

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

BRENDOW PAOLILLO CASTRO ISIDORO

**AUTOMAÇÃO DE LABORATÓRIOS DE INFORMÁTICA: UMA  
ABORDAGEM TEÓRICA**

PROJETO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO  
2020

# BRENDOW PAOLILLO CASTRO ISIDORO

# **AUTOMAÇÃO DE LABORATÓRIOS DE INFORMÁTICA: UMA ABORDAGEM TEÓRICA**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 1 do Curso de Ciência da computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Paulo H. Sabo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

# CAMPO MOURÃO 2020

## **RESUMO**

Este trabalho descreve um sistema de automação para um laboratório de informática, no qual possui equipamentos como computadores, monitores, projetor, ar condicionado e sistema de luzes. O projeto é implementado em Raspberry Pi e Arduino, estes efetuam a leitura de sensores de temperatura, umidade, monóxido de carbono, luminosidade e corrente, coletando dados para serem (*i*) processados por um código realiza decisões e pode emitir sinais infravermelho, ou de controle, para os dispositivos e (*ii*) serem úteis na geração de gráficos de consumo de energia. O projeto é disposto em uma plataforma web chamada Cayenne, esta possibilita que o sistema seja controlado e monitorado de maneira remota por oferecer um serviço em nuvem que pode ser acessado via navegador ou aplicativo. O sistema tem como objetivo aumentar o conforto, eficiência e segurança no uso do laboratório.

**Palavras-chave:** IoT; Raspberry Pi; Arduino; Automação de laboratório.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Raspberry Pi 3 modelo B . . . . .	12
Figura 2 – Arduino Uno . . . . .	12
Figura 3 – Módulo Relé . . . . .	14
Figura 4 – Funcionamento do relé . . . . .	14
Figura 5 – Circuito com relé . . . . .	15
Figura 6 – Emissor infravermelho . . . . .	16
Figura 7 – Sensor de temperatura e umidade DHT11 . . . . .	16
Figura 8 – Sensor de luminosidade . . . . .	17
Figura 9 – Sensor de corrente . . . . .	18
Figura 10 – Sensor de monóxido de carbono . . . . .	19
Figura 11 – Exemplo de visualização Web e Mobile . . . . .	20
Figura 12 – Fluxograma de execução . . . . .	22
Figura 13 – Projeção estimada do laboratório . . . . .	24
Figura 14 – Protótipo do sistema . . . . .	26
Figura 15 – Gráficos de corrente . . . . .	27
Figura 16 – Gráficos de consumo . . . . .	28
Figura 17 – Gerenciamento do Raspberry Pi . . . . .	28
Figura 18 – Gerenciamento personalizado . . . . .	29
Figura 19 – Gerenciamento de placas separadas . . . . .	30

## LISTA DE SÍMBOLOS

ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
API	Interface de programação de aplicações
CI	Circuito integrado
HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>
IFTTT	<i>If this then that</i>
IoT	<i>Internet Of Things</i>
IR	<i>Infrared</i> (infravermelho)
LAN	Rede de área local
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LoRa	<i>Long Range</i>
MQTT	<i>MQ Telemetry Transport</i>
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
PLC	Controlador lógico programável <i>Programmable Logic Controller</i>
PIR	Infravermelho passivo
PWM	Modulação por largura de pulso
RAM	Memória de acesso aleatório
RFID	Identificação por radiofrequência
SMS	<i>Short Message Service</i>
TCC	Trabalho de conclusão de curso
TCP/IP	Protocolo de Controle de Transmissão/ Protocolo de Internet
USB	Porta serial universal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1	Objetivo geral	3
2.2	Objetivos específicos	3
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>5</b>
4.1	Trabalhos que utilizam Arduino	5
4.2	Trabalhos que utilizam Raspberry Pi	6
4.3	Trabalhos que utilizam outros controladores	8
4.4	Agentes inteligentes	9
<b>5</b>	<b>MATERIAIS</b>	<b>10</b>
5.1	Componentes Principais	10
5.1.1	Controladores	11
5.1.2	Atuadores	13
5.1.3	Sensores	15
5.1.4	Plataforma	18
<b>6</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>21</b>
6.1	Funcionamento do sistema	21
6.2	Descrição da distribuição dos componentes	22
6.2.1	Observações iniciais	22
6.2.2	Distribuição dos componentes	23
<b>7</b>	<b>RESULTADOS PRELIMINARES</b>	<b>25</b>
7.1	Definição dos testes	25
7.1.1	Teste de prototipação	25
7.1.2	Teste de Plataforma	25
7.2	Resultados dos testes	26
7.2.1	Testes de prototipação	26
7.2.2	Testes de plataforma	27
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>33</b>



## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Oracle Brasil (2020) "A Internet das Coisas (IoT) descreve a rede de objetos físicos—"coisas"—que são incorporados a sensores, software e outras tecnologias com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos. e sistemas pela internet. Esses dispositivos variam de objetos domésticos comuns a ferramentas industriais sofisticadas."

O IoT tem ganhado destaque no cenário atual das telecomunicações modernas sem fio, como descreve a pesquisa de Atzori, Iera e Morabito (2010). O autor define que o conceito é conectar coisas e objetos que nos rodeiam, (como *tags* RFID, sensores, atuadores, celulares, TV, entre outros) estabelecendo a comunicação entre eles e assim criando a possibilidade trabalhem em conjunto para atingirem algum objetivo em comum. Ele também diz que o conceito do IoT é fortemente utilizado para melhorar o comportamento e aspectos do dia-a-dia dos usuários.

Toschi, Campos e Cugnasca (2017) aponta que os primeiros trabalhos começaram na década de 90, no qual foi seguido de um período de desilusão em que se diminuíram a quantidade de estudos dentro dessa área do IoT. Os números voltaram a crescer em 2012 com o surgimento novas tecnologias que consolidaram o mercado.

Vujović e Maksimović (2015) demonstra que com a ascensão do IoT, os sistemas de automação de casas tem sido um dos ramos altamente estudado dentro deste conceito, justamente por melhorar aspectos diários da vida dos usuários. O autor descreve que as populações da Europa e dos Estados Unidos têm consumido cada vez mais sistemas de automação disponíveis no mercado. Havendo apenas 1.06 milhões de sistemas em uso em 2012 contra 17.4 milhões em 2017, no continente europeu. Os sistemas assemelham-se terem como objetivos melhorar o conforto, segurança e redução com gasto de energia, realizando operações básicas como controlar e monitorar dispositivos conectados aos sistemas de maneira remota. As implementações são variadas nos quesitos de tecnologias, instalação e usabilidade, podendo ser utilizado em um meio residencial, industrial ou institucional.

A busca de Vujović e Maksimović (2015) foca em sistemas baseados em Raspberry Pi como um sensor Web para automação de casas, esses projetos são capazes de implementar alarmes, visualização de dados lidos pelo sensor de temperatura e sistema de vigilância com Webcam, além de capacitar a geração de gráficos e o processamento de dados para a criação de regras simples ou complexas no qual estabelecem modelos de decisão ou até inteligência artificial. O autor também define três categorias de sistemas automatizados.

- Controle individual de dispositivos, como controle automático do termostato de um ar condicionado, controle de luzes automatizado e temporizadores;
- Sistema de controle distribuído, este possibilita dispositivos individuais possam se comunicar para a realização de uma tarefa, mas sem possuir um controle centralizado;
- Sistema de controles centralizado, realiza a comunicação entre os controladores e sensores por meio de um computador central sendo capaz de atuar de maneira mais complexa ou de

modo "*Smart*".

As dificuldades encontradas nas pesquisas descrevem a não unificação do mercado, não havendo um padrão estabelecido para a implementação desses sistemas de automação, criando uma dependência dos fornecedores específicos de um determinado produto. Para isso o autor sugere criar uma ponte entre as tecnologias antigas e mais recentes, permitindo a expansão de funcionalidades. Também é recomendado pelo autor criar um protocolo padronizado para os dispositivos a serem conectados. Outra ideia citada é a de separar a arquitetura em duas camadas, uma que integra o subsistema de automação gerando uma interface de controle, e a outra camada realiza a comunicação entre o controlador e os dispositivos.

Em um ambiente residencial, supondo uma sala de estar, podemos verificar algumas variáveis do ambiente, como quantidade de luz, temperatura e dispositivos ligados à energia elétrica. Afim de otimizar e facilitar a experiência do usuário com o sistema e ambiente, melhorando também o conforto e eficiência no uso dos equipamentos, podemos automatizar algumas decisões de estados dos dispositivos realizando o processamento dessas variáveis por meio de um código computacional. Já em um laboratório de informática podemos perceber algumas variáveis nas quais não estão sendo processadas e são úteis para facilitar o gerenciamento do laboratório de maneira automatizada ou manual, essas variáveis são: os horários de funcionamento, a presença dos alunos, temperatura, luminosidade e qualidade do ar.

O trabalho desenvolvido nesta monografia visa descrever um projeto de automação de um laboratório de informática no qual disponibiliza o controle centralizado dos equipamentos de forma remota, focando em utilizar protocolos padronizados para a troca de dados e possuir uma arquitetura dividida em duas camadas, (*i*) uma que atua na comunicação com o servidor em nuvem e (*ii*) outra na qual se conecta com sensores, atuadores que interagem com o usuário e sistema.

Este trabalho é dividido como se segue. O Capítulo 1 introduz este trabalho. No Capítulo 2 são descritos os objetivos. O Capítulo 3 apresenta as justificativas para a elaboração deste trabalho. No Capítulo 4 são apresentados os trabalhos relacionados que ajudaram no embasamento deste trabalho. O Capítulo 5 apresenta os materiais que são propostos para o desenvolvimento deste trabalho. No Capítulo 6 é exposto o método proposto para o desenvolvimento deste trabalho, apresentando o conceito teórico. No Capítulo 7 são apresentados resultados de prototipação e testes iniciais. Por fim o Capítulo 8 conclui este trabalho e o Capítulo 9 apresenta o cronograma proposto para a sequência deste.

## 2 OBJETIVOS

Este Capítulo trata dos objetivos a serem desenvolvidos neste trabalho, buscando facilitar a compreensão do projeto a ser descrito nos capítulos seguintes.

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é a implementação de um sistema automatizado para um laboratório de informática, capaz de gerenciar os dispositivos do laboratório, sendo eles: projetor, ar condicionado, computadores, monitores, ventiladores e luzes.

Busca-se ampliar a comodidade e o praticidade para o usuário, agrupando os controles dos dispositivos em uma interface conjunta.

### 2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho consistem em uma série de soluções para os usuários do laboratório, professores e alunos, visando garantir maior comodidade, praticidade e eficiência no uso da sala.

- Desenvolver o projeto integrando as tecnologias do Raspberry Pi com as do Arduino.
- Implementar um algoritmo que processe os dados coletados do ambiente, tomando decisões sob os estados dos equipamentos, como: decidir manter o ar em uma temperatura mais baixa ou não, verificando a temperatura geral da sala, ligar ou desligar todos os equipamentos.
- Dispor sensores de luminosidade, temperatura, umidade, monóxido de carbono em diferentes posições do laboratório, afim de aumentar a precisão do sistema.
- Construir um modelo para a automação de laboratórios de informática.
- Ser de baixo custo, utilizando materiais que são de fácil aquisição e podem ser utilizados para múltiplas funções. Facilitando a implementação e manutenção do sistema.
- Ler dados coletados de um amperímetro afim de gerar gráficos de consumo de energia e de corrente.
- Dispor o sistema em uma plataforma web que pode ser acessada remotamente via navegador ou *smartphone*;

### 3 JUSTIFICATIVA

Após apresentar os objetivos do trabalho a ser desenvolvido, devemos entender os motivos e justificativa para a realização deste projeto.

A implementação do sistema automatizado foca em realizar soluções na utilização dos equipamentos do laboratório, diminuindo a perda de monitores, fontes, luzes, entre outros, nos quais constantemente permanecem ligados durante dezenas de horas nos períodos ausência de aulas, como na madrugada, finais de semanas, feriados, e outros eventos, e acabam sendo danificados por sofrerem alterações de energia na rede elétrica.

O sistema visa realizar o controle de climatização de maneira automatizada, pois entre os intervalos de troca de aulas ao se desligar o ar condicionado, aumenta-se a temperatura da sala e assim que o professor seguinte religar o dispositivo será necessário que o equipamento precise gastar tempo para voltar à temperatura em que foi desligado. O controle automatizado do ar condicionado pode realizar essa tarefa e detectar quando o equipamento deve ser realmente desligado, mantendo a sala com uma temperatura ambiente geral mais amena e tendendo a reduzir o gasto elétrico por estar utilizando o equipamento de maneira mais eficiente. Como demonstrado na pesquisa de Motlagh et al. (2020) um sistema de automação que identifica se a sala está desocupada e desliga o ar condicionado, garante uma redução de gasto de energia de 19,8%.

Dada a justificativa do porquê se deseja implementar tal sistema no laboratório, parte-se para os trabalhos relacionados, afim de realizar uma análise sobre os componentes utilizados e funções descritas, facilitando a discussão e definição do sistema.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda pesquisas sobre trabalhos semelhantes, assim servindo como material de apoio para a realização da implementação do sistema. Também é descrito de maneira breve algumas funções do projeto proposto, salientando as diferenças entre os sistemas pesquisados e questões relevantes.

No presente trabalho, como já dito em capítulos anteriores, descreve-se um projeto de gerenciamento automatizado para um laboratório de informática, no qual se enquadra dentro do conceito de IoT descrito por Atzori, Iera e Morabito (2010), realizando a conexão entre dispositivos do laboratório e a Internet, assim possibilitando o gerenciamento e controle dos equipamentos, de maneira presencial, remota, manual ou automática.

A fim de facilitar a implementação, é proposto utilizar um Raspberry Pi atuando como uma ponte e núcleo dos Arduinos, estes nos quais realizam a comunicação entre os atuadores, sensores e dispositivos. O trabalho tem como objetivo possibilitar a coleta e o controle de múltiplas variáveis como temperatura da sala, dispositivos ligados, quantidade de iluminação, assim simplificando o controle e monitoramento delas, realizando a visualização por meio de uma interface gráfica disposta em uma plataforma online. Os dados coletados podem ser processados por um código e serem utilizados para realizar decisões de controle dos equipamentos da maneira que melhor convém aos usuários.

A busca por trabalhos relacionados proporciona uma base de apoio para a formulação de funções que o sistema pode realizar. Simplificadamente, os trabalhos relacionados a serem analisados a seguir controlam dispositivos como: Câmeras de segurança, ar condicionado, projetor, sistemas de luzes, alimentação de tomadas, ventiladores, painéis solares, entre outros.

Tendo o conhecimento prévio e sucinto do modelo de projeto a ser desenvolvido nos capítulos posteriores, podemos estabelecer um paralelo entre o nosso sistema e os resultados encontrados em trabalhos semelhantes.

### 4.1 Trabalhos que utilizam Arduino

O trabalho de Oliveira Valentim e Munaro (2014) integra as tecnologias de Arduino, módulos de rádio NRF24L01 e Bluetooth, para descrever a implementação de um sistema de automação de residencial, no qual seja de baixo custo, confiável e de fácil instalação. A implementação utiliza uma topologia de rede em árvore, no qual define cada nó como um cômodo da casa. O núcleo do sistema é controlado por Arduino Mega 2560, no qual realiza a comunicação entre os nós (Arduino Uno) por módulos de rádio NRF24L01, havendo a troca de pacotes de dados pelo protocolo Enhanced ShockBurst™. A interface de comunicação humana utiliza uma aplicação Android que possibilita que o usuário controle a intensidade de luz, temperatura, abrir/fechar portas e reproduzir música, realizando a comunicação entre celular

e nós por meio dos protocolos de Bluetooth e TCP/IP.

O trabalho de Oliveira Valentim e Munaro (2014) descreve uma particularidade, a de que comunicação dos módulos NFR24L01 com distância máxima de até 10m, precisa de no mínimo 100ms de intervalos de transmissão para que 95% dos pacotes sejam recebidos com sucesso. Já para a distância mínima, é necessário apenas 10ms. Outro ponto a ser questionado é que ao se implementar apenas em Arduino, gerou-se uma complexidade em administrar o protocolo de transmissão e latência dos pacotes de dados, sendo que com um Raspberry Pi 3 seria possível de aplicar ferramentas e plataformas prontas para realizar a administração, conexão do sistema e controle de dados.

O artigo de Kumar e Lee (2014) é semelhante ao trabalho de Oliveira Valentim e Munaro (2014), no qual deseja-se estabelecer um design flexível e de baixo custo, utilizando um Arduino Mega 2560 em conjunto de um módulo de Ethernet, como controlador mestre, realizando a comunicação entre o usuário e o sistema.

O objetivo do trabalho de Kumar e Lee (2014) é maior do que criar uma interface de controle de interruptores, temperatura e umidade, foca-se em emitir alertas por notificações ou mensagens para o usuário, sejam SMS ou e-mail, também auxilia na segurança e vigilância de um ambiente residencial, gerenciando as travas das portas e portões, detecção de incêndio e intrusão. O sistema pode ser controlado por comandos de voz utilizando o reconhecedor de Fala do Google. O texto descreve a comunicação de dados entre o controlador e a interface web estabelecendo um pacote personalizado, no qual possui campos de senha, dispositivo e ação, mas não é especificado se o pacote é modificado para ser transmitido via Ethernet e Bluetooth e se estes pacotes são criptografados para evitar problemas de segurança.

As pesquisas em torno de sistemas que são capazes de realizar alguma tarefa automatizada aumentaram conforme facilidade de instalação, disposição e custo das tecnologias disponíveis no mercado tem melhorado. Sendo assim as aplicações são variadas e de áreas distintas, mas com o objetivo comum entre elas, de realizar tarefas consideradas repetitivas e simples para nós, os seres humanos.

## 4.2 Trabalhos que utilizam Raspberry Pi

Ao pesquisar trabalhos de IoT em automação residencial, percebe-se que a maioria dos projetos foram descritos a partir do ano de 2010, porém com lançamento do Raspberry Pi em 2012, algumas tarefas e funções se tornaram mais simples de implementar e utilizar.

O trabalho de Arkade et al. (2017) descreve um projeto de IoT para o controlar a iluminação urbana, com o foco de economizar energia pública, melhorar a conectividade entre os postes e estabelecer um padrão de design para as empreiteiras gerenciarem o temporizador de maneira eficiente e resolver o problema de leituras incorretas do sistema de iluminação atualmente utilizado. O projeto utiliza um Raspberry Pi para prover uma interface homem-computador e possibilitar o uso do sistema em áreas distantes da cidade, que não possuem sinal ADSL ou 3g, por meio de roteadores e modem WiMAX. Ele utiliza um controlador ZigBee, no

qual estabelece o sinal de rádio em que os pedestres e carros possam se comunicar por meio de smartphones e redes veiculares Ad-Hoc (VANET), sendo capaz de definir quais luzes que precisam estar em funcionamento em relação à posição do usuário.

O trabalho de Arkade et al. (2017) abre espaço para questões sobre a segurança utilizada para realizar troca de pacotes entre o usuário e o ZigBee, não há relato se a segurança foi um critério considerado durante ou desenvolvimento ou não. Outra questão é de quanto é necessário para se implementar esse sistema, por mais que tenha um custo reduzido pela utilização de componentes mais baratos, ainda assim há uma necessidade de se construir uma estrutura para proteger contra chuva, calor e outras situações que possam acarretar na perda ou mal funcionamento do sistema, devendo haver uma análise sobre os gastos envolvidos.

Outro trabalho que aborda o sistema de iluminação urbana é o de Kokilavani e Malathi (2017), no qual busca reduzir os gastos públicos de energia gerenciando o funcionamento dos postes, ligando as luzes apenas quando for detectado um movimento de um objeto ou veículo. O sistema utiliza uma Raspberry Pi como controlador principal, tomando decisões de ligar e desligar as luzes. A detecção de um objeto ou veículo é realizada por meio de um emissor e um receptor infravermelho (IR), caso haja um obstáculo no trajeto em que a luz IR é emitida, ela será refletida para o receptor, ativando o sistema de luzes. Percebe-se que esse trabalho o seu objetivo de maneira simples, utilizando princípio físico para realizar a detecção de um objeto, evitando conexões desnecessárias e mantendo a segurança do projeto por não haver nenhuma troca de pacote entre os usuários e controladores. Porém ao se utilizar um Raspberry Pi apenas como um controlador de sensores e atuadores acaba-se encarecendo o projeto, pois essa tarefa pode ser realizada por um Arduino Nano que possui um preço mais baixo. Porém há a vantagem de se incrementar novas funções, utilizar sistemas *open-source* e realizar manutenções.

Um dos trabalhos mais semelhantes ao que será detalhado nesta monografia, é o trabalho de Kumar e Pati (2016), no qual descreve um sistema de monitoramento e controle residencial baseado em IoT. O foco do trabalho é entregar um sistema barato e flexível para qualquer casa ou sala. O sistema estabelece uma interface Web interativa para o usuário e um fornece um portefólio eletrônico, administrado por um Raspberry Pi. O Arduino controla os atuadores e sensores instalados nos cômodos. O sistema também possui uma tela *touchscreen* que provê uma interface gráfica para ser instalada em algum cômodo.

O nosso projeto tem algumas características diferentes em relação ao trabalho de Kumar e Pati (2016), mas apenas em quesitos de sensores e atuadores, por se comunicar com outros tipos de dispositivos.

Outro trabalho que se percebe uma semelhança ao proposto aqui, é o de Pavithra e Balakrishnan (2015), no qual sugere um sistema baseado em IoT, com um alto custo-benefício, sendo capaz de gerar conforto e segurança ao usuário, além de ser um sistema de automação residencial *open-source*. O artigo descreve um sistema que utiliza um Raspberry Pi, no qual gerencia sensores infravermelhos e sensores de movimento PIR, realizando a tarefa de controlar luzes e ventiladores, além de contar com um sistema de segurança contra incêndios, que caso seja

detectado fogo, captura uma imagem e a envia para o celular do usuário. Sendo uma implementação mais simples para realizar tarefas automatizadas, o sistema também pode ser controlado manualmente por meio de uma interface Web.

#### 4.3 Trabalhos que utilizam outros controladores

Em Vibhuti e Shimi (2018) descreve-se a implementação de uma sala de aula inteligente com WAGO<sup>1</sup> PLC, realizando o controle de dispositivos como luzes, ventiladores, ar-condicionado e projetor. Além de adquirir energia por meio de um painel solar, sendo uma fonte sustentável e renovável para economizar nos gastos. Por se tratar de um controlador lógico programável, o WAGO realiza verificações mais simples para tomar as decisões de controle dos dispositivos, utilizando sensores de presença PIR para definir o estado das luzes. O controle remoto é provido pelo WAGO WebVisu, possibilitando o monitoramento da sala e o controle manual dos dispositivos. O sistema funciona de maneira segura e eficiente, porém a maior dificuldade desse trabalho é possuir um WAGO PLC, no Brasil apenas empresas especializadas realizam serviço de instalação do sistema, não vendendo apenas o controlador.

O trabalho de Vishwakarma et al. (2019) define um sistema que utiliza um Adafruit<sup>2</sup>, no qual realiza a comunicação entre o usuário por meio de uma aplicação Web com assistente de voz da Google. A tomada de decisões é feita por interface baseada em Web do IFTTT ("If This Then That"). E para realizar a leitura e ações nos dispositivos, utiliza-se um NodeMcu (ESP8266), sendo o controlador principal da casa. Com uma metodologia semelhante ao que é utilizada neste trabalho de conclusão de curso, o projeto busca abstrair funções mais complexas de decisões e estabelece a comunicação utilizando soluções de terceiros, evitando a reimplementação dessas ferramentas e atingindo os mesmos objetivos.

Como demonstrado em Gill et al. (2009), os projetos de automação residencial são estudados desde antes do surgimento do Raspberry Pi. O trabalho define um sistema de controle de residências baseado em ZigBee de baixo custo, flexível e *Stand alone*, ou seja, sem a necessidade de adicionar outros controladores. O projeto descreve funções de controle dos dispositivos de maneira remota, podendo-se coordenar luzes, sistema de aquecimento, sensores de fumaça, ventiladores, televisão, entre outros. Podemos destacar o ponto que o sistema possui um grau de complexidade maior que o proposto neste TCC. Por se realizar o controle com placa ZigBee, é necessário estabelecer a conexão remota e validar os dados recebidos para garantir a segurança do uso, sendo a base da comunicação entre os dispositivos da casa. Para uma atualização dos componentes deste trabalho, o ponto de controle dos dados remotos poderia ser substituído por um Raspberry Pi, no qual possibilita o uso de ferramentas já prontas que realizam a troca de dados entre a interface Web e o servidor com autenticação e criptografia.

---

<sup>1</sup><https://www.wago.com/br/>

<sup>2</sup><https://www.adafruit.com/>

#### 4.4 Agentes inteligentes

Outro segmento da pesquisa desta monografia inclui a busca de exemplos que definem um agente automático para realizar o controle dos dispositivos. O trabalho de Cook et al. (2003) demonstra que a busca por agentes inteligentes surge antes do Raspberry Pi e conceito de IoT, definindo o MavHome (*Managing An Intelligent Versatile Home*), no qual tem como objetivo maximizar o conforto e produtividade dos habitantes da casa e reduzir o custo das operações. Por se tratar da descrição do algoritmo de um agente, o trabalho não especifica o tipo de comunicação utilizada para realizar a leitura de sensores e a interação com os dispositivos, sendo assim ele define o programa em quatro camadas hierárquicas: (i) A Física, realizando a comunicação entre os hardwares e dispositivos; (ii) A de Comunicação, que facilita a comunicação dos dados entre os agentes; (iii) A de Informação, no qual trata os dados para a camada acima; (iv) A de Decisão, seleciona a função a ser executada pelo agente, baseada nas informações fornecidas pela camada inferior. Assim o algoritmo pode prever ações dos usuários, por guardar e interpretar os dados.

Assim, após realizar a pesquisa e análise sobre os trabalhos relacionados, capacita-se uma visão crítica deste documento e o projeto a ser descrito, servindo de base para a formulação das tecnologias a serem utilizadas e funções a serem implementadas.

## 5 MATERIAIS

Este capítulo descreve os componentes que são utilizados para a concepção do sistema proposto nesta monografia, servindo de base de conhecimento para a metodologia que será apresentada posteriormente.

Os materiais que serão apresentados a seguir compõem o sistema desenvolvido nesta monografia, eles sustentam os pontos de que os componentes são essenciais para a implementação do sistema e indispensáveis para atingirmos os objetivos citados anteriormente. Os trechos a seguir demonstram a dependência de sensores e atuadores para termos o funcionamento de um sistema de IoT:

"A Automação Residencial trata da integração de serviços e tecnologias, que tem por finalidade tornar uma residência automatizada e obter aumento em relação a segurança, conforto e praticidade."(ACCARDI; DODONOV, 2012).

"A automação residencial é um ramo da automação predial especializada no controle de operações no âmbito doméstico. Ela se utiliza de sistemas de controle para gerenciar equipamentos eletroeletrônicos e eletromecânicos reduzindo a necessidade de intervenção humana. Em geral, coletam-se informações sobre o ambiente por meio de sensores, analisam-se seus parâmetros e tomam-se decisões segundo um programa específico. Essas decisões podem disparar ações que, por sua vez, podem alterar o estado de atuadores que modificarão o ambiente."(BOLZANI, 2010, p. 31).

### 5.1 Componentes Principais

Ao se desenvolver um sistema de automação é necessário verificar o contexto que ele se encontra, definindo o ambiente em que será instalado (como numa sala, quarto, banheiro, laboratório), selecionando os componentes que farão parte do projeto (sensores, atuadores, controladores, dispositivos a serem controlados) e estabelecendo funções que definem como esses componentes irão interagir com o ambiente e o usuário. Esse contexto pode ser verificado nos capítulos anteriores, no qual definem o escopo do projeto.

Sendo assim, neste capítulo será apresentado os itens que compõe o nosso projeto, dividindo o sistema nas seguintes categorias de elementos: controladores, sensores, atuadores e plataforma de monitoramento.

Os controladores efetuam a leitura dos sensores e respondem por meio de atuadores, sendo assim podemos fazer o monitoramento de vários dispositivos e realizar decisões dos estados dos dispositivos por meio de um algoritmo no qual envia uma resposta de ação por meio de um atuador.

Os sensores são conectados ao controlador para realizar a leitura de um dado que desejamos coletar, possibilitando a captura de dados como: temperatura, luminosidade do ambiente, umidade, corrente elétrica, etc.

Os atuadores funcionam como meio de resposta dos controladores, sendo dispositivos eletromecânicos ou eletrônicos, esses componentes podem enviar sinais de rádio, fazer o ligamento e desligamento de equipamentos eletrônicos, emitir sinais infravermelho, movimentar um motor, etc.

A plataforma de monitoramento serve como uma interface de interação do usuário, podendo verificar a leitura de dados, o estado do sistema e realizar ações básicas (ligamento e desligamento de um dispositivo) ou personalizadas (enviar um comando de diminuição de temperatura do ar condicionado). No caso a interface leva o nome de plataforma, por se tratar de uma solução de terceiros que é hospedado em servidores externos ao do sistema desenvolvido neste trabalho, essa plataforma fornece funções para facilitar, inicialmente, a complexidade do código a ser gerado e testado, removendo a necessidade de implementarmos um servidor Web para a visualização dos dados.

### 5.1.1 Controladores

- Raspberry Pi 3 modelo B

De acordo com a Raspberry Pi Foundation (2020) e a Wikipédia (2020a) o Raspberry Pi (Figura 1) é um computador de placa única no qual possibilita o uso de vários outros componentes eletrônicos associados, além de já possuir suporte para entradas e saídas padronizadas (por exemplo monitores HDMI, dispositivos USB, Ethernet e Wi-Fi) e provê um sistema operacional baseado em software livre.

Este modelo possibilita a utilização de um sistema operacional derivado da distribuição Linux Debian, assim sendo possível a execução de códigos de diferentes linguagens o que viabiliza o desenvolvimento de um agente automático, no qual executa um algoritmo que recebe dados coletados de sensores e outros microprocessadores, por exemplo o Arduino, e atua como ponte ao enviar comandos de ações para os atuadores conectados ao Arduino. Além da Raspberry Pi ser capaz executar códigos da API da plataforma Cayenne, o que facilita o envio de informações para a nuvem. Detalhes sobre o Arduino e a plataforma Cayenne serão tratados em Seções posteriores.

O Raspberry Pi 3 modelo B possui como especificações (Raspberry Pi Foundation, 2020):

- Processador *Quad Core* 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit;
- 1GB de memória RAM;
- BCM43438 wireless LAN e *Bluetooth Low Energy* (BLE) acoplado;
- 2 portas com 4 USB;
- *Full size* HDMI;

Atualmente o Raspberry Pi é encontrado pelo valor aproximado de R\$409,90 no FilipeFlop - Raspberry Pi 3 (2020), não sendo exatamente de baixo custo, mas se levarmos em consideração que ela capacita a execução de códigos como um computador convencional, esse componente acaba sendo mais vantajoso e barato do que adquirir uma máquina dedicada para isso, sem contar que se torna mais prático pelo fato de ser menor que



Figura 1 – Raspberry Pi 3 modelo B

Fonte: Raspberry Pi Foundation (2020)

qualquer *desktop* ou *notebook* convencional.

A escolha do componente é dada pela disponibilidade do Raspberry Pi dentro do Departamento Acadêmico de Ciência da Computação, a placa também possibilita a execução de códigos em Python<sup>31</sup>, no qual facilita a implementação do sistema.

- **Arduino Uno**

O Arduino Uno, observado na Figura 2, é descrito pela Arduino Store (2020) como uma placa microcontroladora que contém um microcontrolador ATmega328P, que pode ser utilizada para se implementar a comunicação entre sensores e atuadores do sistema. O Arduino também possui uma interface de programação própria que possibilita o uso de funções baseadas em C e C++ para o desenvolvimento.

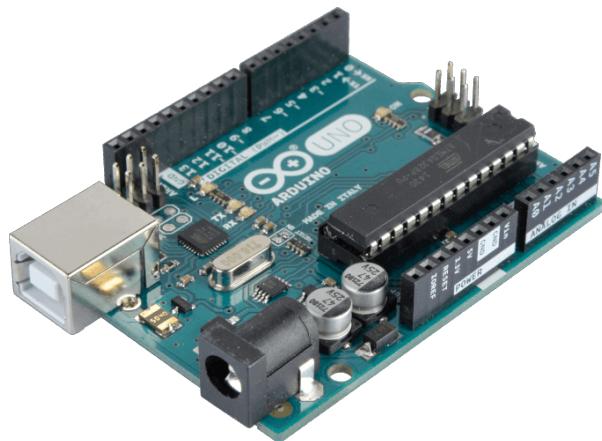


Figura 2 – Arduino Uno

Fonte: Arduino (2020)

O Arduino Uno possui como especificações (Arduino Store, 2020):

<sup>1</sup><https://www.python.org/>

- ATmega328P de 16MHz;
- 32KB de memória *Flash*;
- 14 pinos de I/O digitais;
- 6 pinos de I/O digitais com PWM;
- 6 pinos I/O analógicos;

O Arduino atua como o controlador eletrônico principal, no qual efetua a coleta de dados interpretando sinais lido de sensores digitais e analógicos conectados a ele. O Arduino também comanda os atuadores do sistema, como emissores de infravermelho e relés. A vantagem é dada na implementação do código necessário para utilizarmos os componentes, pois o Arduino, no nosso projeto, realiza apenas as tarefas sobre os sensores/atuadores e troca dados com o Raspberry Pi, assim separando (*i*) o controle dos componentes (*ii*) do gerenciamento e comunicação do sistema, trazendo menor complexidade de código e facilidade na manutenção.

O Arduino Uno é faz uso do microcontrolador ATmega328p, um microcontrolador popular e repleto de conteúdos dispostos na Internet, como bibliotecas externas, documentação de utilização de componentes, vídeos demonstrativos, entre outros. Esses conteúdos auxiliam no desenvolvimento deste projeto.

O Arduino Uno possui um preço acessível, sendo aproximadamente R\$62,90 FilipeFlop - Arduino (2020). O Departamento Acadêmico de Ciência da Computação tem à disponibilidade de vários Arduinos e de modelos diferentes, assim justificando a escolha deste controlador.

### 5.1.2 Atuadores

- **Módulo relé**

O módulo relé (Figura 3) possibilita o controle automatizado da alimentação elétrica dos dispositivos, esse módulo é pronto para ser conectado ao Arduino, no qual envia sinais de controle para o relé.

De acordo com a Wikipédia (2020b) o princípio de funcionamento do relé é descrito pela Figura 4 e o texto a seguir:

O relé é constituído de uma bobina em torno, ou em contato, de um núcleo de aço ou ferrite, quando essa bobina é energizada cria-se um campo eletromagnético no qual atrai e desloca uma alavanca ou mola que mecanicamente move o contato móvel para um contato fixo do relé. Esses contatos fixos o estado que o componente se encontra, podendo ser Normalmente Aberto (NA) ou Normalmente Fechado (NF), onde o circuito NF transmite corrente elétrica caso a bobina esteja desenergizada e o NA é ativado caso ela esteja energizada.

O conceito do relé é semelhante ao de um interruptor comum, ele deve ser ligado em série em um polo da alimentação do dispositivo que deseja ser controlado (como demonstra a Figura 5), o componente é comandado pelo Arduino que define o se a bobina presente no

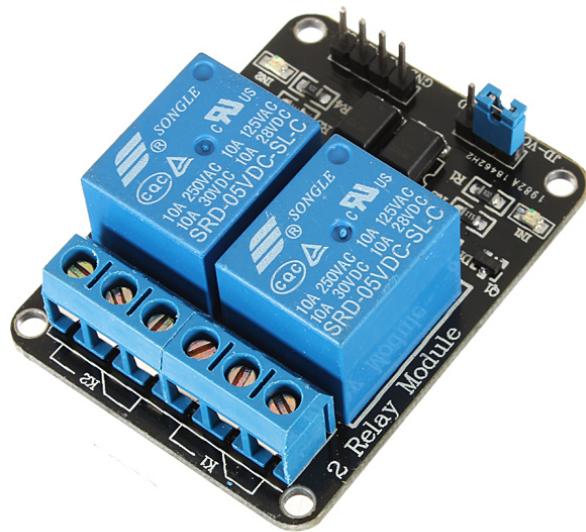


Figura 3 – Módulo Relé

Fonte: FilipeFlop - Módulo relé (2020)

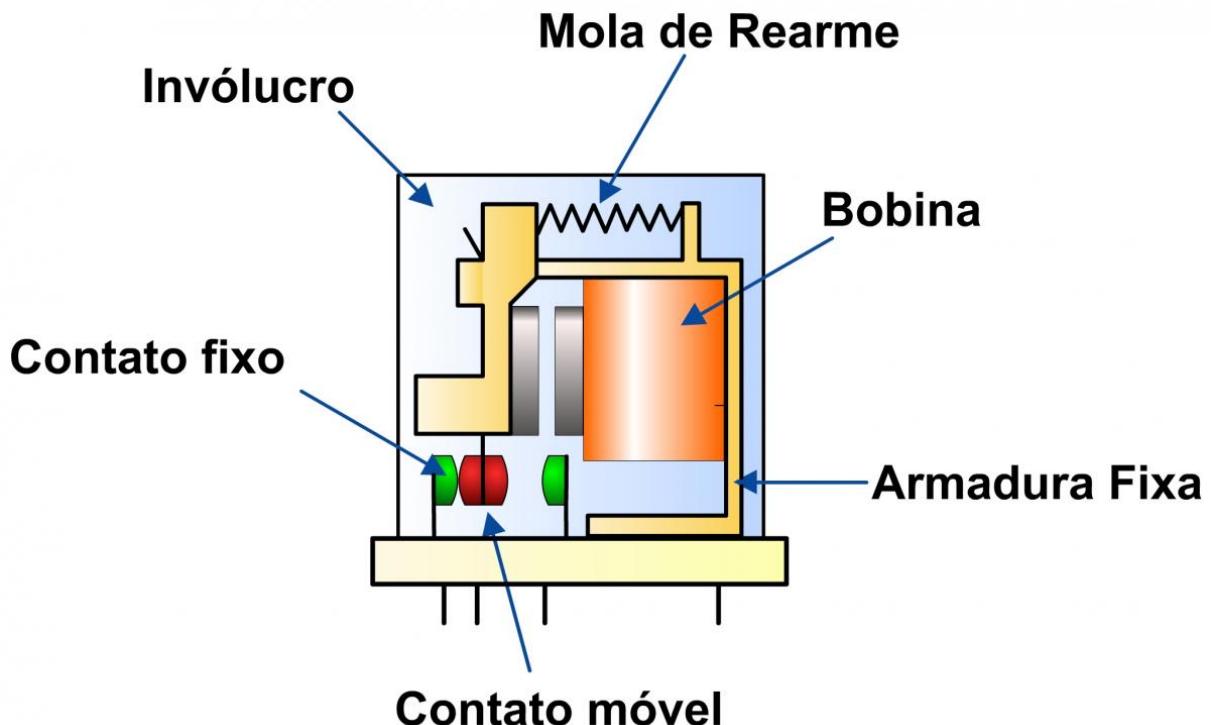


Figura 4 – Funcionamento do relé

Fonte: Electrical Elibrary (2020)

relé irá receber ou não corrente elétrica.

Este componente é considerado como básico para a implementação de sistemas de automa-

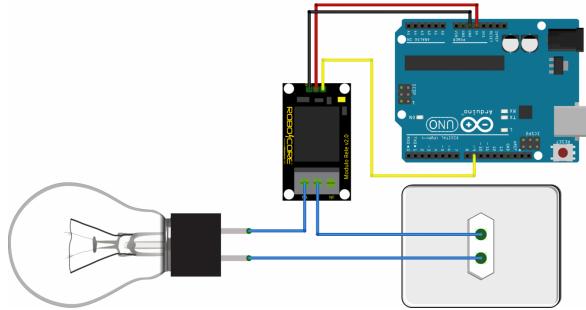


Figura 5 – Circuito com relé

Fonte: Robo Core - Módulo Relé Arduino (2020)

ção. Quando utilizado em conjunto de um Raspberry Pi e um Arduino, podemos realizar o controle automático do status dos dispositivos conectados à rede elétrica, assim então somos capazes de ligar e desligar algum circuito de maneira fácil, como um interruptor, podendo ser configurado para atuar dentro de um intervalo de tempo ou de maneira remota. O Raspberry Pi pode verificar o horário e enviar comandos para o Arduino que controla o relé.

De acordo com o FilipeFlop - Módulo relé (2020) o preço do módulo relé com dois relés é de R\$16,90. Caso seja necessário existem modelos de módulos no mercado com mais relés.

- Módulo emissor e receptor de infravermelho

De acordo a descrição dada pela Usinainfo (2020), o módulo emissor e receptor de infravermelho (Figura 6) é capaz de:

- O módulo é permite a comunicação simplificada para Arduino e Raspberry Pi, permitindo que as placas possam receber e enviar dados codificados.
- Este módulo é capaz de receptar sinais infravermelho enviados por dispositivos remotos, permitindo a comunicação com equipamentos que emitam ou recebam esses sinais, como televisores, ar condicionado, entre outros.
- O módulo atua como um codificador e decodificador de sinais infravermelhos, por possuir um circuito integrado (CI) responsável pela transmissão dos dados.

No presente projeto o módulo emissor e receptor de infravermelho serve para comandar funções do ar condicionado e projetor, removendo a necessidade de utilizar um controle específico para cada um dos dispositivos.

O preço do emissor e receptor de infravermelho é de R\$36,98 na Usinainfo (2020).

### 5.1.3 Sensores

- DHT11

O Sensor de umidade e temperatura DHT11 (Figura 7), de acordo com FilipeFlop - DHT11 (2020), é capaz de realizar leituras de temperaturas entre 0 e 50 graus Celsius e níveis de

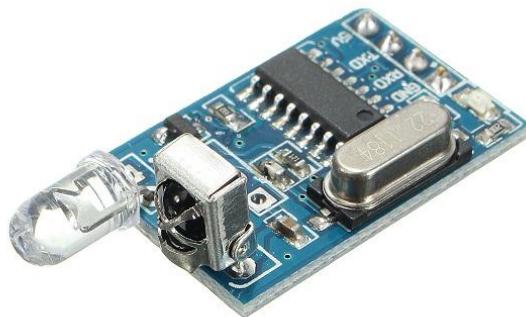


Figura 6 – Emissor infravermelho

Fonte: MicroPython Forum (2020)

umidade entre 20 a 90%.

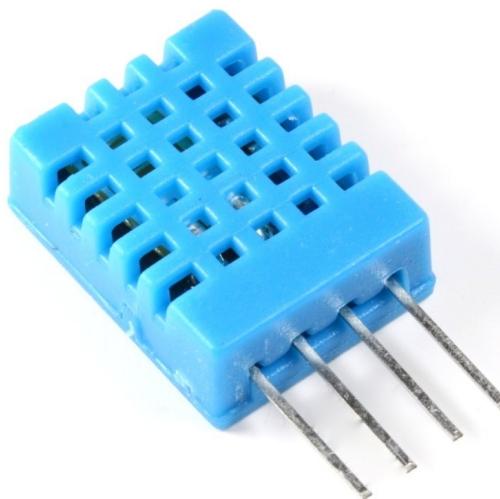


Figura 7 – Sensor de temperatura e umidade DHT11

Fonte: FilipeFlop - DHT11 (2020)

Ao se distribuir o DHT11 em diferentes localidades da sala, podemos estabelecer uma média da temperatura geral do ambiente e assim definir o estado de funcionamento do ar condicionado, realizando a tarefa de controle de maneira mais eficiente. O sinal é captado pelo Arduino e enviado ao Raspberry Pi, no qual processa os dados do ambiente e retorna

a resposta do que deve ser feito correlação aos estados dos dispositivos que controlam a temperatura.

O DHT11 custa R\$13,90 de acordo com o FilipeFlop - DHT11 (2020), sendo que já se encontra disponível para ser usado na implementação deste trabalho.

- Sensor de Luminosidade

O sensor de luminosidade (Figura 8) é descrito da seguinte forma: "O Sensor de Luminosidade LDR (*Light Dependent Resistor*) é um componente cuja resistência varia de acordo com a intensidade da luz. Quanto mais luz incidir sobre o componente, menor a resistência. Este sensor de luminosidade pode ser utilizado em projetos com Arduino e outros microcontroladores para alarmes, automação residencial, sensores de presença e etc."(FilipeFlop - LDR, 2020)

Este componente auxilia no controle de uso das luzes, evitando que elas estejam acesas caso a sala esteja bem iluminada ou caso sejam esquecidas durante os períodos de inatividade do laboratório.



Figura 8 – Sensor de luminosidade

Fonte: FilipeFlop - LDR (2020)

O LDR é um componente básico e é encontrado por aproximadamente R\$1,90 de acordo com FilipeFlop - LDR (2020) e já está disponível para o desenvolvimento do projeto.

- Sensor de Corrente Não Invasivo

O sensor de corrente não invasivo SCT-013-000 (Figura 9) é capaz de medir correntes AC de até 100A, de maneira não invasiva. Sendo muito utilizado em projetos de automação residencial que envolvam medidores de corrente elétrica, proteção de motores AC,

iluminação e dentre outros, como descrito pelo FilipeFlop - Sensor de corrente (2020). Em conjunto do Raspberry Pi, é possível gerar gráficos de utilização da corrente elétrica e consumo de energia, assim fornecendo uma análise mais aprofundada sobre os gastos do laboratório.



Figura 9 – Sensor de corrente

Fonte: FilipeFlop - Sensor de corrente (2020)

O sensor de corrente pode ser encontrado por R\$54,90 no FilipeFlop - Sensor de corrente (2020).

- Sensor de Monóxido de Carbono

O Sensor de Gás MQ-7 Monóxido de Carbono (Figura 10), como observado em FilipeFlop - Sensor de Gás (2020), é capaz de detectar o gás Monóxido de Carbono CO. A alta concentração de monóxido de carbono é tóxica para o ser humano, assim com o auxílio deste componente o Arduino e Raspberry são capazes de enviar alertas de concentração de gases e sugerir a abertura das janelas e ligamento dos ventiladores.

O sensor de monóxido de carbono pode ser encontrado por R\$24,90 no FilipeFlop - Sensor de Gás (2020).

#### 5.1.4 Plataforma

- Cayenne

De acordo com a documentação oficial (Cayenne Docs, 2020), o Cayenne (Figura 11) é uma plataforma gratuita, disposta pela empresa MyDevices<sup>2</sup>, no qual serve como um

<sup>2</sup><https://mydevices.com/>

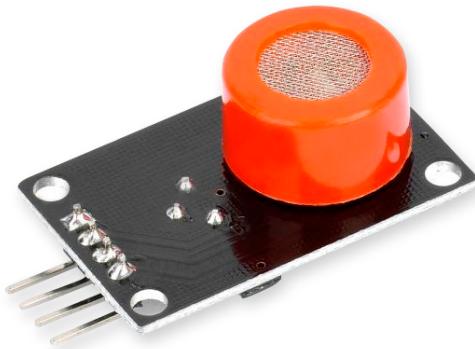


Figura 10 – Sensor de monóxido de carbono

Fonte: FilipeFlop - Sensor de Gás (2020)

construtor de projetos de IoT, onde se comunica com as principais placas controladoras do mercado e sistemas de rede LoRa.

A documentação também descreve que a plataforma do Cayenne possui uma interface mobile ou web em que se é capaz adicionar *widgets* que realizam funções como: dar o controle remoto dos hardwares ao usuário, realizar a visualização dos dados coletados, armazenar dos dados, analisar os dados, realizar agendamento tarefas e entre outras funções.

A plataforma é composta pelos seguintes componentes:

- Aplicativo do Cayenne: Possibilita adicionar e controlar os hardwares pelos os *widgets* dispostos no aplicativo.
- Painel de controle online: Possui as mesmas funções do aplicativo, porém em uma interface web que é acessada por meio de um navegador;
- A nuvem do Cayenne: Responsável por processar e armazenar os dados dos dispositivos, usuários e sensores para ser possível de implementar funções de envio de sinais;
- Agente do Cayenne: Realiza a comunicação entre os servidores, agente e hardware do sistema para fazer a implementação de funções de comandos, ação, gatilho e alerta.

O Cayenne utiliza o protocolo de mensagens MQTT, no qual define um agente (*broker*) que gere a troca das mensagens entre os dispositivos publicadores e subscritores, assim abstraindo o endereçamento dos dispositivos e reduzindo o tamanho dos cabeçalhos dos pacotes de mensagens, evitando o sobrecarregamento de informações desnecessárias para

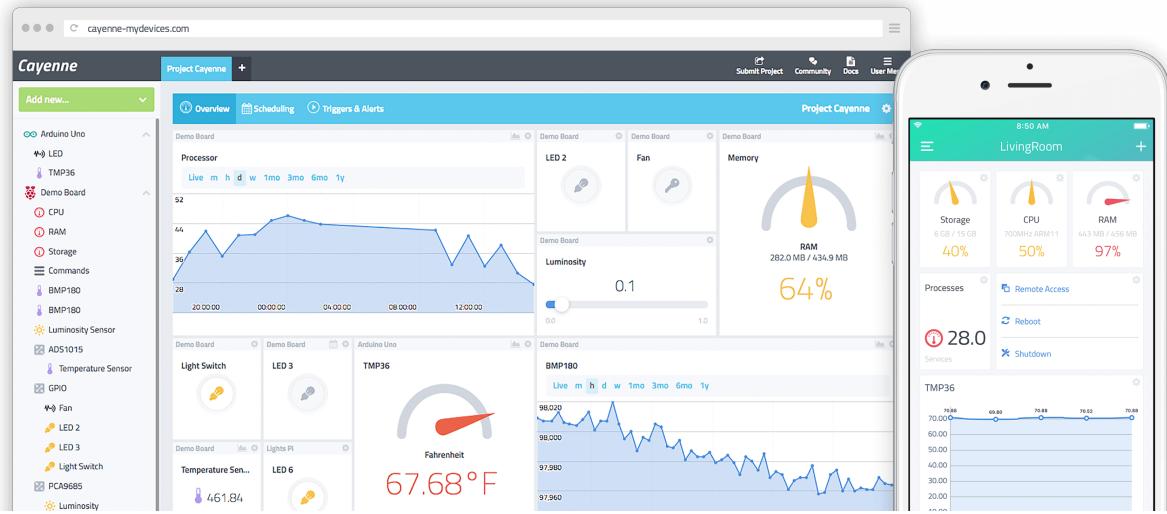


Figura 11 – Exemplo de visualização Web e Mobile

Fonte: Cayenne (2020)

se realizar o envio do dado entre o publicador e o subscritor.

Basicamente, toda vez que um evento é realizado o dado é enviado à nuvem do Cayenne e destinado ao seu hardware, servindo como um intermédio entre a troca de dados entre o usuário e sistema.

O Cayenne foi escolhido para ser usado neste projeto por evitar a implementação de um servidor web, no qual exigiria um pouco mais de tempo para ser desenvolvido. A plataforma já possui prontas as visualizações e controles para os principais componentes e dispositivos do mercado. A substituição da plataforma pode ocorrer caso exista alguma limitação ainda não observada que venha dificultar o desenvolvimento do projeto, porém a documentação do Cayenne descreve funções suficientemente necessárias para se realizar os testes e aplicação do sistema.

## 6 MÉTODO

### 6.1 Funcionamento do sistema

Após descrever os materiais utilizados na implementação deste projeto, é preciso compreender como esses materiais vão se dispor e funcionar, também é necessário projetar o sistema.

O funcionamento do projeto é demonstrado pela Figura 12.

Para a interação com o sistema, o usuário deve acessar a plataforma do Cayenne via navegador web ou aplicativo, no qual possui o painel administrativo repleto de *widgets* que realizam a visualização dos estados dos controladores (uso de CPU, temperatura, porcentagem de memória usada), dos dados coletados (leitura de sensores, dado personalizado) e também possibilitam o controle de atuadores (como modificar o estado de um botão virtual, um *trigger*, desligar o Raspberry). Essa visualização e controle de dados geram requisições criadas pelo usuário ou pelo Cayenne, no qual estão interagindo com o sistema ou simplesmente desejam atualizar as informações no *widgets*.

Uma das características do Cayenne é que a plataforma é em nuvem, possibilitando o acesso remoto de uma maneira mais fácil. Logo na representação da Figura 12, o Cayenne é demonstrado como uma entidade em nuvem, na qual estabelece uma conexão direta com o Raspberry Pi (é possível fazer o mesmo com o Arduino) por meio de uma API disponibilizada pela empresa MyDevices, sendo necessário apenas manter o Raspberry Pi conectado à Internet (via cabo ou Wi-Fi) para que possamos usar a plataforma.

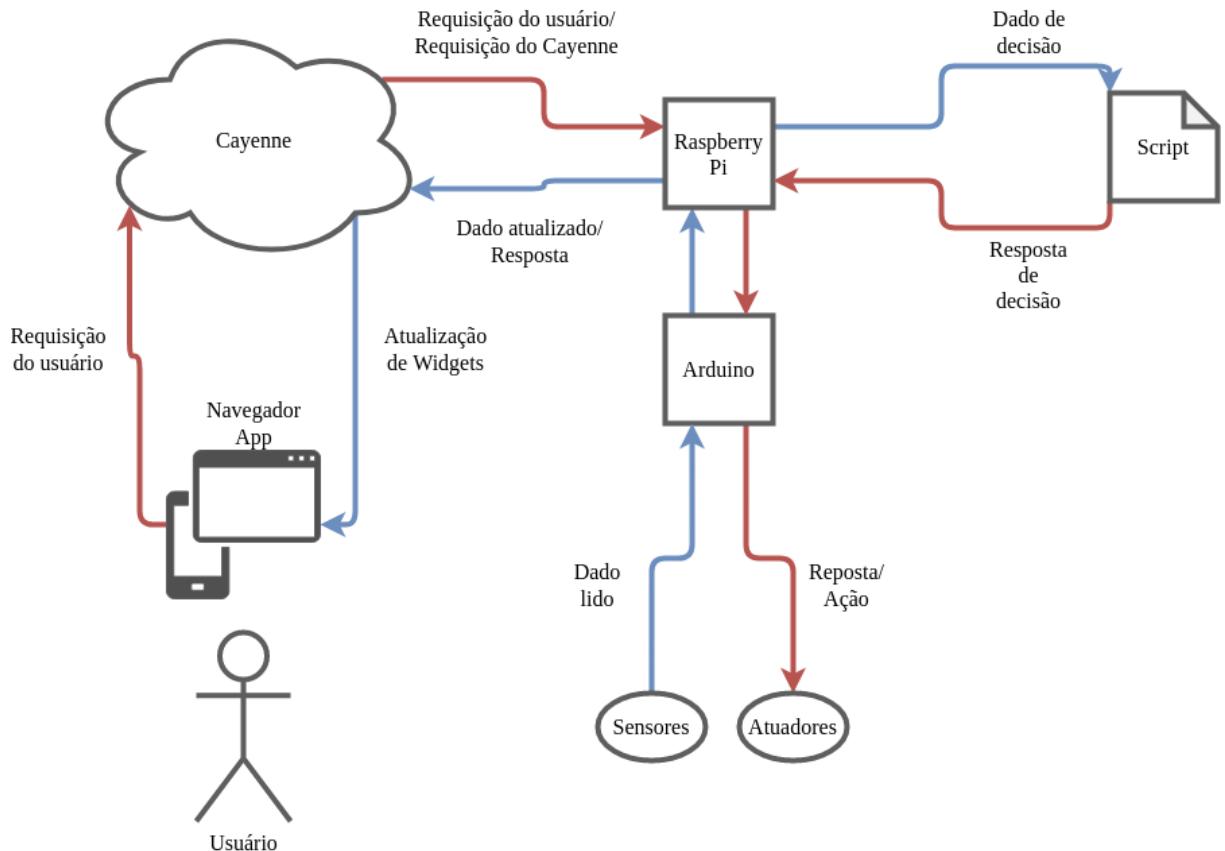
O Raspberry Pi estabelece uma conexão com o Arduino havendo ou a troca de dados lidos pelos sensores do sistema, ou a transmissão da resposta de ação para os atuadores (como apagar as luzes, controlar o ar condicionado, desligar os equipamentos, entre outras funções), essa resposta é definida pelo *script* ou pelo usuário. O Arduino funciona como uma ponte de comunicação entre o (i)Raspberry Pi e (ii)sensores ou atuadores, executando o código necessários para realizar a leitura e armazenagem dos dados, abstraindo essas funções e simplificando manutenções futuras.

Por último, a definição de qual estado os dispositivos do laboratório devem permanecer, é decidida pela vontade do usuário ou pela execução de um algoritmo (*script*) que estabelece uma resposta processando o dado recebido da leitura dos sensores. Caso o usuário deseje alterar o estado de algum dispositivo, como mudar a temperatura do ar condicionado, esse controle é dado a ele, porém existem tarefas simples e repetitivas que são essenciais para o zelo dos equipamentos (como o desligamento de todos os dispositivos durante o horário de não funcionamento do laboratório), essas tarefas podem ser automatizadas evitando que sejam exigidas dos usuários.

Após compreender o fluxo de funcionamento do sistema devemos compreender a

distribuição dos componentes no laboratório.

Figura 12 – Fluxograma de execução



Fonte: Autor

## 6.2 Descrição da distribuição dos componentes

### 6.2.1 Observações iniciais

A Figura 13 descreve de maneira simplificada a disposição dos componentes no laboratório. Deve-se atentar o fato de haver uma limitação ao se buscar representar toda a sala num plano bidimensional, pois o ambiente se encontra num plano tridimensional, para isso o texto a seguir serve de complemento para a compreensão do projeto.

A representação dos cabos é descrita pela legenda, a escolha de cores se assemelha com as cores utilizadas na eletrônica, sendo o cabo vermelho representado pela fase da fonte de energia de corrente alternada e o cabo verde representa a comunicação de dados entre os dispositivos.

Outra característica que é necessário se compreender antes de iniciar a distribuição dos elementos, é que existe uma relação topológica entre os componentes descritos na imagem, isso quer dizer que, o quadro de energia é o elemento mais alto, o medidor não invasivo mede

o consumo de todos os elementos abaixo dele, e o relé não afeta os elementos acima dele. A relação topológica é necessária para compreender o funcionamento dos dispositivos acima do relé, porém entre os elementos abaixo do relé essa relação não causa interferência entre eles, sendo assim o sistema de luzes não afeta o funcionamento das bancadas de computadores, projetor e ar condicionado e vice-versa.

Mais um fato que deve ser observado é de que a projeção também possui outra limitação, a de não descrever exatamente da quantidade dos componentes, justamente por essa imagem tratar de um conceito teórico em alto nível, servindo apenas de apoio para o entendimento da implementação prática e assim evitando apresentar uma imagem poluída e passível de causar confusão no compreendimento do leitor sobre o sistema. Sendo assim a quantidade de relés, sensores, Arduinos, computadores e luzes descritos na imagem não condizem com o projeto real, esse ponto será abordado em trabalhos futuros.

Agora que todas observações iniciais foram apresentadas, parte-se para a descrição da imagem.

### 6.2.2 Distribuição dos componentes

A Figura 13 descreve o quadro de energia alimenta todos os dispositivos do sistema, sendo eles: sistema de luzes, projetor, bancada de computadores e ar condicionado.

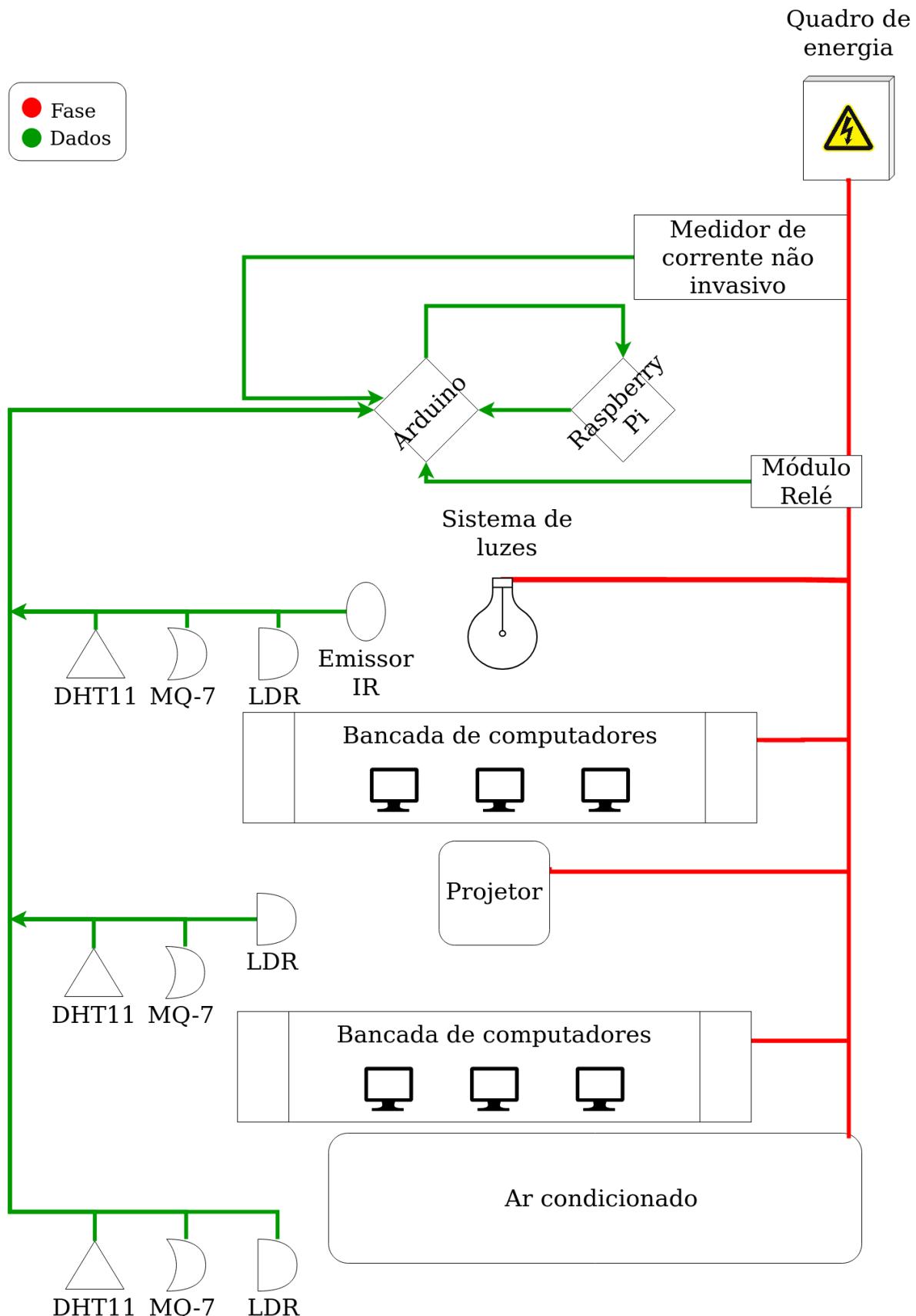
O Raspberry Pi e o Arduino trabalham em conjunto, estando no mesmo nível hierárquico. O Raspberry Pi é encarregado de realizar a conexão com a nuvem e trocar dados com o Arduino, afim de realizar a atualização da plataforma, ou executando o *script* de tratamento dos dados para gerar uma resposta de ação para o sistema.

O Arduino realiza a leitura dos sensores DHT11 (sensor de temperatura e umidade), MQ-7 (sensor de monóxido de carbono) e LDR (sensor de luminosidade), no qual serão distribuídos em diferentes regiões do laboratório, possibilitando o cálculo de média sob os valores lidos e assim capacitando uma maior acertabilidade em fornecer o conforto em toda a sala. Outro sensor controlado pelo Arduino é o medidor não invasivo SCT-013, no qual faz a leitura da corrente utilizada no laboratório e possibilita o cálculo para geração de gráficos de consumo mensal/anual.

O Arduino também serve de ponte para o usuário, ou o *script*, interagir com os dispositivos por meio dos atuadores, sendo assim ele envia sinais de infravermelho pelo emissor de IR e informa o desligamento ou ligamento do relé. Interagindo com o sistema de luzes, o projetor, a bancada de computadores e o ar condicionado.

Dada a descrição da distribuição teórica dos componentes do sistema podemos avançar para os testes iniciais, no qual visam reforçar a plausibilidade de implementação deste trabalho.

Figura 13 – Projeção estimada do laboratório



Fonte: Autor

## 7 RESULTADOS PRELIMINARES

### 7.1 Definição dos testes

Esta seção descreve os testes realizados durante o desenvolvimento deste trabalho, no qual foram separados em duas etapas: (i) O teste de prototipação, que é a implementação inicial do código de funcionamento do sistema, verificando o funcionamento dos sensores, atuadores e gerar um *script* básico de automação; (ii) E o teste da plataforma Cayenne, afim de verificar as funções descritas na documentação da API.

#### 7.1.1 Teste de prototipação

O primeiro teste envolve a prototipação do sistema em escala reduzida, verificando as funções dos componentes a serem utilizados no desenvolvimento do projeto. É definido então um sistema de teste no qual realiza a conexão entre um Raspberry Pi e um Arduino, esse sistema utiliza componentes como: módulo relé medidor de corrente não invasivo e sensor de luminosidade. Também foi gerado um *script* inicial no qual realiza (i) a geração de gráficos de uso de corrente e de consumo de energia, (ii) e verificação do horário com base no relógio do Raspberry Pi, simulando o ligamento e desligamento das luzes durante os horários de funcionamento do laboratório.

Com esse teste podemos avaliar os seguintes pontos:

- Verificar a troca de dados entre o Raspberry Pi e o Arduino, vice-versa.
- Verificar o funcionamento do sensor de corrente não invasivo, realizando a calibragem prévia do componente e a geração de gráficos com base na leitura do sensor.
- Simular o funcionamento do gerenciamento automático de luzes do laboratório.
- Realizar decisões por meio de um *script* que trata os dados recebidos da leitura dos sensores.

Após descrever esse teste devemos avançar para o próximo, no qual verifica as funções descritas na documentação da plataforma utilizada.

#### 7.1.2 Teste de Plataforma

O teste da plataforma do Cayenne consiste em verificar as funções da API e realizar a implementação inicial do código de funcionamento entre o sistema e a plataforma. Os testes se atentam nos seguintes pontos:

- Verificar conectividade entre a API e o Raspberry Pi, habilitando funções de gerenciamento de uso da placa e funções de desligamento e reinício do controlador.
- Realizar a troca de dados entre o Raspberry e o Arduino, atualizando os *widgets* personalizados que a plataforma possibilita o desenvolvimento.
- Testar *widgets* de botões, tendo resposta dos atuadores conectados ao Arduino.

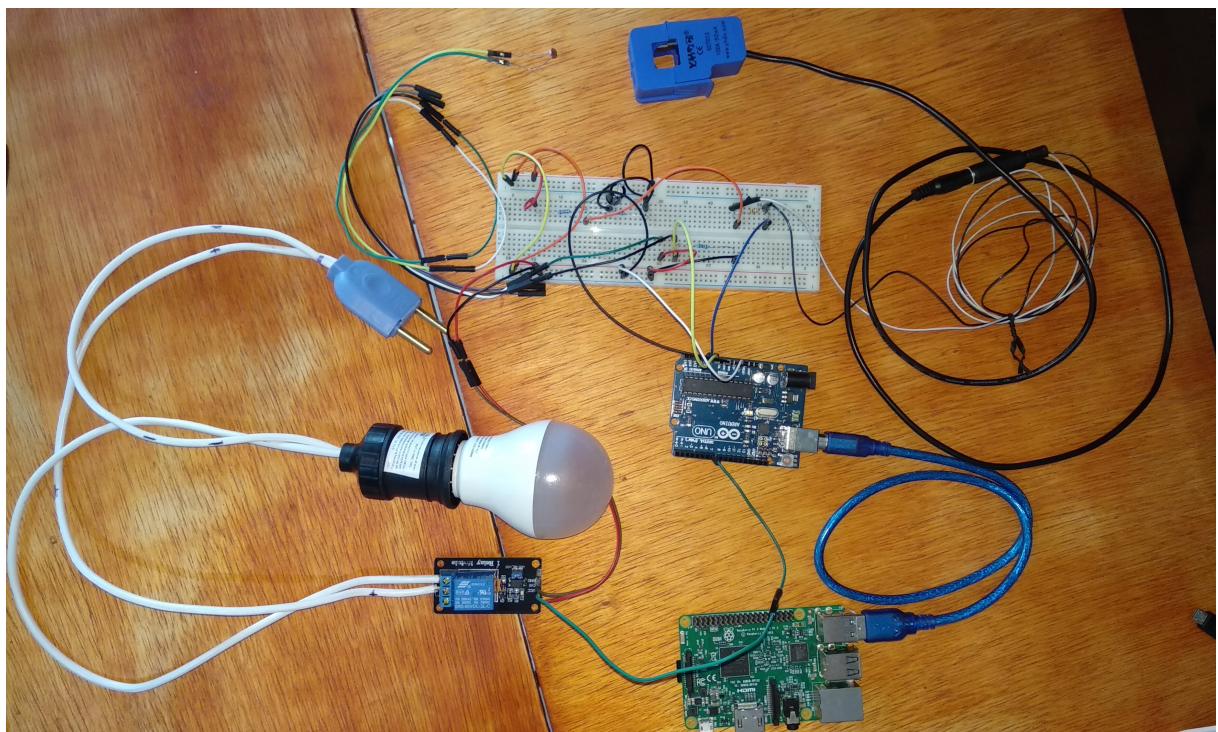
- Conectar mais de duas placas Arduino ao Raspberry Pi e verificar o funcionamento da API, testando a possibilidade de se aplicar de mais de uma placa na implementação do projeto.

## 7.2 Resultados dos testes

### 7.2.1 Testes de prototipação

O sistema protótipo visa realizar as tarefas de leituras de sensores e responder com atuadores, simulando as funções do sistema real a ser implementado. A Figura 14 demonstra o protótipo.

Figura 14 – Protótipo do sistema



Fonte: Autor

Os componentes utilizados na concepção deste protótipo são:

- Arduino Uno versão R3;
- Raspberry Pi;
- sensor de corrente não invasivo;
- módulo relé;
- sensor de luminosidade.

O ambiente de teste foi monitorado durante 24 horas, a quantidade dos dispositivos testados não se equipara a quantidade de equipamentos do laboratório, porém existe uma certa semelhança entre os equipamentos utilizados no teste. A lista de dispositivos testados inclui:

- Desktop com uma fonte de 500W;
- Monitor;
- Roteador;
- Sistema de iluminação controlado pelo módulo relé e sensor de luminosidade;
- Alimentação do Raspberry Pi e Arduino.

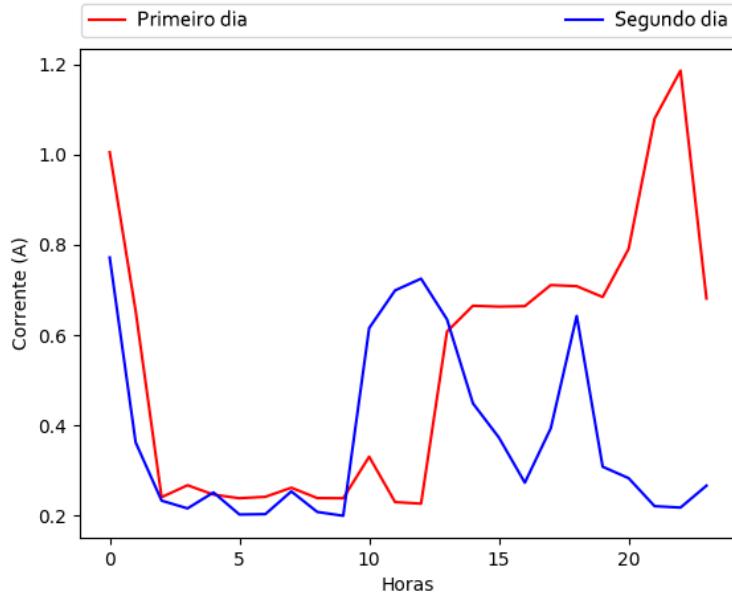
Também foi criado um *script* em Python 3 que inicializa junto com o Raspberry Pi, no qual realiza a armazenagem dos dados coletados pelo sensor de corrente não invasivo e para gerarmos gráficos ao final da execução do código.

O sistema realiza o desligamento da lâmpada assim que se atinge o horário de meia-noite e ativa o ligamento a partir das 7 horas da manhã, caso fosse detectado baixa luminosidade no ambiente a luz acenda.

As imagens Figura 15 e Figura 16 demonstram um comparativo entre dois gráficos calculados em dias diferentes. Os resultados demonstram a corretude do algoritmo de cálculo, porém o ambiente de teste não pôde gerar valores que expressam alguma relação interessante para nosso estudo.

A Figura 15 demonstra os valores de amperes lidos durante as 24 horas de teste, esses dados que foram utilizados de base para o cálculo de consumo.

Figura 15 – Gráficos de corrente



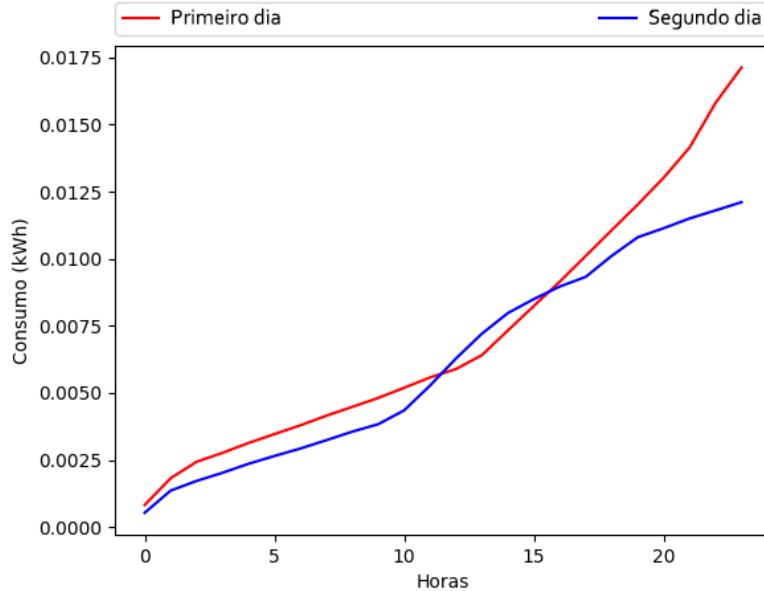
Fonte: Autor

A Figura 16 demonstra o crescimento do consumo de kWh durante as 24 horas de teste.

### 7.2.2 Testes de plataforma

Os testes da plataforma consistem em verificar funções descritas na documentação do Cayenne, estabelecendo uma afinidade com a plataforma e gerar um código inicial.

Figura 16 – Gráficos de consumo



Fonte: Autor

A primeira função avaliada foi a conexão com o Raspberry Pi, no qual realiza a criação em um painel de controle com *widgets* que possibilitam o monitoramento de recursos da placa em tempo real. A Figura 17 mostra o painel da plataforma, tendo funções de visualização de porcentagem de uso de processamento, de memória RAM, quantidade de espaço utilizado do disco, temperatura e velocidade de conexão, além de adicionar botões de reinicio e desligamento do Raspberry Pi.

Figura 17 – Gerenciamento do Raspberry Pi

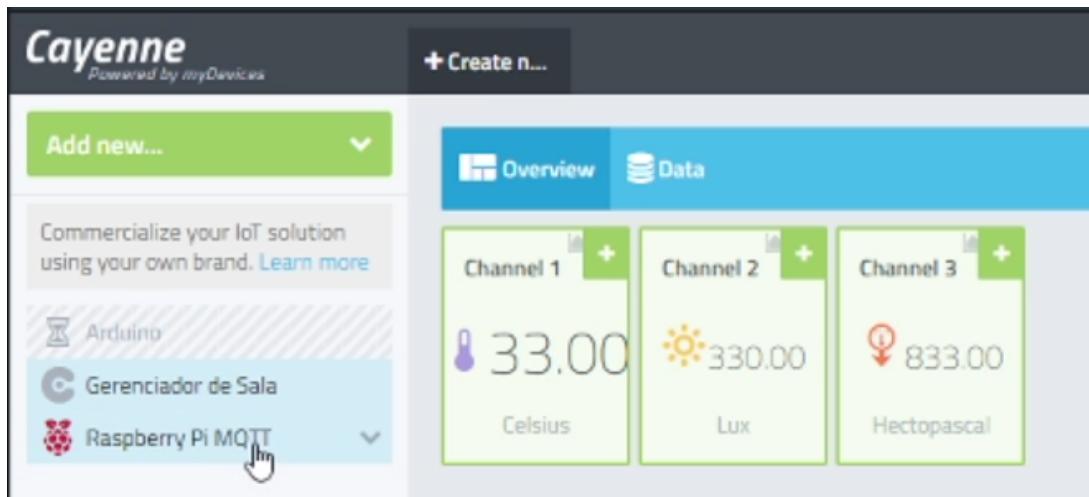


Fonte: Autor

O segundo teste consiste em adicionar *widgets* personalizados, no qual é realizada a impressão de uma variável gerada aleatoriamente. A Figura 18 demonstra a criação dos *widgets*.

personalizados. As escalas atribuídas não condizem com os números impressos nos *widgets*, essas escalas foram atribuídas apenas com a finalidade de testar a plataforma, ou seja os valores de Celsius, luminosidade e Hectopascal, que se encontram na imagem, são apenas números aleatórios gerados por meio de um contador em código.

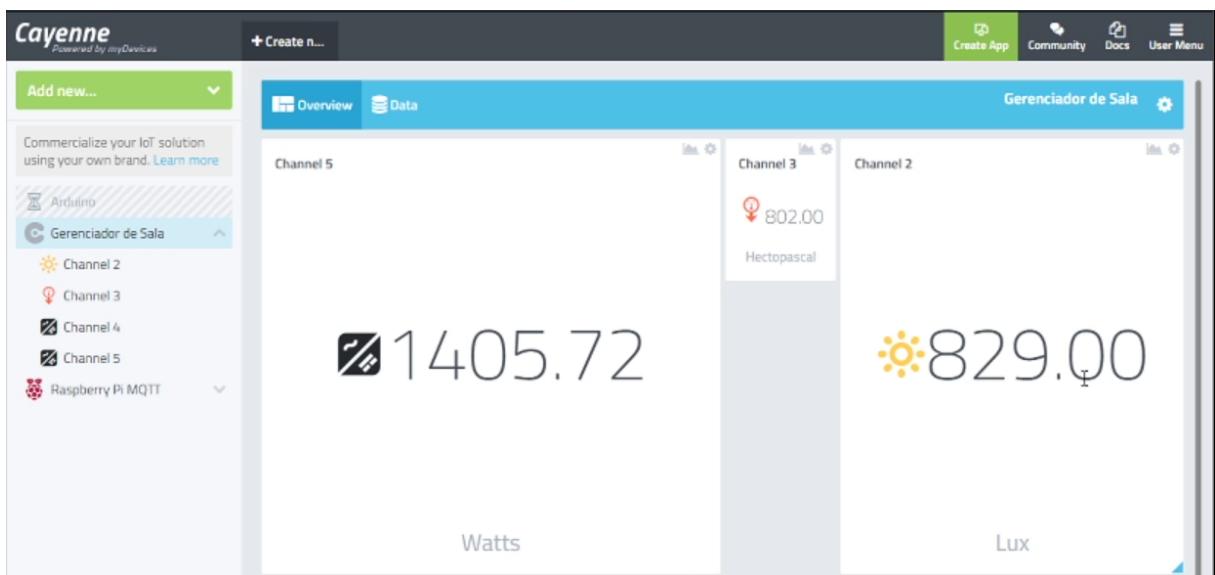
Figura 18 – Gerenciamento personalizado



Fonte: Autor

O terceiro teste consiste em utilizar dois Arduinos conectados ao Raspberry Pi, onde cada controlador faz o envio de um dado diferente. O primeiro Arduino realiza a leitura de corrente utilizada e envia para a plataforma o resultado de um cálculo de potência, já o segundo realiza a leitura de um sensor de luminosidade. Para isso foram criados *widgets* personalizados dentro da plataforma como demonstra a Figura 19.

Figura 19 – Gerenciamento de placas separadas



Fonte: Autor

## 8 CONCLUSÃO

A automação residencial tem sido uma área de destaque entre os grupos de entusiastas e estudiosos do IoT, graças ao surgimento do Raspberry Pi, em 2012, a ascensão dessa linha de estudo foi facilitada, pois a placa possibilita o uso de um sistema operacional baseado em Linux, no qual é capaz de executar programas que auxiliam na utilização do sistema (como ferramentas de acesso remoto, diagnóstico de rede, uso de recursos, entre outras), funções de APIs e bibliotecas auxiliares de várias linguagens diferentes (como Python, C, C++, Java, entre outras). O Raspberry Pi também descarta a necessidade de se adquirir módulos rede, wi-fi e módulos USB, por já estarem instalados na placa. Ele também conta com uma saída de vídeo HDMI, em que pode ser facilmente conectada a um monitor, projetor ou TV para realizar a visualização da interface gráfica do sistema operacional.

O projeto apresentado nesta monografia, descreve um sistema no qual realiza o gerenciamento de um laboratório de informática, semelhante ao conceito de automação residencial. O projeto inclui funções de controle centralizado de dispositivos que se encontram em um laboratório de informática, como computadores, monitores, ar condicionado, luzes e projetor, além disso, é definido um *script* no qual possa simplificar o gerenciamento de certo dispositivos, realizando tarefas como o agendamento do ligamento e desligamento dos dispositivos em relação ao horário de uso do laboratório, focando reduzir gastos elétricos. Também se foca em aumentar o conforto e segurança dos usuários, permitindo o uso dos dispositivos de maneira eficiente, como ligar o ar condicionado durante os períodos de uso do laboratório, inclusive durante os intervalos de aula, mantendo a sala com uma temperatura mais amena e evitando o ligamento constante do compressor.

Outro fator que reforça o desenvolvimento deste projeto é o de resolver o problema com dispositivos, como monitores e computadores, que são danificados pela permanecerem ligados durante a madrugada, finais de semanas ou até mesmo feriados. Propõe-se então realizar o controle remoto e automatizado dos equipamentos, afim de evitar esse problema.

O projeto utiliza componentes como Raspberry Pi, Arduino, sensores (como de temperatura, umidade, luminosidade, monóxido de carbono e um amperímetro não invasivo) e atuadores (relés, emissor de infravermelho) para realizar o monitoramento do ambiente e responder caso seja necessário. O Cayenne viabiliza o desenvolvimento do sistema, por excluir necessidade de implementação de uma plataforma web para a visualização do controle e monitoramento desses sensores e atuadores.

Foi-se implementado um protótipo afim de estipular testes no qual reforçam a viabilidade do projeto. Os testes verificam a troca de dados entre o Raspberry Pi e o Arduino, o funcionamento do sensor de corrente, simular um sistema automático de luzes e a interação entre os controladores por meio de um *script* que toma decisões ao processar dados lidos pelos sensores do Arduino. Outro ponto que se atenta em verificar é as das funções disponíveis na

API do Cayenne, como a conexão com os controladores, a atualização dos *widgets*, adicionar botões personalizados e conectar mais de um Arduino ao Raspberry Pi para atualizarem dados na plataforma.

Como apontam os resultados, é possível realizar tais tarefas e também gerar gráficos que auxiliam na análise de utilização da corrente e do consumo de energia do laboratório. Logo, pode-se concluir que o projeto proposto nesta monografia é viável e é capaz de trazer melhorias aos usuários e supervisores do laboratório.

## 9 CRONOGRAMA

Este capítulo detalha que etapas serão realizadas ao longo do tempo. O cronograma se refere ao período de um ano: TCC1 e TCC2, onde todas as atividades a serem desenvolvidas devem ser citadas e detalhadas.

O desenvolvimento deste trabalho se dará da seguinte forma:

1. **Elaboração da proposta de TCC:** Define-se o escopo do trabalho, funções, tecnologias e necessidades.
  2. **Coleta de trabalhos relacionados:** Busca-se coletar material de apoio, afim de relacionar as funções e tecnologias implementadas no sistema.
  3. **Implementação do protótipo:** Desenvolvimento de um protótipo do sistema, implementando funções do Raspberry Pi com o Arduino.
  4. **Teste de protótipo:** Verificação do funcionamento do protótipo do sistema de automação, testando o controle das luzes e realizando a leitura da corrente elétrica.
  5. **Testes da plataforma:** Realiza-se os testes da plataforma do Cayenne.
  6. **Escrita do TCC1:** Realiza-se o desenvolvimento do texto do TCC1.
  7. **Definição de atividades do TCC2:** Define-se as atividades a serem realizadas no TCC2.
  8. **Implementação do sistema real:** Realiza-se a implementação do sistema real no laboratório.
  9. **Teste e correções:** Define-se testes de uso do sistema, verificando o funcionamento das funções de controle dos dispositivos, geração de gráfico e comunicação com a plataforma.
  10. **Escrita do TCC2:** Realiza-se a escrita do texto do TCC2, finalizando o trabalho completo.

O Quadro 1 mostra o período previsto para as atividades propostas.

## Quadro 1 – Exemplo de Cronograma

## Referências

- ACCARDI, A.; DODONOV, E. Automação residencial: Elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos. In: . [S.l.: s.n.], 2012. Citado na página 10.
- Arduino. **Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2020. Citado na página 12.
- Arduino Store. **Arduino Uno Rev3**. 2020. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020. Citado na página 12.
- Arkade, S. et al. Iot based street lights for smart city. In: **International Journal for Scientific Research & Development(IJSRD)**. [S.l.: s.n.], 2017. v. 5, n. 3. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.
- Atzori, L.; Iera, A.; Morabito, G. The internet of things: A survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787 – 2805, 2010. ISSN 1389-1286. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128610001568>>. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 5.
- BOLZANI, C. Análise de Arquiteturas e Desenvolvimento de uma Plataforma para Residências Inteligentes.** Tese (Doutorado), 01 2010. Citado na página 10.
- Cayenne. 2020. Disponível em: <<https://developers.mydevices.com/cayenne/features/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2020. Citado na página 20.
- Cayenne Docs. 2020. Disponível em: <<https://developers.mydevices.com/cayenne/docs/intro/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020. Citado na página 18.
- Cook, D. J. et al. Mavhome: an agent-based smart home. In: **Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2003. (PerCom 2003)**. [S.l.: s.n.], 2003. p. 521–524. Citado na página 9.
- Eletrical Elibrary. 2020. Disponível em: <<https://www.electriclelibrary.com/2018/08/06/conheca-o-rele-eletromecanico/>>. Acesso em: 24 de novembro de 2020. Citado na página 14.
- FilipeFlop - Arduino. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2020. Citado na página 13.
- FilipeFlop - DHT11. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2020. Citado 3 vezes nas páginas 15, 16 e 17.
- FilipeFlop - LDR. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-luminosidade-ldr-5mm/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2020. Citado na página 17.
- FilipeFlop - Módulo relé. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rele-5v-2-canais/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2020. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.

- FilipeFlop - Raspberry Pi 3. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2020. Citado na página 11.
- FilipeFlop - Sensor de corrente. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-corrente-nao-invasivo-100a-sct-013/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2020. Citado na página 18.
- FilipeFlop - Sensor de Gás. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-gas-mq-7-monoxido-de-carbono/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2020. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- Gill, K. et al. A zigbee-based home automation system. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 55, n. 2, p. 422–430, 2009. Citado na página 8.
- Kokilavani, M. M.; Malathi, D. A. Smart street lighting system using iot. In: **International Journal of Advanced Research in Applied Science and Technology (IJARAST)**. [S.l.: s.n.], 2017. v. 3, n. 11. Citado na página 7.
- Kumar, P.; Pati, U. C. Iot based monitoring and control of appliances for smart home. In: **2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information Communication Technology (RTEICT)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1145–1150. Citado na página 7.
- Kumar, S.; Lee, S. R. Android based smart home system with control via bluetooth and internet connectivity. In: **The 18th IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2014)**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–2. Citado na página 6.
- MicroPython Forum. 2020. Disponível em: <<https://forum.micropython.org/viewtopic.php?f=14&t=7449>>. Acesso em: 23 de novembro de 2020. Citado na página 16.
- MOTLAGH, N. H. et al. Internet of things (iot) and the energy sector. **Energies**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 13, n. 2, p. 494, 2020. Citado na página 4.
- Oliveira Valentim, F.; Munaro, C. J. Integrating technologies for building a wireless home automation system: A practical implementation. In: **2014 11th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–7. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 6.
- Oracle Brasil. **Oracle**. 2020. Disponível em: <<https://www.oracle.com/br/internet-of-things/what-is-iot/>>. Acesso em: 19 de novembro de 2020. Citado na página 1.
- Pavithra, D.; Balakrishnan, R. Iot based monitoring and control system for home automation. In: **2015 Global Conference on Communication Technologies (GCCT)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 169–173. Citado na página 7.
- Raspberry Pi Foundation. **Raspberry Pi**. 2020. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2020. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.
- Robo Core - Módulo Relé Arduino. 2020. Disponível em: <[https://www.robocore.net/tutoriais/modulo-rele-arduino#:~:text=O%20Módulo%20Relé%20é%20ideal,e%20NF%20\(Normalmente%20Fechado\).](https://www.robocore.net/tutoriais/modulo-rele-arduino#:~:text=O%20Módulo%20Relé%20é%20ideal,e%20NF%20(Normalmente%20Fechado).)> Acesso em: 24 de outubro de 2020. Citado na página 15.
- TOSCHI, G. M.; CAMPOS, L. B.; CUGNASCA, C. E. Home automation networks: A survey. **Computer Standards & Interfaces**, v. 50, p. 42 – 54, 2017. ISSN 0920-5489. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548916300654>>. Citado na página 1.

- Usinainfo. 2020. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/transmissores-e-receptores-modulo-emissor-infravermelho-receptor-ir-codificador-decodificador-ir-serial-para-arduino-ys-irtm-4616.html>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020. Citado na página 15.
- Vibhuti; Shimi, S. L. Implementation of smart class room using wago plc. In: **2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 807–812. Citado na página 8.
- Vishwakarma, S. K. et al. Smart energy efficient home automation system using iot. In: **2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–4. Citado na página 8.
- VUJOVIĆ, V.; MAKSIMOVIĆ, M. Raspberry pi as a sensor web node for home automation. **Computers & Electrical Engineering**, v. 44, p. 153 – 171, 2015. ISSN 0045-7906. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790615000257>>. Citado na página 1.
- Wikipédia. **Raspberry Pi - Wikipédia**. 2020. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://pt.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)>. Acesso em: 21 de novembro de 2020. Citado na página 11.
- Wikipédia. **Relé**. 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020. Citado na página 13.