

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO ESTADO DO PARÁ - CESUPA

ARGO

BACHARELADO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Andrey Ronaldo Favacho do Espirito Santo

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL – Estudo de caso usando o
*Raspberry PI e Node-RED.***

Belém

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO ESTADO DO PARÁ - CESUPA

ARGO

BACHARELADO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Andrey Ronaldo Favacho do Espirito Santo

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL – Estudo de caso usando o
*Raspberry PI e Node-RED***

Trabalho de Curso na modalidade monografia, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharelado em Engenharia da Computação do Centro Universitário do Estado do Pará – CESUPA, sob orientação do Professor MSc. Johnny Marcus Gomes Rocha.

Belém

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

Biblioteca do Cesupa, Belém - PA

Espirito Santo, Andrey Ronaldo Favacho do.

Automação residencial – estudo de caso usando o *Raspberry PI* e *Node-RED* / Andrey Ronaldo Favacho do Espirito Santo; orientação de Johnny Marcus Gomes Rocha, 2018.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia da Computação) – Centro Universitário do Pará, Belém, 2018.

1. Domótica. 2. Controle automático. I. Rocha, Johnny Marcus Gomes (orient.). II. Título.

CDD. 23º ed. 629.8

ANDREY RONALDO FAVACHO DO ESPIRITO SANTO

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL - Estudo de caso usando o *Raspberry*
*PI e Node-RED***

Trabalho de Curso apresentado na modalidade monografia, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharelado em Engenharia da Computação do Centro Universitário do Estado do Pará – CESUPA.

Data da Defesa: 19/06/2018

Banca Examinadora:

Prof. MSc. Orientador Johnny Marcus Gomes Rocha - CESUPA

Profa. MSc. Michelle Bitar Lelis dos Santos - CESUPA

Prof. Alessandra Natasha Alcantara Barreiros - CESUPA

Belém

2018

A todos que contribuíram para este
sonho se realizar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Regina e Amilcar, que nesses anos lutaram todos os dias para proporcionar a melhor educação para mim e meu irmão. Conquistas, tristezas, felicidades e dificuldades foram compartilhadas com eles mostrando o quanto foi difícil estar aqui hoje. Muito obrigado a vocês dois, que nunca abriram mão de fazer o máximo por mim, onde muitas das vezes deixaram de ter algo para que eu pudesse ter outro.

Agradeço ao meu irmão, Rafael, desde sempre me perturbou me mandando estudar, na escola e na faculdade, sabendo ele que o caminho que eu enfrentaria não seria fácil. Obrigado meu irmão, por todos os momentos em que tu me aconselhaste e compartilhaste o caminho que eu enfrentei.

Agradeço também a minha namorada, Amanda, que só ela sabe o que passamos até aqui, me dando suporte de diversas maneiras quando eu mais precisei. Não apenas minha namorada, mas és minha amiga, companheira, confidente e anjo. Te amo.

Por fim, mas não menos importante, agradeço ao meu orientador, Johnny, me mostrando o caminho e me ajudando nas dificuldades, não apenas na orientação do TCC, mas também ao longo dos anos nas disciplinas lecionadas; ao CESUPA que forneceu todo o suporte e sempre foi acessível nos momentos em que precisei, se empenhando

RESUMO

A automação residencial (Domótica) é uso de tecnologia para gestão e operacionalização dos recursos de uma casa, como por exemplos luzes, refrigeração e acesso. Assim, este projeto é desenvolvido usando a plataforma *Node-RED* em um sistema gerenciado por um *Raspberry PI*, com objetivo de demonstrar o processo de automação residencial em escala, usando sensor de umidade e temperatura, sensor PIR, servomotor.e acionamentos com *relé*.

Palavras chave: Automação Residencial. *Raspberry PI*. *Node-RED*. Domótica.

ABSTRACT

The home automation (Domotics) consists on the use of technology to the management and operationalization of a residence's resources, as lamps, refrigeration and access. Therefore, this project is developed using the Node-RED platform in a system managed by a Raspberry PI, with the purpose of demonstrate a scale automation process, using moisture and temperature sensor, PIR sensor, servomotor and relay activations.

Keywords: Home automation. Raspberry PI. Node-RED. Domotics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa Automatizada	16
Figura 2 - Exemplo de Sistemas Embarcados	21
Figura 3 - Sensor de Umidade e Temperatura	22
Figura 4 - Servo Motor	23
Figura 5 - Microcontrolador	24
Figura 6 - Raspberry PI 3, Modelo B	25
Figura 7 - Comparativo de consumo de energia	26
Figura 8 – Interface <i>Node-RED</i>	27
Figura 9 - Interface Mango	28
Figura 10 – Interface ScadaBr	28
Figura 11 – Fluxo de funcionamento Node-RED	29
Figura 12 – Maquete	31
Figura 13 – Disposição dos componentes	33
Figura 14 – Dimensões DHT11	34
Figura 15 – Sensor de luz LDR	36
Figura 16 – Sensor de presença PIR	37
Figura 17 – Servomotor SG90	38
Figura 18 – Módulo Relé	39
Figura 19 – <i>Cooler</i>	40

Figura 20 – Ambiente <i>Node-RED</i>	41
Figura 21 – Flows	42
Figura 22 – Interface da página	43
Figura 23 - Fluxograma de funcionamento	43
Figura 24 – Laço de comparação de temperatura	44
Figura 25 – Aba <i>Home</i>	45
Figura 26 – Laço da Iluminação	46
Figura 27 – Layout do acionamento da iluminação	46
Figura 28 – Esquematização do acionamento da porta	48
Figura 29 – Interface da Aba Porta	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificação Técnica do Raspberry Pi 3, Modelo B	34
Tabela 2 – Especificações Técnicas DHT11	35
Tabela 3 – Especificações do LDR	36
Tabela 4 – Especificações do sensor PIR	37
Tabela 5 – Especificações Servomotor SG90	38
Tabela 6 - Especificações do Módulo Relé	39

LISTA DE SIGLAS

AC	<i>Alternating Current</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CLP	Controlador Lógico Programável
DC	<i>Direct Current</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
LDR	<i>Light Dependant Resistor</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
NTC	<i>Negative Temperature Coefficient</i>
PIR	<i>Passive Infra-Red</i>
PLC	<i>Power Liner Carrier</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RPI	<i>Raspberry PI</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
UR	Umidade Relativa
USB	<i>Universal Seral Bus</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

GHz	Giga Hertz
°C	Graus Celsius
mA	Miliampère
uA	Microampère

Sumário

1. CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO.....	155
1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	155
1.2. OBJETIVO GERAL.....	177
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	177
1.4. JUSTIFICATIVA	177
1.5. METODOLOGIA	188
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO	188
2. CAPÍTULO 2- REFERENCIAL TEÓRICO.....	199
2.1. DOMÓTICA	199
2.2. SISTEMAS EMBARCADOS – SE.....	2020
2.3. SENSORES.....	222
2.4. ATUADORES.....	233
2.5. MICROCONTROLADOR.....	244
2.5.1. <i>Raspberry PI - RPI</i>	255
2.6. SCADA	266
2.6.1. <i>Node-RED</i>	299
3. CAPÍTULO 3- ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	311
3.1. PROTÓTIPO.....	311
3.1.1. <i>Raspberry PI 3 Modelo B</i>	333
3.1.2. <i>Sensor de Umidade e Temperatura DHT11</i>	344
3.1.3. <i>Sensor de luz LDR</i>	35
3.1.4. <i>Sensor de presença PIR</i>	366
3.1.5. <i>Servomotor</i>	388
3.1.6. <i>Módulo Relé</i>	399
3.1.7. <i>Cooler</i>	40
3.2. SISTEMA SUPERVISÓRIO	40
3.2.1. <i>Sistema SCADA Node-RED</i>	40
3.2.2. <i>Comunicação dos sensores</i>	422
3.2.3. <i>Interface do Usuário</i>	422
3.3. FUNCIONAMENTO	433
3.3.1. <i>Funcionamento da temperatura</i>	444
3.3.2. <i>Funcionamento da iluminação</i>	455
3.3.3. <i>Acionamento da porta</i>	477
4. CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
4.1. DIFICULDADES ENCONTRADAS	50
4.2. TRABALHOS FUTUROS	511
5. REFERÊNCIAS	52

1 CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

Neste capítulo será demonstrada uma síntese sobre a automação, bem como aspectos relacionados a problemática do tema, objetivos, justificativa, metodologia e estrutura dos capítulos.

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Automação é um “Sistema automático pelo qual os mecanismos controlam seu próprio funcionamento, quase sem a interferência do homem” (FERREIRA, 2008, p. 155).

Segundo Muratori e Dal bó (2013, p.70), as primeiras incursões nestas tecnologias datam do final da década de 1970, quando surgiram nos Estados Unidos os primeiros módulos “inteligentes”, cujos comandos eram enviados pela própria rede elétrica da residência, no conceito de PLC (*Power Line Carrier*).

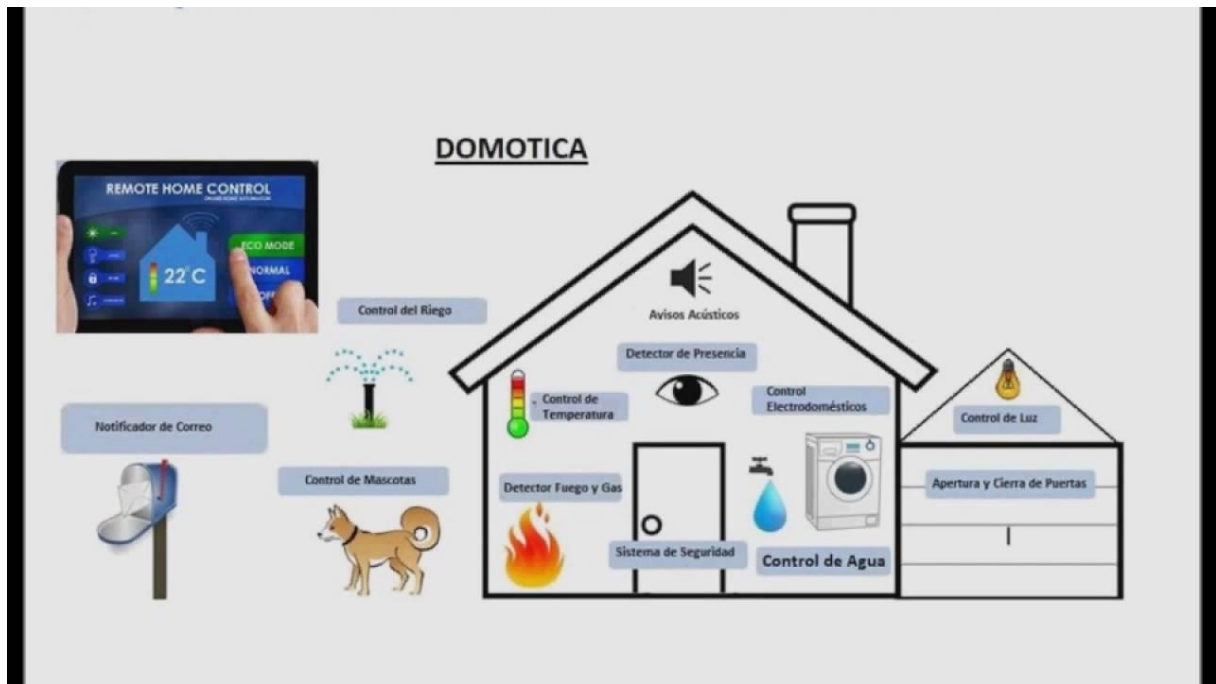
Segundo Teza (2002, p. 24), a automatização é o processo pelo qual utiliza-se dispositivos automáticos, eletrônicos e inteligentes para dar-se a automação dos processos em questão. Desta forma pode-se automatizar:

- Indústrias - Automação Industrial responsável pelo controle das máquinas produtivas em operação;
- Comércio - Automação Comercial responsável pelo controle e gerenciamento dos estoques e nas finanças e provendo agilidade nas operações comerciais através de códigos de barras, magnéticos ou por ondas de rádio.
- Predial - Automação Predial responsável pelo controle das tarefas comuns aos condôminos de um edifício residencial ou comercial, trata de assuntos tais como: elevadores, iluminação, área de lazer e trabalho cooperado, entre outros.
- Doméstica - Automação Residencial responsável pelo controle e gerenciamento dos afazeres domésticos, provendo maior segurança e comodidade no lar.

A automação residencial, também é conhecida como Domótica, e têm como objetivo centralizar o controle de equipamentos eletrônicos, fornecendo alternativas de acionamentos para diferentes serviços residenciais. A automação residencial pode coletar informações de sensores ou entradas, processá-las e emitir comandos para atuadores. O sistema pode fazer uso

de redes externas de comunicação, para permitir que usuário acesse o sistema de qualquer lugar da residência ou mesmo de fora dela, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Casa automatizada



Fonte: Smart Automação (2015, online)

Com o passar do tempo diversas tecnologias foram descobertas e desenvolvidas com o intuito de melhorar ou criar novos equipamentos e serviços. O desafio é fazer com que as mesmas trabalhem juntas, trazendo benefícios e qualidade de vida ao cidadão, bem como reduzindo seu custo para efetivar sua popularização.

A precificação da instalação de um sistema automatizado varia entre 10 mil e 500 mil reais, dependendo da complexidade e da tecnologia usada (ZAMBARDA, 2014). Esses valores não fazem parte da realidade do brasileiro e por sua vez, a popularização da automação residencial se torna mais difícil.

Tendo em vista esses aspectos, este trabalho tem como proposta um modelo para automação residencial que viabilize a adesão deste serviço, reduzindo custos e as dificuldades encontradas para implementação de um projeto deste tipo.

1.2 OBJETIVO GERAL

Fornecer uma solução alternativa de automação residencial simples, com acionamentos via internet e que seja acessível às pessoas de maneira geral. Dispondo de controle de lâmpadas, portas, ventilação e além de interface de monitoramento para a temperatura e umidade do ambiente.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar sobre automação residencial e suas soluções;
- Desenvolver um sistema de automação com a plataforma *Raspberry PI*;
- Utilizar a plataforma *Node-RED* para efetuar o controle do sistema e desenvolver a interface de supervisão;
- Construir uma maquete, para testar os sensores, atuadores e interface do sistema.

1.4 JUSTIFICATIVA

O avanço tecnológico proporciona uma série de soluções para variados tipos de problemas. Cientistas e estudiosos da área da Tecnologia da Informação – TI, gradativamente descobrem e desenvolvem tecnologias que podem ser usadas para benefício da sociedade.

Tais estudos fizeram com que a automação residencial se elevasse à um nível onde já é possível encontrar no mercado várias empresas que fornecem este serviço e cada uma com uma solução diferente, mas o problema é que na maioria dos casos este serviço tem um custo elevado, dificultando a disseminação desta solução.

Entre os benefícios da automação residencial podemos citar o aumento da segurança, ergonomia no uso dos equipamentos, além de economia de energia. É possível imaginar vários cenários onde acidentes podem ser evitados por conta de um controle de uma tomada, monitoramento de temperatura, circuito fechado de televisão - CFTV, travas elétricas nas portas, janelas e outros.

Este projeto busca demonstrar que com componentes e padrões abertos, é possível implementar a automação residencial, dando qualidade de vida, autonomia e segurança, a custo acessível.

1.5 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada pesquisa bibliográfica sobre as plataformas, sensores e atuadores que poderiam ser usados no projeto. Levando em consideração o consumo de energia dos componentes, preço no mercado e desempenho.

Para a obtenção destas informações, buscou-se diversas referências em livros, sites e artigos para validá-las e decidir como proceder.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 - Capítulo inicial, que traz um breve histórico do conceito de domótica, objetivos, justificativa e metodologia.

Capítulo 2 - Aborda o referencial teórico usado como base para o desenvolvimento deste trabalho de curso. Descrevendo conceitos e suas aplicações.

Capítulo 3 – Descreve o processo de funcionamento, programação e componentes usados na montagem do protótipo.

Capítulo 4 – Apresenta as conclusões e resultados obtidos no funcionamento do projeto. Também aborda os trabalhos futuros e dificuldades encontradas nesse processo.

Capítulo 5 – Contempla as referências estudadas e consultadas para a validação dos conceitos e conhecimentos utilizados neste trabalho.

2 CAPÍTULO 2- REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, será contemplado todo o referencial teórico utilizado para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 DOMÓTICA

O conceito domótica possui várias traduções e entendimentos, mas a Associação Espanhola de Domótica – CEDOM, a conceitua como:

La domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema (CEDOM, 2018, online).¹

A Automação Residencial inicialmente é referenciada como uma novidade que as vezes causa perplexidade pelo seu alto grau tecnológico e pela alusão ao futurismo, ao mesmo tempo que pode ser compreendida como um símbolo de status e modernidade. Numa visão realista e austera, a Automação Residencial proporciona o conforto e a conveniência que qualquer ser humano deseja, talvez seja o maior e melhor dos sonhos de consumo almejados (TEZA, 2002).

Para José Cândido Forti, presidente, em 2006, da Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial:

Transformar casas em confortáveis refúgios capazes de oferecer segurança e economia de custos é uma desvantagem da automação residencial. O que antes parecia ser um privilégio apenas da família Jetson, começa a se difundir nos empreendimentos residenciais de alto nível, transformando o conceito de casa do futuro em casa do presente (AURESIDE, 2001 apud TEZA, 2002, p. 23).

A domótica também contribui para a acessibilidade, uma vez que pessoas com deficiência podem ter uma certa independência para ligar a lâmpada do quarto, a televisão, o som, acionar o alarme da sua própria casa sem precisar se levantar. São diversos os cenários, e

¹ A domótica é o conjunto de tecnologias aplicadas ao controle e automação inteligente da casa, que permite um gerenciamento eficiente do uso da energia, que traz segurança e conforto, além da comunicação entre o usuário e o sistema (Tradução nossa).

ter em mente que a qualidade de vida é aumentada, faz com que a automação de maneira geral seja de essencial no dia a dia.

Neste sentido, o tema referenciado será tratado com realismo, usando tecnologias de fácil acesso, afim de proporcionar uma real solução e oportunidade para as pessoas que ainda não possuem a noção de quão próxima e presente a tecnologia está da sociedade.

2.2 SISTEMAS EMBARCADOS – SE

Sistemas embarcados tem várias interpretações e conceitos, alguns deles são:

- São sistemas de processamento de informações que estão embarcados em sistemas maiores, normalmente não são visíveis ao usuário (MARWEDEL, 2003).
- *Hardware* e *Software* normalmente são integrados e seu projeto visa o desempenho de uma função específica. A palavra “embarcado” leva a ideia que estes sistemas são parte de um sistema maior. Este sistema maior pode ser composto por outros sistemas embarcados. (LI; YAO, 2003).
- Sistema baseado em um microprocessador, que é projetado para controlar uma função ou uma gama de funções, e não para ser programado pelo usuário final como acontece com os PCs (HEATH STEVE, 2003).
- É qualquer aparelho que possua um computador programável, mas este não é projetado para ser um computador de uso geral (WOLF, 2001).

A conexão entre as memórias e componentes dos sistemas embarcados é realizada por canais de informação por onde passam os dados para leitura e gravação. Estes canais são chamados de barramentos, e podem ter suas estruturas definidas por dois tipos de arquitetura: a arquitetura Harvard e de Von Neumann (GUIMARÃES, 2017).

De acordo com Oliveira e Andrade (2010) os dois tipos de arquitetura se diferenciam no modo em que os dados provenientes da memória de dados e da memória de programa são processados. Na arquitetura Von Neumann os dados da memória de programa e de dados passam por apenas um barramento enquanto que na memória Harvard os dados passam por barramentos diferentes, o que permite o acesso simultâneo às memórias de dados e de programa.

Estes sistemas estão presentes no dia a dia das pessoas, praticamente em todos os lugares, como ilustrado na Figura 2. Celulares, micro-ondas, televisores, geladeira, máquina de

lavar e aparelhos de som são alguns dos exemplos que contém um sistema embarcado. Uma característica marcante nestes sistemas é o baixo preço, em sua maioria, o que facilita o seu desenvolvimento por parte das empresas e o emprego nos equipamentos.

Figura 2 - Exemplos de sistemas embarcados



Fonte - Embarcados (2015, online)

2.3 SENSORES

Entre as definições de sensores, Wendeling os define como:

Termo empregado para designar dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada (medida), como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc (WENDELING. 2010, p. 4).

Segundo Carrara ([2010], p. 28), “sensores são dispositivos cuja finalidade é obter informações sobre o ambiente em que se encontram”. Com base nisso podemos concluir que, sensores captam informações do ambiente e as enviam para o controlador, que é responsável por interpretar essas informações e assim executar uma ação ou não, de acordo com a programação estabelecida no sistema. São classificados como:

- Internos: utilizados para determinar parâmetros de movimentos do tipo, aceleração, posição, velocidade e força.
- Externos: utilizados para determinar parâmetros do ambiente tais como: distância, tato e visão.

A figura 5 exemplifica um sensor de umidade, que será usado neste trabalho.

Figura 3 – Sensor de Umidade e Temperatura



Fonte: FlipeFlop (2018, online)

2.4 ATUADORES

São conectados à saída do controlador no sistema de automação, convertendo os sinais elétricos em uma condição física para acionar ou desligar um componente específico (ROQUE, 2014).

Ao contrário dos sensores, eles recebem informações ou comandos. Convertem a energia elétrica, hidráulica ou pneumática em potência mecânica e assim, interagem com o ambiente o modificando. O servo motor é um exemplo, ilustrado na figura 4.

Figura 4 – Servo motor



Fonte: FelipeFlop (2018, online)

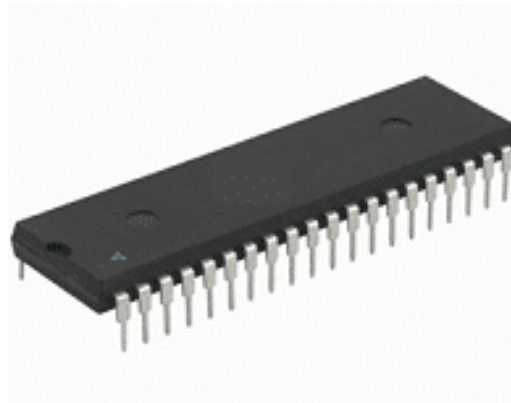
Os sensores e os atuadores não são independentes e necessitam de energia elétrica para funcionar e um intermediador que faça o processamento das informações coletadas. Muitas vezes esses controladores são CLP's, que contém um código de programação em sua memória e através deste são feitas todas as operações e processamentos das informações.

Neste projeto o controlador usado será o RPI, que conterà todo o código de programação e é o responsável por transmitir os comandos a serem executados pelos atuadores através dos dados coletados pelos sensores.

2.5 MICROCONTROLADOR

De forma geral, microcontroladores podem ser descritos como circuitos integrados destinados ao tratamento de sinais digitais. São caracterizados por possuir em um único *chip* todos os periféricos necessários para efetuar suas operações, tais como memórias, barramentos, portas de comunicação, entre outros (OLIVEIRA; ANDRADE, 2010).

Figura 5 – Microcontrolador



Fonte: Embarcados (2016, online).

Em um sistema de automação, os microcontroladores são programados para efetuar o controle de processos com vários níveis de complexidade. O microcontrolador recebe as informações provenientes de sensores, efetua uma comparação com os valores pré-estabelecidos e a partir dessa análise, efetua o acionamento dos atuadores no sistema (ROQUE, 2014).

Segundo Barros e Cavalcante (2010), microcontroladores são projetados especificamente para sistemas embarcados e desenvolvidos em famílias que apresentam um

conjunto específico desses dispositivos periféricos, cabendo ao projetista escolher o modelo mais adaptável à aplicação desejada.

2.5.1 *Raspberry PI* - RPI

O *Raspberry PI*, é um sistema embarcado usado para controlar sensores e atuadores. É um microcomputador/microcontrolador com alta capacidade de processamento, podendo ser comparado a um computador Desktop de menor porte e mais limitado. Nele é possível acessar internet via cabo ou *Wireless* via *shield*, conectar periféricos através de seus pinos com saídas digitais ou por comunicação serial - USB, além de poder conectar monitores por meio da saída HDMI acoplada na placa.

Figura 6 - *Raspberry PI* 3, modelo B



Fonte: *Raspberry* (2017, online)

Quanto a comunicação com periféricos, o *Raspberry PI* possui pinos de entrada e saída digitais, sendo necessário o uso de um conversor analógico-digital caso seja utilizado um sensor que produza sinais analógicos (RICHARDSON; WALLACE, 2013).

Entre todas as características listadas do RPI, o consumo de energia é uma das mais importantes. Com todo o poder de processamento e a grande capacidade de se desenvolver diversos tipos de projetos para diversos fins, este microcomputador possui um baixo consumo de energia além de um preço acessível.

Hoje no mercado brasileiro, o RPI custa em torno de R\$190,00 (dados de Jun/2018), um custo benefício muito grande, tendo em vista todas as características que ele dispõe. Na figura 7, está sendo representado um comparativo do consumo de energia elétrica em relação a um servidor Desktop.

Figura 7 - Comparativo de consumo de energia

Consumo				
Equipamento	Potência[W]	Dias Uso	Tempo Uso [h]	Total [kW / Mês]
Servidor Convencional	200	30	24	144
Raspberry PI	2,5	30	24	1,8

Fonte: Adafruit (2013, online)

Em sua maioria, a programação no RPI é feita na linguagem de programação Python e através dela é possível programar os sensores e atuadores de acordo com as necessidades do projeto. Os sensores mais comuns são os de detector de presença, umidade, infravermelho e luz.

2.6 SCADA

Um sistema SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition* –é fundamental em aplicações computadorizadas que envolvem máquinas, controladores programáveis (CLP), acionamentos eletrônicos e sensores, monitorando os dispositivos e oferecendo acesso organizado aos controles e parâmetros.

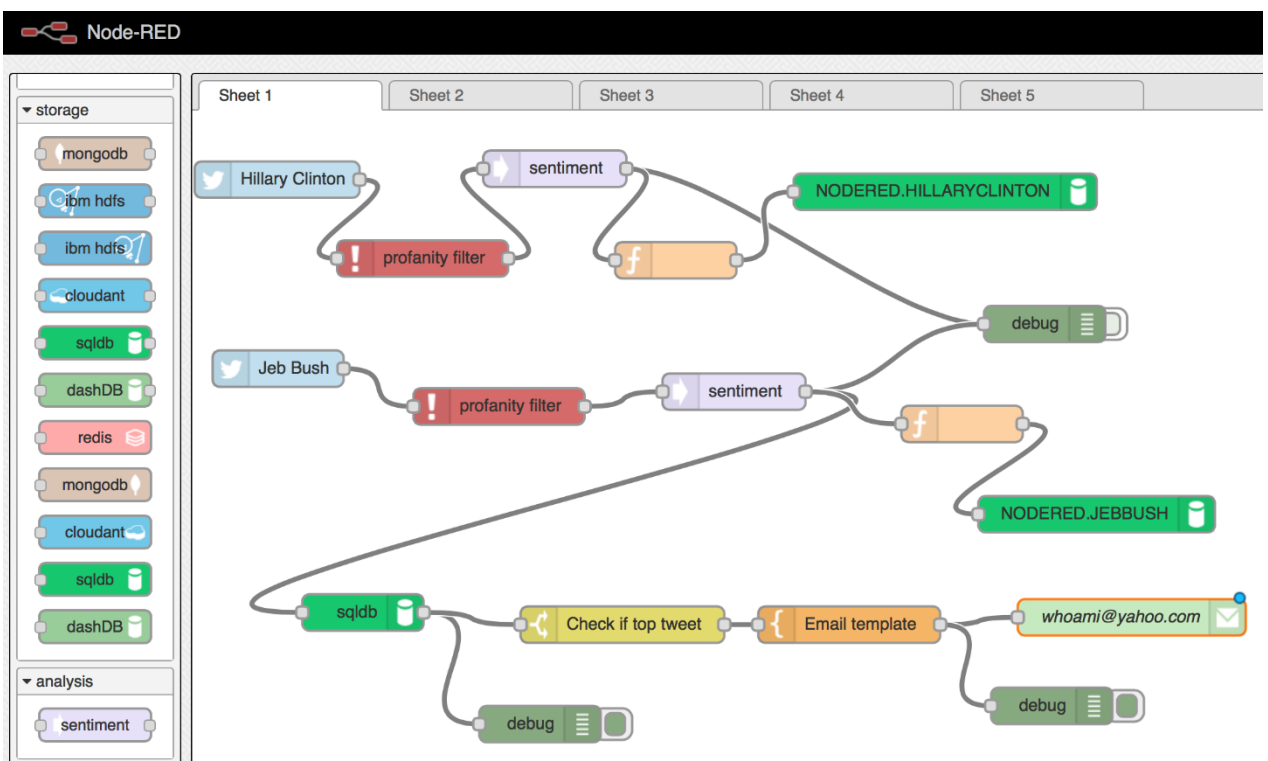
Segundo Roque, (2014, p. 228) Sistemas Supervisórios SCADA têm como objetivo “gerar a visualização gráfica em tempo real dos processos de automação”, melhorando a interface homem-máquina e facilitando o monitoramento de processos industriais. Através de quadros de visualização animados, um operador pode monitorar variáveis envolvidas no

processo (tais como temperatura, volume e pressão), controlar processos, adquirir e gerenciar dados.

A importância deste software neste trabalho, se dá pelo fato de que foi desenvolvido para o cenário da automação residencial, predial e industrial, facilitando a programação, comunicação e o controle dos dispositivos do projeto. Além de ter como principais funcionalidades o controle de alarmes, acesso através de navegadores (Desktop ou Mobile), suporte para códigos em Python, comunicação TCP/IP, monitoramento de temperaturas, aplicação em redes sem fio e controle de eficiência energética.

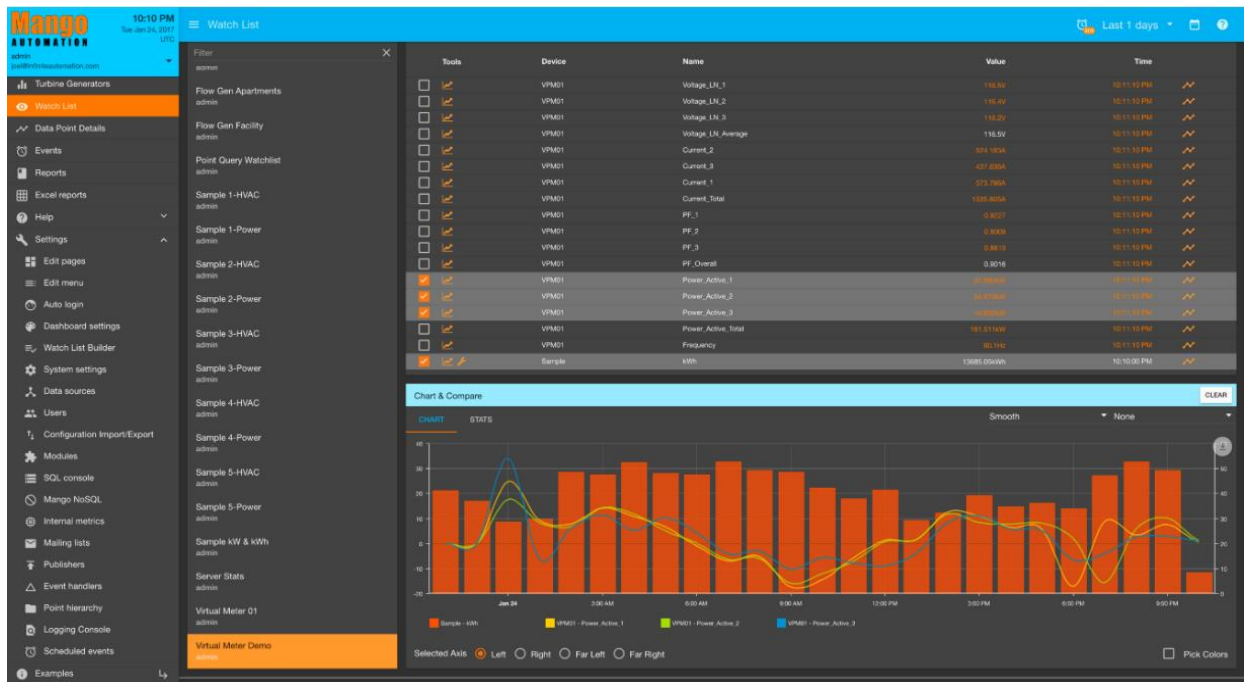
Outro ponto importante se dá ao fato de que os sistemas SCADA, em sua maioria possuem uma interface gráfica mais “amigável”, o que ajuda no manuseio do sistema. Existem vários sistemas conhecidos, alguns deles são o *Node-Red*, *ScadaBR* e o *Mango Automation*, exemplificados nas Figuras 8, 9 e 10.

Figura 8 – Interface Node-RED



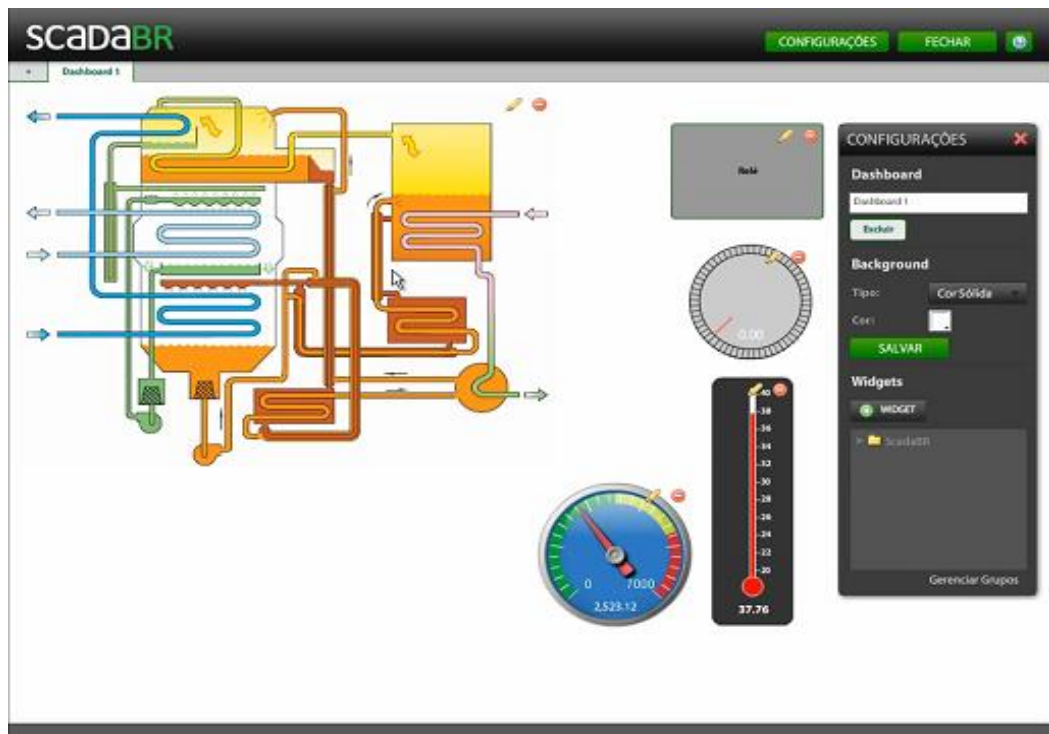
Fonte: IBM (2015, online)

Figura 9 - Interface Mango



Fonte: Infinite Automation (2017, online)

Figura 10 – Interface ScadaBr

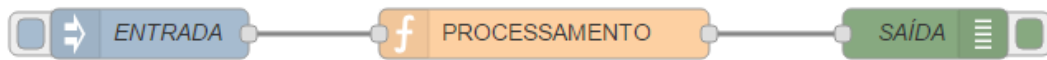


Fonte: Automações (2011, online)

2.6.1 Node-RED

O *Node-RED* é uma ferramenta multiplataforma que utiliza uma abordagem de programação gráfica para o desenvolvimento de aplicações em sistemas embarcados, além de possibilitar a conexão entre as aplicações desenvolvidas e serviços *online* como APIs e *websites* (FILIPEFLOP, 2017).

Figura 11 – Fluxo de funcionamento Node-RED



Fonte: FilipeFlop (2017, online)

Segundo o próprio site desenvolvedor do *Node-RED*, esta é uma ferramenta de programação para o uso de dispositivos de hardware, APIs e serviços on-line de maneiras novas e interessantes.

É uma programação feita por blocos onde é preciso arrastá-los para a área de desenvolvimento, para a comunicação dos blocos é necessária uma ligação entre os nós, que pode ser feita por outras funções.

O *Node-RED* apresenta integração direta com o *Raspberry PI*, contando com uma biblioteca de nós específica para acessar diretamente os pinos GPIO e efetuar a captura ou transmissão de dados, simplificando o desenvolvimento de aplicações que funcionem diretamente no controlador (NODE-RED, 2017).

Pela ampla lista de funcionalidades e a compatibilidade direta com o *Raspberry PI*, este se torna o sistema de maior benefício a ser usado para o desenvolvimento deste projeto. O *Node-RED* tem a capacidade de facilitar a aplicação e a programação do sistema, tendo suporte para o controle via internet e criação de interface gráfica, podendo ser acessada através de um IP gerado pela ferramenta.

No próximo capítulo abordaremos as etapas, os componentes e o software utilizado neste projeto.

3 CAPÍTULO 3- ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

Este capítulo contemplará a descrição do processo de desenvolvimento do projeto, incluindo detalhes da maquete, descrição dos sensores, configuração do *Raspberry PI* e interface NODE RED.

3.1 PROTÓTIPO

A maquete tem como objetivo simular um ambiente residencial que represente uma casa comum. Feita de MDF - *Medium Density Fiberboard*, a maquete possui um comprimento de 48cm, largura de 40cm e altura de 17cm, internamente dividida em 5 cômodos.

Figura 12 – Maquete



Fonte: Autor (2018)

Para simular o ambiente residencial automatizado, serão instalados sensores, atuadores e uma central de controle responsável por gerenciar o sistema. Esses componentes foram descritos no Capítulo 2.

Para detectar as condições ambientais, serão utilizados sensores de umidade e temperatura baseados no modelo DHT11, um sensor de luminosidade do tipo LDR.

Para o controle do ambiente será utilizado um *cooler* 12V para simular o sistema de refrigeração e um relé DC 5V/ AC 120V para acionamento de uma lâmpada 15W/110V.

O sensor DHT11, tem como objetivo, fornecer os dados equivalentes à temperatura do ambiente e umidade do ar, para que a partir deles, o *cooler*, responsável pela ventilação, seja acionado para manter a temperatura em uma faixa definida durante a programação do código.

De acordo com a intensidade da luminosidade interna, o LDR tem a função de comparar o valor lido com o ajustado no código, e assim, acionar a lâmpada através do chaveamento da rede elétrica, controlando o nível de iluminação do ambiente.

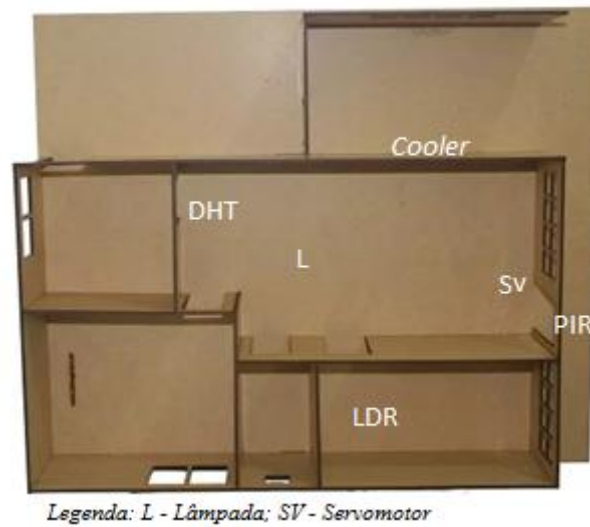
Para controle de acesso, será usado um sensor de presença PIR, que detectará a presença de um indivíduo e acionará na saída do sistema um servomotor. Este fará o controle de uma porta interna, simulando uma situação onde não seja preciso, de maneira manual, abrir ou fechar a mesma.

O gerenciamento do sistema é feito pelo RPI, através de uma página web responsiva, que será a responsável por dar o *feedback* ao usuário sobre o ambiente residencial. Esta página web é criada pela ferramenta *Node-RED* e é através dele que toda a programação é feita.

O *Node-RED* por ser um sistema SCADA, é responsável pela supervisão e controle dos processos automatizados e também pela interface de interação com o usuário.

Seguindo, na Figura13, temos a ilustração da disposição destes componentes dentro da maquete:

Figura 13 – Disposição dos componentes



Fonte: Autor (2018)

3.1.1 Raspberry PI 3 Modelo B

No protótipo, o RPI possui a função de gerenciamento e controle dos componentes, além de executar a ferramenta SCADA do sistema. Neste microcomputador será instalado o sistema operacional *Raspbian Stretch*, juntamente com software *Node-RED* para servir de base para centro de controle do projeto.

Apesar de ter sido mostrado anteriormente na Figura 6, a tabela abaixo lista as principais características técnicas deste microcomputador.

Tabela 1 – Especificação Técnica do Raspberry Pi 3, Modelo B

Fabricante	Raspberry PI
Processador	BCM2837 4 núcleos, 64bits, 1.2GHz
Memória RAM	1Gb
Conexão	Ethernet, Wi-Fi 802.11, Bluetooth 4.1,
Portas	USB, 4 ao total
Vídeo	HDMI, DSI
Pinos	40

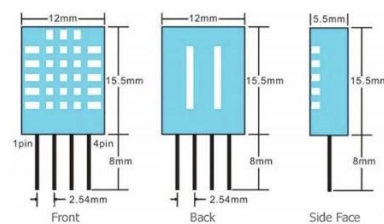
Fonte: Autor (2019)

3.1.2 Sensor de Umidade e Temperatura DHT11

É composto por um termistor do tipo NTC e um sensor de umidade do tipo HR202. Este tipo de componente é capaz de medir temperaturas na faixa de 0 a 50 Celsius e umidade entre 20 e 90%. Muito usado para projetos que envolvem Arduino e Raspberry.

O DHT11 foi mencionado anteriormente, na figura 3, e mais abaixo são mostradas as dimensões e listada algumas características mais específicas deste sensor.

Figura 14 – Dimensões DHT11



Fonte: TecnoDomos (2015, online)

As especificações mais técnicas e detalhadas são:

Tabela 2 – Especificações Técnicas DHT11

Fabricante	Aosong Electronics
Medição de Umidade	20 a 90% UR
Medição de Temperatura	0° a 50°C
Alimentação	3 a 5 volts DC
Corrente	200uA a 500mA
Precisão de medição da Umidade	5.0%
Precisão de medição da Temperatura	2.0 °C
Resposta	2 segundos

Fonte: Adaptado de FilipeFlop (2018, online)

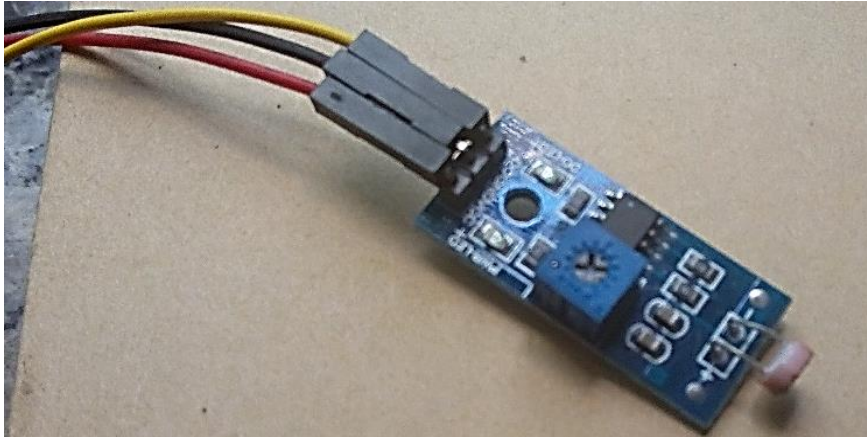
3.1.3 Sensor de luz LDR

Os sensores de luz LDR (*Light Dependant Resistor*), são foto resistores que alteram a sua resistência de acordo com a intensidade da iluminação captada por eles. Sendo assim, toda vez que a intensidade da iluminação estiver baixa, o sensor capta este parâmetro e envia o sinal para o sistema, desta maneira, é possível ter o controle sobre o sistema de iluminação da casa (ROBOZERA, 2017).

Este modelo de sensor possui um regulador de sensibilidade que pode ser calibrado manualmente. Através do comparador de tensão LM 393, o sensor compara os valores da leitura analógica com a tensão regulada produzindo, assim, um sinal lógico “0” ou “1” que simbolizam ausência ou presença de luz.

A Figura 15 e a Tabela 3 exemplificam e descrevem algumas especificações do sensor.

Figura 15 – Sensor de luz LDR



Fonte: Autor (2018)

Tabela 3 – Especificações do LDR

Fabricante	Cds
Tensão	3 a 5 volts
Saída	Digital e Analógica
Dimensões	30mm x 13mm

Fonte: Adaptado de FilipeFlop (2018, online)

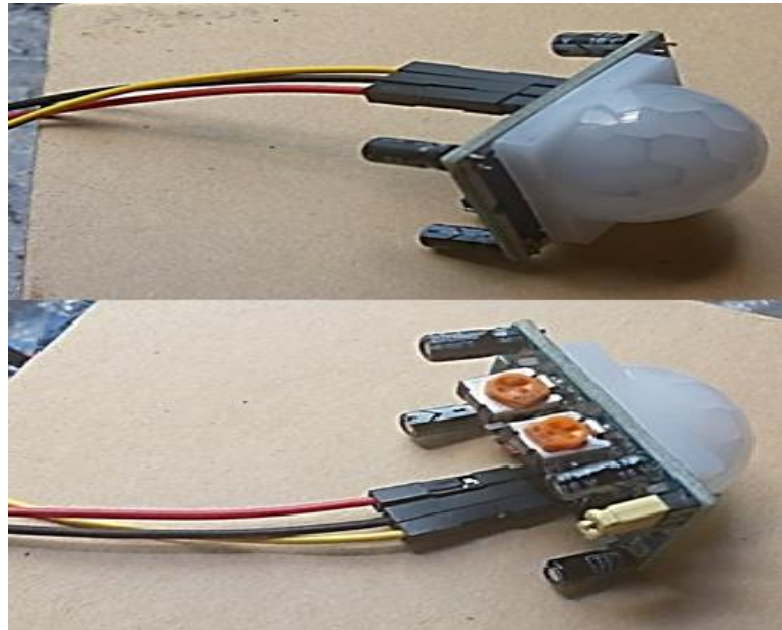
3.1.4 Sensor de presença PIR

O sensor de presença, também chamado de PIR (*Passive Infra-Red*), é capaz de detectar níveis de irradiação infravermelha emitidas pelo corpo humano. No caso do HC-SR501, é acoplado um domo branco que têm a função de aumentar a zona de alcance do sensor (FilipeFlop, [200-?]).

Este módulo tem a capacidade de tratar o sinal, tornando o funcionamento mais simples de forma que, conectando a alimentação do sensor, o mesmo inicia a captação das irradiações infravermelhas externas, que, quando captado, um sinal de nível alto é emitido em seu terminal.

Nele existem dois potenciômetros. Um é responsável pelo tempo em que o pino de saída fica em nível alto; o outro ajusta a distância de detecção do sensor. Essa calibração dos potenciômetros é feita de maneira manual, sem a necessidade de se pausar ou reiniciar o sistema para que seja aplicada.

Figura 16 – Sensor de presença PIR



Fonte: Autor (2018)

Tabela 4 – Especificações do sensor PIR

Tensão	5 a 20 volts
Tempo de delay ajustável	2 a 200 segundos
Distância de detecção	3 a 7 metros
Ângulo de detecção	100°

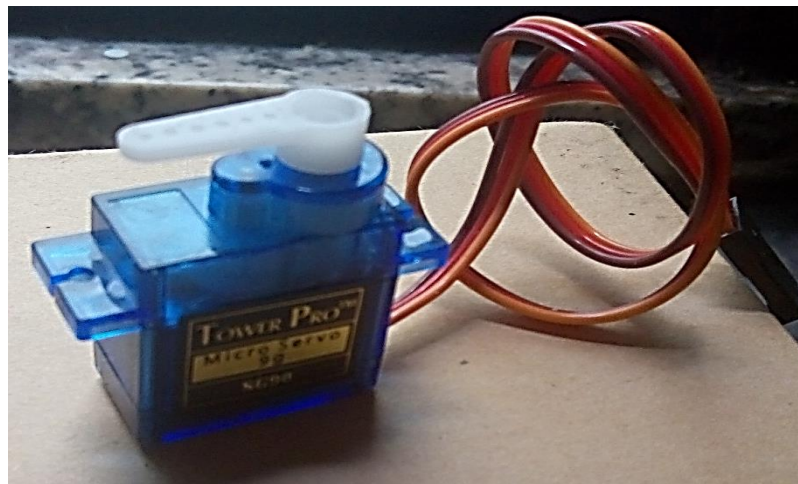
Fonte: Adaptado de FilipeFlop (2018, online)

3.1.5 Servomotor

O servo é um motor com posições angulares que pode ser controlado através de um sinal PWM. Desta forma, o servomotor é um atuador eletromecânico utilizado, geralmente, para manter objetos em determinadas posições e neste projeto ele será responsável por abrir ou fechar uma porta (MOTA, 2017).

Abaixo estão listadas as especificações técnicas mais detalhadamente através da Figura 17 e da tabela 5.

Figura 17 – Servomotor SG90



Fonte: Autor (2018)

Tabela 5 – Especificações Servomotor SG90

Fabricante	TowerPro
Tensão	3 a 7,2 volts
Ângulo de rotação	180°
Velocidade	0,12 segundos

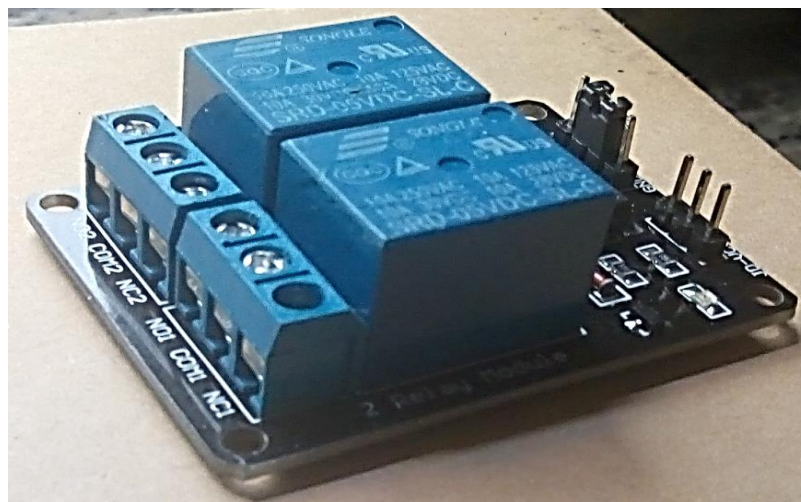
Fonte: Adaptado de FilipeFlop (2018, online)

3.1.6 Módulo Relé

Os relés são dispositivos eletromecânicos, cujo o acionamento é realizado de maneira elétrica. Eles se comportam como chaves que abrem e fecham os circuitos ou ativam e desativam as saídas dos circuitos (MUNDO DA ELÉTRICA, 2015).

O modelo usado, mostrado na Figura 18 abaixo, é um módulo de dois canais, ou seja, suporta até dois circuitos independentes. Seguindo a imagem, está uma tabela mais detalhada das características deste componente.

Figura 18 – Módulo Relé



Fonte: Autor (2018)

Tabela 6 - Especificações do Módulo Relé

Fabricante	Songle Relay
Tensão	5 a 220 volts
Corrente	15 a 20 mA
Tensão de saída a 10A	30 a 250 volts
Pinagem	Normal aberto, Normal fechado, Comum

Fonte: Adaptado de FilipeFlop (2018, online)

3.1.7 Cooler

Para a simulação do ambiente será utilizado um *cooler* de 12 volts, Figura 19, que simula um ventilador ou ar condicionado, acionado sempre que a temperatura for maior que um determinado valor.

Figura 19 – *Cooler*



Fonte: Autor (2018)

3.2 SISTEMA SUPERVISÓRIO

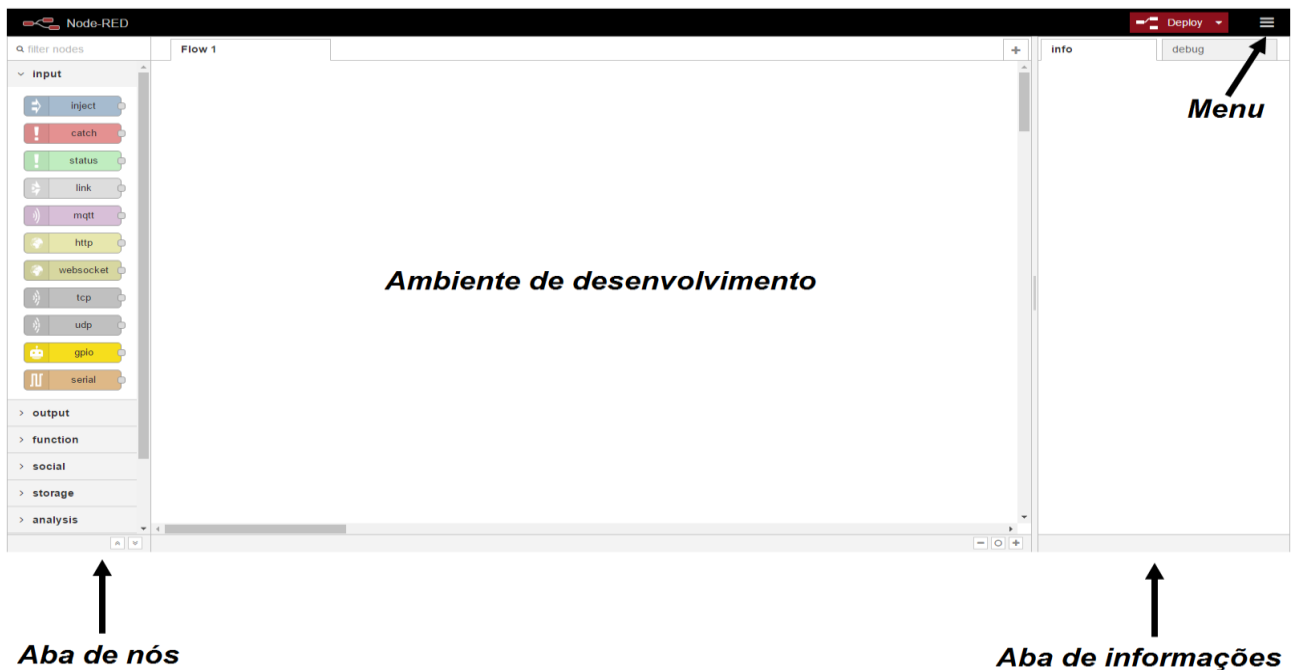
3.2.1 Sistema SCADA *Node-RED*

O sistema contém o código de programação responsável por determinar as ações dos atuadores de acordo com os dados obtidos dos sensores ou acionamentos. Também é onde a página web responsiva foi desenvolvida, criando uma interface mais prática para o usuário, Figura 22.

Instalado diretamente no *Raspberry PI*, junto com o sistema operacional *Raspbian Stretch*, essa ferramenta se conecta diretamente com as portas de entrada e saída do RPI, proporcionando uma facilidade na comunicação dos componentes com o sistema.

O ambiente de desenvolvimento é executado diretamente no navegador do *Raspberry*, usando um endereço local: *localhost:1880*. O código pode ser dividido em várias abas (*flows*), para melhor organizar o processo de desenvolvimento. Para acessar a página web contendo a interface de usuário, é necessário usar o endereço: *localhost:1880/ui*. Abaixo têm-se um exemplo da área de desenvolvimento:

Figura 20 – Ambiente *Node-RED*



Fonte: FilipeFlop (2017, online)

A Aba de nós disponibiliza todas as funções, entradas, saídas, laços e elementos necessários para a programação das regras de automação e interface do usuário. Basta selecionar e arrastar para o Ambiente de desenvolvimento. Após arrastar, os elementos ou blocos, é necessário conectá-los para que o programa saiba qual será o comando programado. Essa conexão entre blocos é feita através de pontos contidos no início e final de cada um.

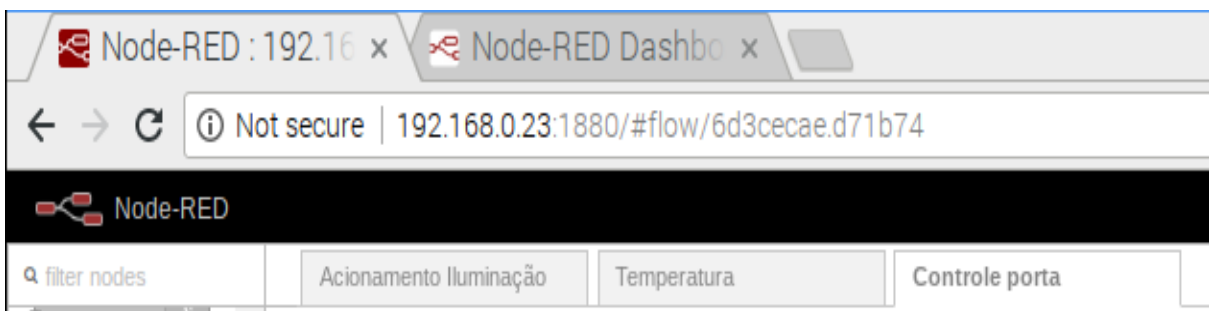
Na Aba de informações ou *debug*, aparecem os dados obtidos e informações relevantes durante a execução do código. Por lá também é possível gerenciar o *dashboard*, responsável por criar a página web que o usuário terá acesso.

3.2.2 Comunicação dos sensores

Os sensores são ligados nas portas GPIO do *Raspberry PI (input)*. É criado um *Flow* respectivo a cada sensor, a fim de discriminar visualmente os nós responsáveis pelo funcionamento deles, facilitando a manutenção e desenvolvimento do código.

Abaixo está uma representatividade de um bloco:

Figura 21 – Flows



Fonte: Autor (2018)

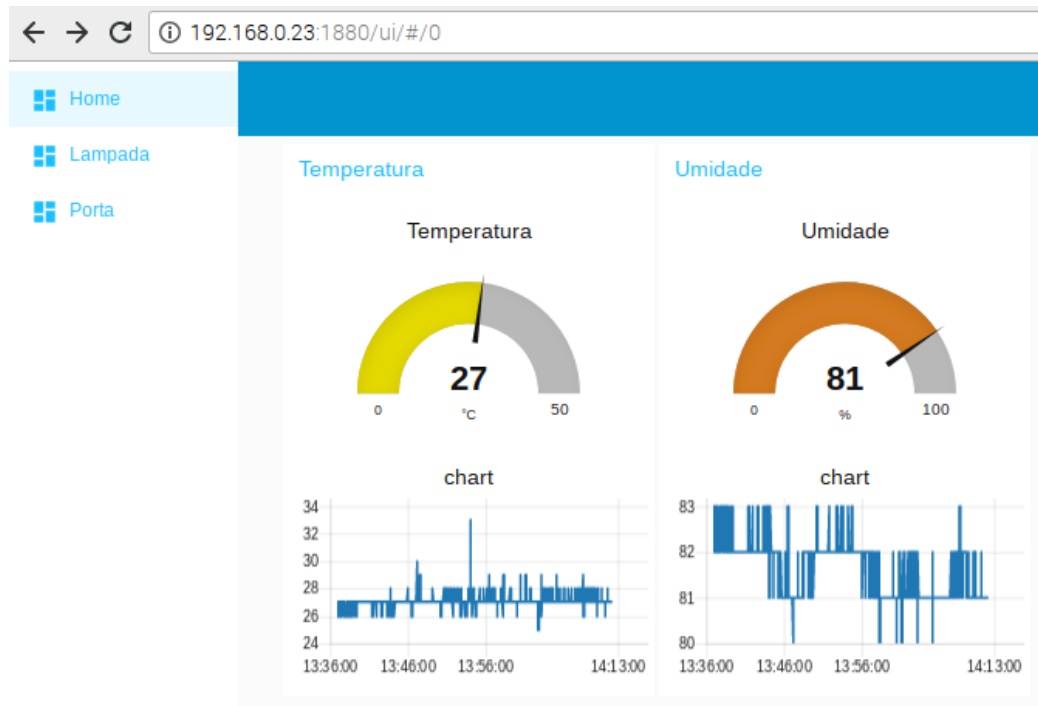
3.2.3 Interface do Usuário

A interface é executada em uma página web responsiva criada no *Node-RED*. Todos os nós e blocos relacionados à interface web são provenientes do *dashboard*, capaz de gerar botões, gráficos, menus e blocos de texto. Todos esses blocos podem ser personalizados com ícones disponibilizados no site oficial do *Node Red*.

Foram usados gráficos do tipo *gauge* e *chart*, para mostrar as temperaturas e umidades captadas pelo sensor. Botões para ligar e desligar a lâmpada e acionar a porta. O *layout* da página foi dividido em menus, onde cada um é relativo a cada sensor/acionamento.

O menu lateral organiza e divide os acionamentos. Essa divisão, em um cenário real, poderia ser feita dos cômodos da casa, como: quarto, sala, cozinha, área de serviço.

Figura 22 – Interface da página

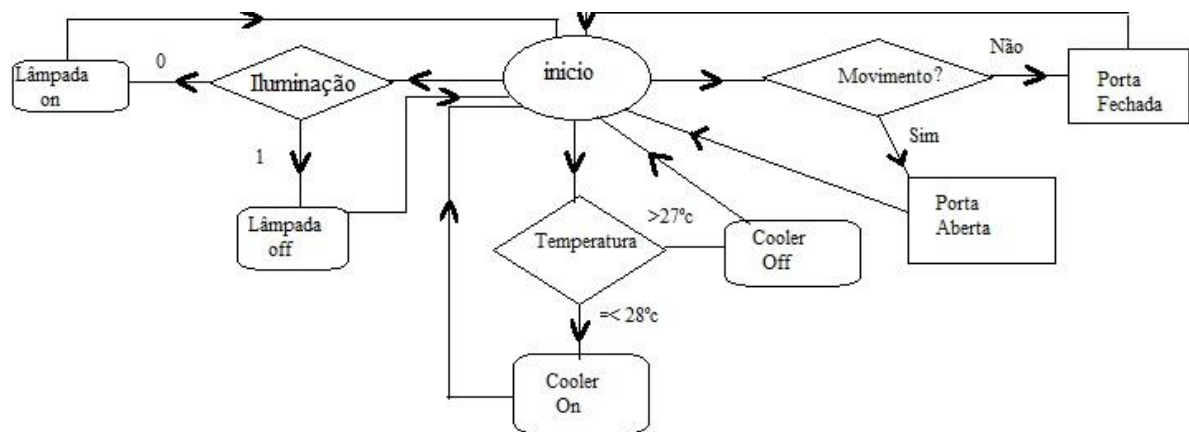


Fonte: Autor (2018)

3.3 FUNCIONAMENTO

O diagrama representativo do funcionamento geral do sistema, está representado na Figura 23.

Figura 23 - Fluxograma de funcionamento



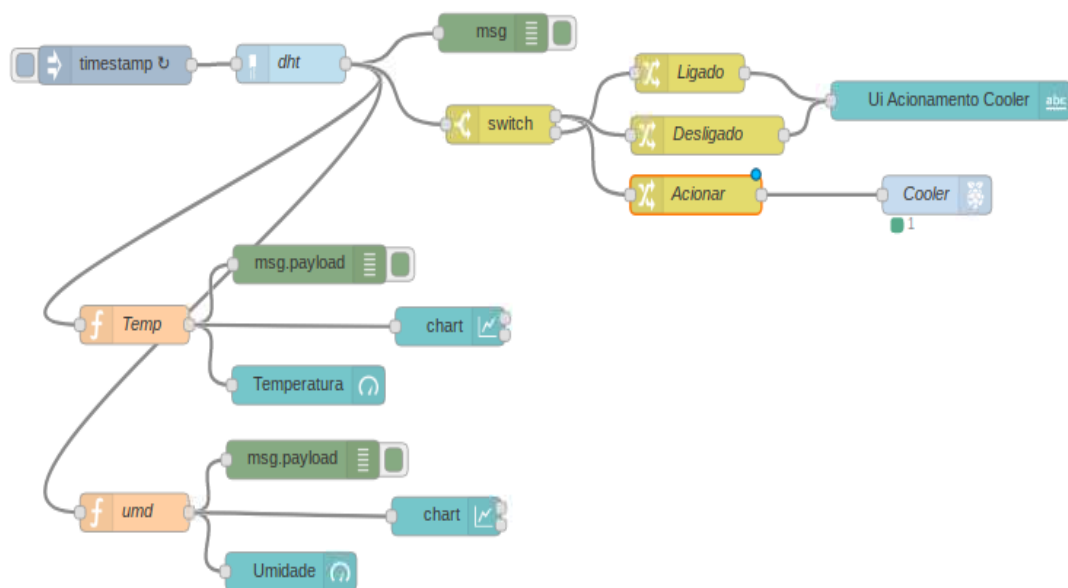
Fonte: Autor (2018)

3.3.1 Funcionamento da temperatura

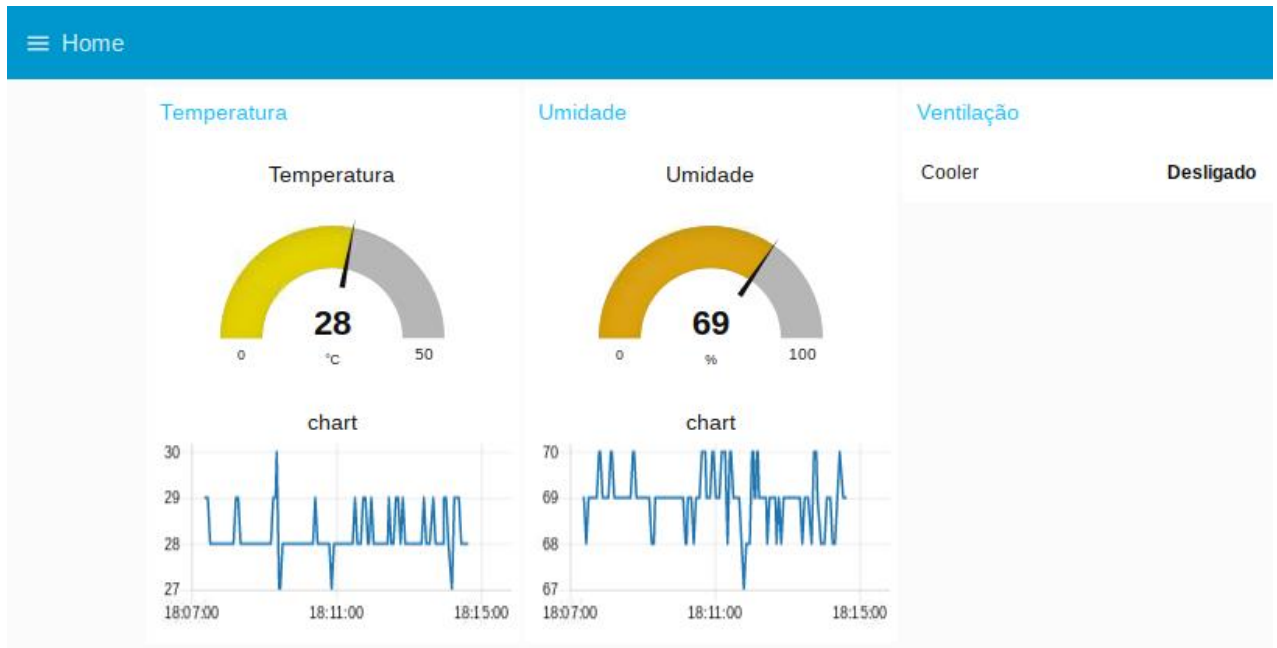
O sensor de umidade e temperatura (DHT11), faz a leitura da temperatura e da umidade do ambiente no *delay* de 1 segundo. O sistema trata esses valores e gera dois gráficos no modelo *gauge* e *chart* para cada medição, onde é demonstrado para o usuário os respectivos valores. Na lista de menus, existe um subitem especificamente para a visualização destes dados.

Uma vez que a leitura foi feita, o código faz uma comparação entre a temperatura captada e a temperatura definida na programação, de forma que se a temperatura ambiente for maior que a definida como parâmetro, o *cooler* será acionado até que a temperatura fique abaixo ou igual à pré-definida. Este *cooler* também poderá ser acionado manualmente, pressionando um botão na página.

Figura 24 – Laço de comparação de temperatura



Fonte: Autor (2018)

Figura 25 – Aba *Home*

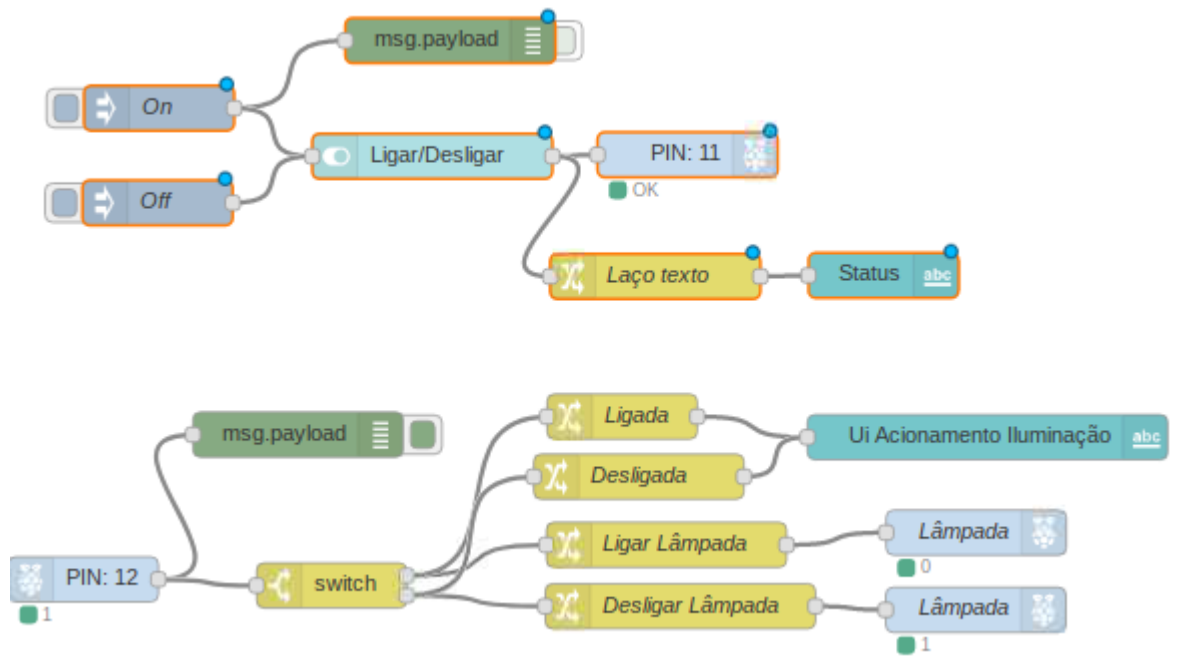
Fonte: Autor (2018)

3.3.2 Funcionamento da iluminação

O sensor de luz (LDR), capta a intensidade de luminosidade gerada pelo ambiente e o sistema compara essa intensidade com o valor definido no código de programação. Assim, através de um laço condicional, o sistema decide ligar ou não a lâmpada. O acionamento da lâmpada também pode ser feito através de um botão do tipo *switch* disposto na aba referente à iluminação do ambiente.

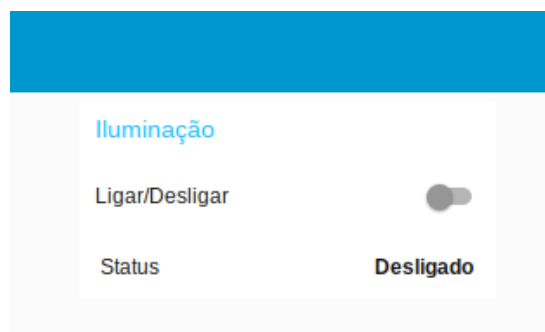
A parte do código referente a esta funcionalidade, está demonstrado abaixo na Figura 26.

Figura 26 – Laço da Iluminação



Fonte: Autor (2018)

Figura 27 – Layout do acionamento da iluminação



Fonte: Autor (2018)

3.3.3 Acionamento da porta

O sensor de presença (PIR) é posicionado próximo à porta, fazendo a captação dos sinais emitidos pelo ambiente constantemente. Dessa maneira, a medida que um sinal é captado, um pulso é enviado e o sistema o interpreta como um pulso nível alto, sendo assim, um comando de acionamento é enviado para o atuador.

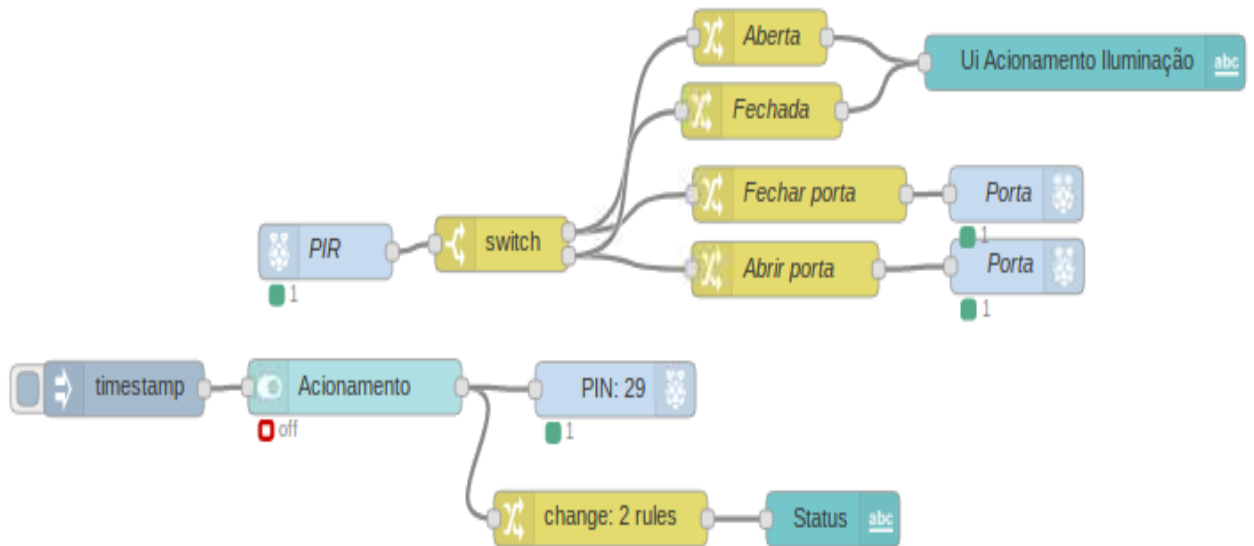
O servomotor é responsável por fazer o movimento da porta, abrindo ou fechando-a. Esta função está diretamente associada à leitura de sinais do sensor PIR. Uma vez que o pulso é enviado e interpretado como alto, o sistema manda o comando para o servomotor, acionando-o e fazendo com que a porta se abra. Caso o PIR não detecte nenhum outro movimento, o processo inverso ocorre e o servo motor fecha a porta.

Este cenário pode simular um ambiente interno da casa, como área de serviço, onde geralmente as pessoas estão com as mãos ocupadas. A porta ser acionada automaticamente facilitaria esse acesso.

Para o controle manual, pode-se imaginar a porta de entrada da casa. Não havendo a necessidade de usar chaves ou cadeados, o controle da porta através do dispositivo móvel, fornece segurança para o usuário, evitando com que ele fique exposto procurando a chave certa para determinada tranca.

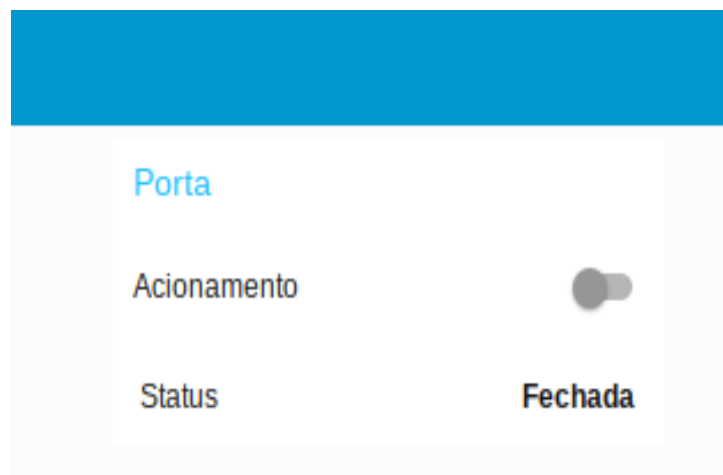
O esquema de funcionamento do código está demonstrado na Figura 28 e a *interface* na Figura 29.

Figura 28 – Esquematização do acionamento da porta



Fonte: Autor (2018)

Figura 29 – Interface da Aba Porta



Fonte: Autor (2018)

Analisando o processo de implementação é possível perceber que o uso RPI com *Node-RED* traz inúmeros benefícios para a automação residencial, como baixo custo de aquisição e manutenção, ampla gama de sensores e atuadores e uma interface ergonômica e estável para gerenciamento dos componentes.

A programação em blocos facilita a visualização do funcionamento do sistema e fornece uma melhor organização do código. Desta maneira, é possível separar os blocos de acordo com sua funcionalidade. Tendo como exemplo, separar os blocos responsáveis por criar a *interface* gráfica dos demais.

O tempo de resposta dos comandos enviados do site para o *Raspberry PI* é muito baixo, fazendo com que o comando seja executado quase instantaneamente, gerando uma confiabilidade maior no sistema.

4 CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado do projeto, demonstra que os objetivos da monografia foram alcançados, fazendo uso dos recursos descritos no Capítulo 2, além de demonstrar o papel que a automação pode assumir na vida das pessoas.

O objetivo foi gerar uma abordagem mais prática dos conceitos, ferramentas e componentes estudados ao longo da graduação, a fim de demonstrar a viabilidade dos mesmos no processo de automação residencial.

De maneira geral, o protótipo se comportou de forma eficiente dando margem para uma aplicação em maior escala, sendo limitado apenas pelas portas GPIO do RPI. Seu *hardware* fornece o suporte necessário para essa ampliação.

A combinação do *Raspberry PI* com o *Node-RED*, mostrou-se completa e funcional. Um microcomputador com uma capacidade de processamento muito alta somado com uma ferramenta muito completa, são capazes de criar cenários automatizados para casas, apartamentos, lojas, e diversos outros ambientes.

Visto que existem aplicações no Brasil que chegam em valores altíssimos de 500 mil reais utilizando equipamentos complexos que encarecem a manutenção e reposição dos componentes. Este projeto atendeu o requisito de baixo custo e acessibilidade. O custo total não ultrapassou 500,00 reais, em componentes e material necessário. Que por sua vez, resulta em uma possível popularização deste serviço.

Apesar da simplicidade dos componentes, o sistema apresentou respostas condizentes com os parâmetros definidos, sem oscilações insatisfatórias. O sistema demonstra que a Domótica pode contribuir para melhorar a ergonomia das casas a um custo baixo. Uma aplicação, seriam casas de pessoas com alguma dificuldade de mobilidade.

4.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Durante o processo de desenvolvimento várias dificuldades foram encontradas e contornadas. Abaixo o descritivo das mesmas:

1. Falta de conhecimento em relação ao uso do *Raspberry PI* e da ferramenta *Node-RED*, que são as peças fundamentais no desenvolvimento do projeto.
2. Falta de integração do sistema *Node RED* com os componentes, uma vez que a documentação encontrada era, em sua maioria, relacionada ao Arduino (outro modelo de microcontrolador).

Ajustar os componentes para funcionar com o RPI neste projeto, foi demorado e difícil.

Apesar das dificuldades, os conhecimentos básicos adquiridos ao longo do curso foram essenciais para compreender e contornar situações que poderiam ser fatais no desenvolvimento do trabalho. No processo de resolução destes problemas, mais conhecimento foi desenvolvido e aplicado, tornando cada vez menores os empecilhos encontrados.

4.2 TRABALHOS FUTUROS

Para o futuro almeja-se a implementação de mais funcionalidades, como: implementação de um sistema de CFTV, controle de porta através de senha, medição de consumo dos componentes traduzido em reais, melhorias na interface da página web, hospedagem do site para que possa ser acessado fora da conexão local.

Também é proposta a aplicação real, em maior escala, deste protótipo, realizando as devidas alterações e correções para que se adapte e se torne mais preciso e funcional no uso diário das pessoas.

No passo que a aplicação for ganhando maiores proporções, a substituição de certos componentes pode ser fundamental e necessária, desta maneira, futuramente serão testados novos tipos de sensores e atuadores que permitam maior precisão das variáveis mensuradas.

O uso do 5G também é muito interessante para a aplicação. No cenário atual do Brasil, onde esta tecnologia está sendo implementada, a internet móvel de melhor qualidade é de grande importância para o projeto. Esta tecnologia forneceria uma conexão mais confiável, rápida e maior qualidade.

5- REFERÊNCIAS

AUTOMAÇÕES. **Automação com software livre utilizando o ScadaBR**. Disponível em: <<https://automacoes.net/2011/09/05/automacao-com-software-livre-utilizando-o-scadabr/>>.

Acesso em: 28 maio 2018.

ADAFRUIT. **Raspberry PI**. Disponível em: <<https://www.adafruit.com/>>. Acesso em: 21 out. 2017

CARRARA, V. **Apostila de Robótica**. 81 f. Curso de engenharia mecânica, área de ciências exatas, Universidade de Braz Cubas. Mogi das Cruzes, [2010?].

CEDOM. **Sobre domótica**. Disponível em: <<http://www.cedom.es/es>>. Acesso em: 19 out. 2017.

ELEMENT 14. **Raspberry PI 3**. Disponível em:

<<https://www.element14.com/community/welcome>>. Acesso, 23 out. 2017.

EMBARCADOS. **Sistemas Embarcados – O que é? Qual a sua importância?** Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/sistema-embarcado/>>. Acesso em: 17 out. 2017.

FERREIRA, João Alexandre Oliveira. **Interface homem-máquina para domótica baseado em tecnologias WEB**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal, 2008.

FILIPEFLOP. **Primeiros passos com o node-red e Arduino uno**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/primeiros-passos-node-red-arduino-uno/>>. Acesso em: 29 maio 2018.

_____. **Módulo Relé 5V 2 Canais**. Disponível em:

<<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rele-5v-2-canais/>>. Acesso em: 28 maio 2018.

_____. **Sensor de Umidade e Temperatura**. Disponível em:

<<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/#tab-blogrelacionados>>. Acesso em: 27 maio 2018

HEATH, Steve. **Embedded System Design**. 1 ed. São Francisco: Newnes, 2003.

IBM. **Welcome SQLDB and dashDB nodes to Node-RED family!** Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/bluemix/2015/02/welcome-sqldb-dashdb-nodes-nodered-family/>>. Acesso: 28 maio 2018.

INFINITE AUTOMATION. **Mango Features Overview.** Disponível em: <<https://infiniteautomation.com/mango-overview/>>. Acesso em: 19 maio 2018.

LI, Quing; YAO, Caroline. **Real-Time Concepts for Embedded Systems.** 2ed. Oxford. CMPBooks, 2003.

MARWEDEL, P. **Embedded System Design.** 1 ed. Dortmund. Kluwer Academic Publishers, 2003.

MUNDO DA ELÉTRICA. **O que é relé? Como funciona um relé?** Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-como-funciona-um-rele/>>. Acesso: 30 maio 2018.

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. Capítulo I Automação residencial: histórico, definições e conceitos. **O Setor elétrico**, 2011.

OLIVEIRA, André S. de; ANDRADE, Fernando S. **Sistemas Embarcados: Hardware e Firmware na Prática.** 2ed. São Paulo: Érica, 2010.

RASPBERRY PI. **About.** Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/>>. Acesso: 22 out. 2017.

RICHARDSON, Matt; WALLACE, Shawn. **Primeiros Passos com o Raspberry Pi.** Tradução de Patricia Tieme Maeda. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2013.

ROBOZERA. **Conectando Sensores de Luz no Raspberry Pi.** Disponível em: <<https://robozera.com/2017/01/05/sensor-de-luz-ldr-raspberry-pi/>>. Acesso em: 30 maio 2018.

ROQUE, Luiz Alberto Oliveira Lima. **Automação de Processos com Linguagem Ladder e Sistemas Supervisórios.** 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

SMART AUTOMAÇÃO. **Artigos**. Disponível em: <<http://www.smartautomacao.net/>>. Acesso: 18 out. 2017.

TECNODOMOS. **DHT11 Sensor de Humidade & Temperatura**. Disponível em: <<http://tecnodomos.blogspot.com/2015/07/dht11-sensor-de-humidade-temperatura.html>>. Acesso em: 29 maio 2018.

TECHTUDO. **Vale a pena investir em automação residencial para casa?** Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2014/06/vale-pena-investir-em-automacao-para-casa.html>>. Acesso em 23 junho 2018.

TEZA, Vanderlei Rabelo et al. **Alguns aspectos sobre a automação residencial: domótica**. 2002.

VIDA DE SILICIO. **O que é Servomotor? Controlando um Servo com Arduino**. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-servomotor/>>. Acesso em: 31 maio 2018.

_____. **Sensor de Presença Pir - HC-SR501**. Disponível em: <<https://www.vidadesilicio.com.br/sensor-presenca-pir-hc-sr501>>. Acesso em: 29 maio 2018.

WOLF, Waine. **Computers as Components - Principles of Embedded Computing System Design**. 1 ed. São Francisco. Morgan Kaufmann Publishers, 2001.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2017.

