https://blog.silge.com.ar/libelium-historia-50-usos-de-sus-productos>>. Acesso em: 17, mar de 2021.

LIMA, Alan Tomás. **Aplicação de Internet of Things em casas inteligentes - Serviço Aplicacional.** 2014. 77p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Informática – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, 2014.

LIN, Sharon. FPGAs, SoCs, Microcontrollers - A Quick Rundown of IoT Devices. Hackernoon, 2018. Disponível em: <<https://hackernoon.com/fpgas-socs-microcontrollers-a-quick-rundown-of-iot-devices-c5a25c7290c6>>. Acesso em: 12, mar de 2021.

MAGRANI, Eduardo. **A Internet das Coisas.** 1. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.

MARGALHO, Raquel Conde. **Sistema De Gestão de Fechaduras Inteligentes Usando IoT para Aplicação em Cacifos de Universidade.** 2019. 72p. Tese

(Doutorado) – Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2019.

MERCADO LIVRE, 2020. Disponível em: <<https://lista.mercadolivre.com.br/smart-lock>>. Acesso em: 10, nov de 2020.

MIORANDI, Daniele; SICARI, Sabrina; PELLEGRINI, Francesco De; CHLAMTAC Imrich. Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad Hoc Networks**, v.10, n.7, september, 2012. p. 1497-1516.

PATCHAVA, V.; KANDALA, H. B.; BABU, P. R. A Smart Home Automation technique with Raspberry Pi using IoT. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SENSORS, 2015 Bangalore, India. **2015 International Conference on Smart Sensors and Systems (IC-SSS)**, december, 2015. p. 1-4.

PÉREZ, Fernando E. Valdés; ARENY, Ramon Pallàs. **Microcontroladores: Fundamentos y Aplicaciones com PIC**. 1. ed. Barcelona: Editora Marcombo, 2007.

RAM, S. A.; SIDDARTH, N.; MANJULA, N.; ROGAN, K.; SRINIVASAN, K. Real-time automation system using Arduino. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON INNOVATIONS IN INFORMATION, EMBEDDED AND COMMUNICATION SYSTEMS 4, 2017, Coimbatore, Índia. **International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)**, março, 2017, p. 1-5.

RASPBERRY PI 4. Raspberry Pi, 2021. Disponível em: <<https://www.libelium.com/libeliumworld/top-50-iot-sensor-applications-ranking/>>. Acesso em: 17, mar de 2021.

RASPBERRY PI OS. Raspberry Pi, 2021. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/>>. Acesso em: 17, mar de 2021.  
RAYES, Ammar; SALAM, Samer. **Internet of Things – From Hype to Reality**. 1. ed. Cham: Editora Springer, 2016.

ROSEMANN, Michael The Internet of Things: new digital capital in the hands of customers. **SAP SE**, january, 2014.

SANTOS, Bruno P.; SILVA, Lucas A. M.; CELES, Clayson S. F. S.; NETO, João B. B.; PERES, Bruna S.; VIEIRA, Marcos Augusto M.; VIEIRA, Luiz Filipe M.; GOUSSEVSKAIA, Olga N.; LOUREIRO, Antonio A. F. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. Departamento de Ciência da Computação. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, Minas Gerais, 2017.

TALARI, Saber; SHAFIE-KHAH, Miadreza; SIANO, Pierluigi; LOIA, Vincenzo; TOMMASETTI, Aurelio; CATALÃO, João P. S. A Review of Smart Cities Based on the Internet of Things Concept. **Energies**, v.10, n.4, march, 2017.

WHAT IS ARDUINO?. Arduino, 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction/>>. Acesso em: 17, mar de 2021.

ZOOM, 2020. Disponível em: <<https://www.zoom.com.br/search?q=smart%20lock>>. Acesso em: 10, nov de 2020.