

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

ÉRICK STORCK

SMART VOICE CONTROL:
UM SISTEMA IOT PARA CASAS INTELIGENTES CONTROLADO POR VOZ

SÃO LEOPOLDO
2019

Érick Storck

SMART VOICE CONTROL:
UM SISTEMA IOT PARA CASAS INTELIGENTES CONTROLADO POR VOZ

Projeto de Pesquisa apresentado como
requisito parcial para obtenção do título de
Graduado em Engenharia da Computação,
pela Universidade do Vale do Rio dos
Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa

SÃO LEOPOLDO

2019

RESUMO

A internet evoluiu desde sua criação, expandiu-se de forma tão rápida que atualmente quase metade da população mundial tem acesso a mesma. Segundo a ONU, em 2018 foram cerca de 3,7 bilhões de pessoas com acesso a rede móvel no mundo. Além disso, atualmente a internet pode ser acessada de praticamente qualquer lugar, sendo de *notebooks*, *smartphones*, *smartwatches*, e diversos outros dispositivos. Esse número cresce a cada dia e torna a rede de comunicação cada vez maior e mais abrangente, exigindo soluções para aprimoramento e desenvolvimento das tecnologias envolvidas neste processo. Internet das Coisas ou IoT (*Internet of Things*) é um paradigma atual da área de computação, no qual objetos no mundo físico, como por exemplo, televisores, geladeiras, *smartphones*, estão conectados por meio da *Internet* provendo serviços e trocando informações entre si em escala global. Esse novo paradigma tem levando ao cotidiano das pessoas uma interação muito maior com o ambiente a sua volta, sendo possível a obtenção de dados estatísticos e análises de consumo da rede elétrica, por exemplo. Assim como o acionamento de dispositivos através de um simples toque no *smartphone*, ou até mesmo pelo próprio reconhecimento da voz do usuário, executando comandos conforme solicitado.

Este trabalho oferece uma solução de integração de dispositivos através de um servidor MQTT, cuja função é receber e enviar dados aos dispositivos inteligentes conectados a ele, assim como receber comandos e retornar *feedbacks* de funcionamento para esses dispositivos. Visando o aprimoramento da acessibilidade a essa tecnologia, este projeto é totalmente integrado com comandos de voz, possibilitando que pessoas com baixa capacidade motora ou mobilidade possam ter acesso interativo com o ambiente inteligente. O processo de criação desse projeto faz uso de tecnologias atuais, porém simplificando as mesmas para que haja um maior entendimento geral de suas funcionalidades.

Os resultados do trabalho demonstram que é possível a criação de um ambiente IoT integrado com dispositivos inteligentes sendo controlados tanto manualmente quanto por comandos de voz. A pesquisa realizada demonstra que mais de 90% dos usuários que testaram o sistema aprovam tanto sua utilidade quanto a facilidade de uso do mesmo.

Palavras-Chaves: IoT, Internet das Coisas, MQTT, Node-Red, Sistemas Embarcados.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2-1 Visões dos dispositivos IoT | 16 |
| Figura 2-2 As Diferentes Visões da IoT..... | 17 |
| Figura 2-3 Evolução Tecnológica no Contexto IoT..... | 19 |
| Figura 2-4 Relação entre Bluetooth e Bluetooth Smart Read..... | 22 |
| Figura 2-5 Modelo MQTT | 26 |
| Figura 2-6 Abstração do Protocolo CoAP | 28 |
| Figura 2-7 NodeMCU-ESP8266 | 29 |
| Figura 2-8 RaspBerry Pi..... | 30 |
| Figura 4-1 Visão Geral do Sistema Proposto | 37 |
| Figura 4-2 Modelo V | 38 |
| Figura 4-3 Fluxograma Servidor..... | 42 |
| Figura 4-4 Configuração Node-Red Estação Meteorológica | 43 |
| Figura 4-5 Gráficos Node-Red | 44 |
| Figura 4-6 Fluxograma Dispositivos IoT | 45 |
| Figura 4-7 Conexão Servidor MQTT | 45 |
| Figura 4-8 Conexão Publisher MQTT..... | 46 |
| Figura 4-9 Conexão Subscribe MQTT..... | 47 |
| Figura 4-10 Fluxograma Aplicativo..... | 48 |
| Figura 4-11 Interface de Desenvolvimento Gráfico MIT | 49 |
| Figura 4-12 Programação em Blocos MIT..... | 49 |
| Figura 4-13 Visão Geral do Modelo..... | 51 |
| Figura 4-14 Relações do Sistema | 52 |
| Figura 5-1 Tela Inicial do Aplicativo..... | 54 |
| Figura 5-2 Participantes da pesquisa | 58 |
| Figura 5-3 <i>Setup</i> do modelo..... | 59 |
| Figura 5-4 <i>Hardware</i> do modelo..... | 60 |
| Figura 5-5 Voluntário 1 Testando o Sistema | 61 |
| Figura 5-6 Voluntário 2 Testando o Sistema | 61 |
| Figura 5-7 Gráfico de Utilidade Percebida | 62 |
| Figura 5-8 Gráfico de Facilidade Percebida | 63 |
| Figura 5-9 Gráfico de Acessibilidade do Sistema..... | 64 |
| Figura 5-10 Faixa Etária dos Voluntário | 65 |

| | |
|---|----|
| Figura 5-11 Gráfico do Sexo dos Voluntários..... | 65 |
| Figura 5-12 Gráfico de Escolaridade dos Voluntários | 66 |
| Figura 5-13 Gráfico dos Conhecimentos em Informática dos Voluntários..... | 66 |
| Figura 5-14 Gráfico da Relação com <i>Smartphone</i> dos Voluntários..... | 67 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Trabalhos Relacionados..... | 34 |
| Tabela 2 - Comandos do Aplicativo..... | 50 |
| Tabela 3 – Questionário Sobre o Sistema..... | 56 |
| Tabela 4 – Questionário Sobre Informações Pessoais | 57 |
| Tabela 5 - <i>Hardware</i> do modelo | 59 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|---|
| AVS | Alexa Voice Services |
| BLE | Bluetooth Low Energy |
| CLP | Controlador Lógico Programável |
| COAP | Constrained Application Protocol |
| CSI | Camera Serial Interface |
| DSI | Display Serial Interface |
| DTLS | Datagram Transport Layer Security |
| GPIO | General Purpose Input/Output |
| GPS | Global Position System |
| GSM | Global System for Mobile Communications |
| HDMI | High Definition Multimedia Interface |
| IBM | International Business Machines Corporation |
| IDE | Integrated Development Environment |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IOT | Internet Of Things |
| IPV4 | Internet Protocol Version 4 |
| IPV6 | Internet Protocol Version 6 |
| ISM | Industrial Scientific and Medical |
| LED | Light Emitting Diode |
| LXDE | Lightweight X11 Desktop Environment |
| M2M | Machine to Machine |
| MQTT | Message Queuing Telemetry Transport protocol |
| NFC | Nier Field Communication |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| OSI | Open Systems Interconnection |
| PAND | Porcentagem de Acerto Não Disponível |
| PROTA | Programa de Tecnologia Assistiva |
| PWM | Pulse Width Modulation |
| RAM | Random Access Memory |
| RFID | Radio Frequency Identification |
| RISC | Reduced Instruction Set Computing |

| | |
|------|-------------------------------|
| RSSF | Rede de Sensores Sem Fio |
| SMS | Short Message Service |
| SQL | Structured Query Language |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| UDP | User Datagram Protocol |
| USB | Universal Serial Bus |
| WIFI | Wireless Fidelity |
| WSN | Wireless Sensor Networks |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | DEFINIÇÃO DO PROBLEMA | 11 |
| 1.2 | OBJETIVO | 12 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 12 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 13 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA..... | 13 |
| 1.4 | ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 13 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1 | IOT (<i>INTERNET OF THINGS</i>) | 15 |
| 2.1.1 | Aplicações | 19 |
| 2.1.2 | Conclusão do Capítulo | 20 |
| 2.2 | TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO | 21 |
| 2.2.1 | <i>Wi-Fi (Wireless Fidelity)</i> | 21 |
| 2.2.2 | <i>Bluetooth e BLE (Bluetooth Low Energy)</i> | 21 |
| 2.2.3 | <i>Zigbee</i> | 22 |
| 2.2.4 | <i>RFID (Radio Frequency IDentification)</i> | 23 |
| 2.3 | TECNOLOGIAS PARA COMANDOS DE VOZ | 23 |
| 2.3.1 | Alexa | 24 |
| 2.3.2 | Google Assistant | 24 |
| 2.4 | TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO IOT | 25 |
| 2.4.1 | Protocolo MQTT | 25 |
| 2.4.2 | Protocolo CoAP | 27 |
| 2.5 | DISPOSITIVOS IOT..... | 28 |
| 2.5.1 | ESP8266 | 28 |
| 2.5.2 | RaspBerry Pi | 29 |
| 3 | TRABALHOS RELACIONADOS | 31 |
| 4 | MODELO PROPOSTO | 36 |
| 4.1 | VISÃO GERAL DA PROPOSTA | 36 |
| 4.2 | ETAPAS DO PROJETO..... | 38 |
| 4.2.1 | Especificações | 38 |
| 4.2.2 | Requisitos do Sistema | 39 |
| 4.2.3 | Projeto | 39 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 4.2.4 | Implementação..... | 40 |
| 4.2.5 | Teste de Aplicações | 40 |
| 4.2.6 | Integração de <i>Software/Hardware</i> | 41 |
| 4.2.7 | Verificação dos Requisitos | 41 |
| 4.3 | DESENVOLVIMENTO DO PROJETO | 41 |
| 5 | APECTOS DE AVALIAÇÃO E RESULTADOS | 53 |
| 5.1 | AVALIAÇÃO..... | 53 |
| 5.1.1 | Funcionamento do Aplicativo Smart Voice Control (SVC)..... | 53 |
| 5.1.2 | Metodologia Proposta | 55 |
| 5.1.3 | Realização do Experimento | 57 |
| 5.2 | RESULTADOS..... | 62 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 69 |
| 6.1 | CONCLUSÕES | 69 |
| 6.2 | CONTRIBUIÇÕES | 70 |
| 6.3 | TRABALHOS FUTUROS | 70 |
| | REFERÊNCIAS | 72 |

1 INTRODUÇÃO

A internet evoluiu desde sua criação, expandiu-se de forma tão rápida que atualmente quase metade da população mundial tem acesso a mesma. Segundo a ONU, em 2018 foram cerca de 3,7 bilhões de pessoas com acesso a rede móvel no mundo. Além disso, atualmente a internet pode ser acessada de praticamente qualquer lugar, sendo de *notebooks*, *smartphones*, *smartwatches*, e diversos outros dispositivos. Esse número cresce a cada dia e torna a rede de comunicação cada vez maior e mais abrangente, exigindo soluções para aprimoramento e desenvolvimento das tecnologias envolvidas neste processo.

Esse crescimento exponencial da internet pressiona o mercado de inovações, determinando maior esforço para criação e desenvolvimento de tecnologias mais atraentes, tanto economicamente quanto na sua funcionalidade, suprimindo, assim as necessidades atuais da população.

Nesse sentido, novos dispositivos que utilizam a internet como base de funcionamento são desenvolvidos diariamente, denominados *Smart Devices*, estes objetos têm a capacidade de interpretar e sensoriar praticamente tudo o que ocorre no ambiente em que está inserido, como por exemplo, temperatura, luminosidade e movimento, e a partir dos dados colhidos é capaz de tomar decisões que mudam esse mesmo ambiente, visando aumentar a comodidade do usuário [Kortuem, 2010].

A possibilidade de automatizar ações simples que anteriormente seriam feitas somente por usuários é uma grande motivação para aquisição destes dispositivos, tais ações referem-se, em um cenário doméstico, a ligar e desligar luzes e quaisquer equipamentos eletrônicos, ajustar a temperatura do ambiente, abrir e fechar portas, ativar e desativar alarmes e diversas outras ações.

Seguindo a trilha de expansão em escala global, estes dispositivos inteligentes podem ser incorporados em ambientes de ensino, em hospitais, no trânsito, em indústrias, em todas as cidades, tornando-as interconectadas através dos *Smart Devices*. Caracterizando-se assim, neste ambiente global, a Internet das Coisas ou IoT (*Internet of Things*).

Segundo Mattern e Floerkemeier [2010], IoT é um paradigma onde qualquer dispositivo do mundo real pode trocar informações e serviços a qualquer momento por meio da internet, visando a otimização de ambientes e recursos, sendo acessível de qualquer lugar.

Existem vantagens com a utilização de IoT, além da inclusão de novas tecnologias nos dispositivos, a comunicação entre eles e o usuário pode proporcionar a otimização da utilização dos nossos recursos e bens de consumo, como água, luz e gás [Evans 2011], tendo informações relevantes sobre eles é possível ter um maior controle dos mesmos, aprimorando-se assim o consumo com consciência.

Porém para que toda essa tecnologia esteja presente no cotidiano das pessoas e em um contexto global, é preciso alcançar algumas metas no que diz respeito a comunicação dos dispositivos e sua escalabilidade. O paradigma de IoT implica na troca de informações e serviços entre “coisas”, porém a heterogeneidade existente nesses produtos, devido a diferentes tecnologias e protocolos dos fornecedores, resulta em uma grande dificuldade e até mesmo impossibilita a comunicação desses dispositivos. O exponencial aumento no número de objetos ligados entre si é outro ponto importante na disseminação da tecnologia IoT, segundo estudos a escalabilidade deve ser superada para que a IoT acompanhe a evolução e o surgimento de novos dispositivos no futuro [Xu, He, Li 2014].

É através de camadas de software que são enfrentados atualmente os desafios da IoT, essas camadas são conhecidas como *middlewares* e segundo Atzori, Iera e Morabito [2010], *middleware* é uma única camada ou um conjunto de várias subcamadas sobrepostas entre os dispositivos e os usuários, permitindo assim ocultar informações e detalhes que não estão diretamente relacionadas ao foco dos mesmos, facilitando assim sua utilização e aprimorando a experiência com a tecnologia, já que se torna mais simples e usual.

1.1 Definição do Problema

Atualmente o mercado está evoluindo no desenvolvimento de novas tecnologias que possam ser amplamente utilizadas pela maioria das pessoas, como por exemplo, *Smart TVs* onde os usuários são capazes de acessar a internet e instalar diversos aplicativos, como *Youtube* e *Netflix*. Outro exemplo seria o telefone celular, que já deixou de ser apenas um dispositivo de comunicação remota para evoluir para *Smartphone*, onde os usuários têm a possibilidade de acessar a internet e instalar aplicativos de forma extremamente simples e usual.

Acredita-se que essa tendência esteja presente na IoT, sendo possível a customização dos dispositivos de forma que o ambiente seja moldado conforme a

necessidade ou desejo dos usuários. Porém as atuais soluções de *middleware* que podem seguir esse caminho são densas e de difícil entendimento e utilização por usuários comuns, são elas os *middlewares UBIWARE* [Katasonov 2008], *SM4ALL* [Warriach 2014] e *LinkSmart* [Zhang e Hansen 2008], que serão abordados no decorrer deste trabalho.

Além do cenário citado acima existem outras barreiras que também devem ser superadas, como a acessibilidade e inclusão social. A utilização do que há de mais moderno em questão de tecnologia, arquitetura e gestão de uma cidade é a caracterização de uma cidade inteligente, ou *Smart Cities* [Washburn 2010] que visa principalmente inovações na área tecnológica e a interconexão de *hardwares* e *softwares*, Vanderheiden [2008] afirma que a acessibilidade tem papel extremamente importante no desenvolvimento da inclusão social, promovendo o bem-estar das pessoas.

A busca por maior independência e autonomia para pessoas com algum tipo de deficiência tem se apresentado como fator decisivo na melhoria da qualidade de vida desses indivíduos. O desenvolvimento de tecnologias assistivas visa o aprimoramento da comunicação, mobilidade, controle do ambiente, aprimoramento das experiências de aprendizado e interação social [Bersch, 2014]. Para possibilitar a inclusão de usuários com algum tipo de deficiência é possível fazer uso da tecnologia de controle por voz, que é usada para tais fins [Qidwai e Shakir 2012].

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é a criação de um ambiente IoT controlado por comandos de voz. Através de diferentes protocolos de comunicação e por intermédio de *middlewares*, o ambiente será capaz de receber comandos por voz ou de forma manual, e também trocar informações entre seus dispositivos, completando assim o paradigma de IoT.

Além disso, busca-se aprimorar a acessibilidade de ambientes inteligentes, com foco na utilização dos dispositivos presentes no ambiente por cadeirantes e idosos.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos desse trabalho são os seguintes:

- a) estudar e analisar tecnologias voltadas a IOT;
- b) estudar e definir protocolos de comunicação para comunicação sem fio, como WiFi, Bluetooth e Zigbee;
- c) explorar técnicas de gerenciamento de dispositivos IOT através dos protocolos MQTT, CoAP e RFID;
- d) analisar e descrever detalhadamente os dispositivos IOT que serão empregados no projeto;
- e) estudar e definir um servidor para realização do projeto;
- f) desenvolver um protótipo para validação do projeto;
- g) avaliar o funcionamento do sistema a partir do protótipo implementado;
- h) proporcionar maior acessibilidade a cadeirantes e idosos em ambientes inteligentes.

1.3 Justificativa

A crescente popularização da tecnologia IoT nos últimos anos tem atraído a atenção de muitos pesquisadores. São diversas as barreiras a serem superadas, como por exemplo, a comunicação entre diversos protocolos, o consumo de energia dos dispositivos, assim como a acessibilidade desta tecnologia a todas as pessoas.

Esse trabalho visa analisar e desenvolver métodos e técnicas para um controle por voz da tecnologia IoT, por meio de protocolos, serviços e *middlewares*, tendo como prioridade proporcionar a inclusão e a acessibilidade a todas as pessoas, tornando-as mais independentes quanto ao gerenciamento dos seus dispositivos. Propondo a integração de pessoas portadoras de deficiência segundo as leis nº 10.048 e 10.098 [Brasil, 1999].

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, sendo este primeiro a parte introdutória, seguindo para o segundo capítulo que diz respeito a revisão bibliográfica onde é realizado o estudo das tecnologias que serão utilizadas no desenvolvimento

do sistema IoT. Dentre os estudos abordados no segundo capítulo, pode-se citar a revisão da comunicação sem fio como a Wi-Fi, Zigbee e Bluetooth, assim como a revisão dos protocolos MQTT e CoAP. O terceiro capítulo visa expor trabalhos relacionados com o tema proposto, onde são apresentadas características e um estudo comparativo dos mesmos. No quarto capítulo é feita a abertura do modelo proposto, onde são aprofundados os conhecimentos adquiridos e a abordagem de implementação do mesmo. O penúltimo capítulo diz respeito aos métodos de avaliação e resultados do trabalho. Por fim no sexto capítulo é realizada a conclusão do projeto, finalizando a última parte do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordadas as principais tecnologias envolvidas no desenvolvimento desse trabalho, onde basicamente está subdividido em três grandes grupos. Inicialmente tem-se uma visão profunda sobre *Internet of Things*, sendo que este é a base da criação desse projeto. Logo em seguida aborda-se as principais tecnologias de comunicação IoT e sem fio, sendo de suma importância para a conexão entre os dispositivos envolvidos. Por fim, tem-se a descrição das tecnologias de *hardware*, mais especificamente dispositivos IoT.

2.1 IOT (*Internet of things*)

Grandes avanços na tecnologia proporcionam grandes benefícios a população. Devido a esses avanços é cada vez mais comum a presença de dispositivos inteligentes no cotidiano das pessoas, antes o que era uma tecnologia complexa e de difícil entendimento, hoje em dia está acessível ao usuário comum, permitindo o controle de praticamente tudo que lida com eletricidade através da internet, com um simples toque de tela no *smartphone*. Porém IoT não se limita a apenas o controle de objetos inteligentes. Existem conceitos importantes que devem ser abordados para que se complete o entendimento do paradigma IoT.

IoT é considerada um paradigma promissor que fará diferença no futuro, mudando a forma de interação das pessoas com o mundo por meio dos objetos e dispositivos do cotidiano, permitindo a criação de ambientes totalmente adaptáveis e dinâmicos, tornando possível a sua automaticidade, visando atender com melhor qualidade as necessidades das pessoas [Pereira 2014].

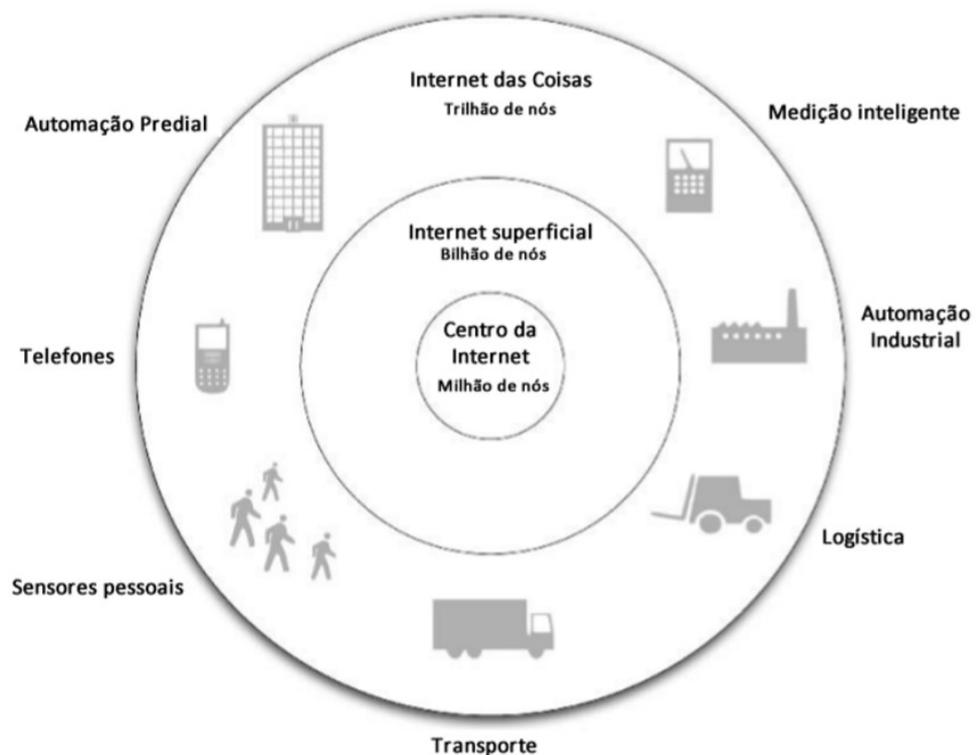
Para Tan e Wang [2010] IoT é uma rede composta por coisas (*things*) que possuem identidade e personalidade virtuais, tendo operação em espaços inteligentes, utilizando protocolos e interfaces para se comunicar em contextos distintos, como sociais, ambientais e de usuário.

Já Bassi e Horn [2008] descrevem a tecnologia IoT composta por dois principais conceitos: a Internet e as “coisas”. Sendo a Internet definida como uma rede mundial de computadores interligados que se comunicam através de padrões e protocolos. As “coisas” são objetos unicamente identificados tendo a capacidade de comunicação através da Internet, trocando informações e serviços. Portanto, IoT é uma rede

mundial de “coisas” com identidade única, interconectados através de protocolos de comunicação.

Para muitos pesquisadores, como Xia et al. [2012], IoT é o próximo grande passo da Internet, sendo que juntamente com a computação ubíqua forma um conjunto de serviços ponto-a-ponto, onde o usuário pode controlar, monitorar e visualizar seus dispositivos aonde quer que esteja. Shinde et al. [2016] estima que até 2020 serão 50 bilhões de dispositivos conectados a Internet, mostrando que em um futuro próximo a interligação dos dispositivos na mesma rede que celular e computadores será muito mais comum. A figura 2-1 mostra a visão do futuro da IoT, integrando cada vez mais dispositivos na rede mundial. [Shelby e Bormann 2009].

Figura 2-1 Visões dos dispositivos IoT

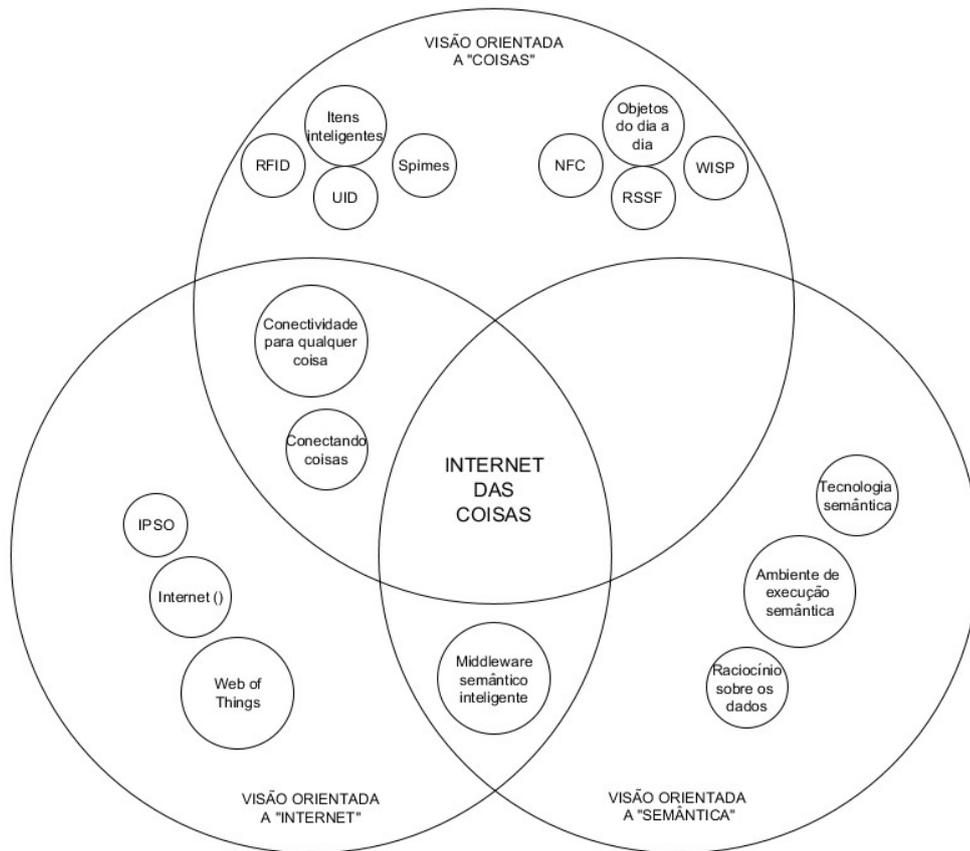


Fonte: Adaptado de Shelby e Bormann [2009]

Há diferentes visões de diferentes pesquisadores a respeito do conceito de IoT, Weiser [1991] propõe uma visão voltada ao desenvolvimento de novas tecnologias, como por exemplo o surgimento de novos dispositivos, padrões e protocolos. Já De et al. [2011] aborda como principais conceitos da IoT as entidades, recursos, serviços, dispositivos e as relações existentes entre esses.

Atzori, Iera e Morabito [2010] propuseram um modelo baseado em três pilares: “Coisas”, “Internet” e “semântica”. Sendo que a ligação entre essas visões gera outros conceitos, como a conectividade para qualquer coisa e ferramentas gráficas, como pode ser visualizado na figura 2-2.

Figura 2-2 As Diferentes Visões da IoT



Fonte: Adaptado de Atzori, Iera e Morabito [2010]

Esse modelo criado por Atzori, Iera e Morabito [2010] reúne os principais conceitos e tecnologias existentes na periferia da IoT, sendo eles distribuídos nos três pilares anteriormente mencionados. No círculo de “Coisas” está presente um resumo das principais tecnologias e dispositivos que fazem a IoT existir. Perera [2014] aponta como principal as redes de sensores sem fio (RSSF). Neste contexto de IoT, redes de sensores e atuadores são empregadas para identificação e detecção de eventos do mundo real e adaptação do ambiente de acordo com o as necessidades dos usuários [Mainetti, Patrono e Vilei 2011].

No círculo de “Internet” são representadas as principais tecnologias, conceitos e protocolos que permitem que “coisas” ou dispositivos possam se conectar à Internet, a fim de consumir ou prover serviços. Segundo Montavont, Roth e Noël [2014], o

principal protocolo empregado neste sentido é o IPv6 (*Internet Protocol version 6*) e protocolos IPv6 modificados, como por exemplo, o 6LOWPAN (*IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks*) que é utilizado para permitir que dispositivos com baixo poder computacional e consumo de energia possam ser endereçados e disponibilizados na Internet. O protocolo IPv4 também é utilizado em alguns casos para a conexão dos objetos com a internet, porém como a faixa de endereçamento do IPv6 é muito mais abrangente esse acaba por se tornar mais popular, destacando-se como principal tecnologia de endereçamento de objetos/dispositivos, abordado com mais detalhes no decorrer deste trabalho.

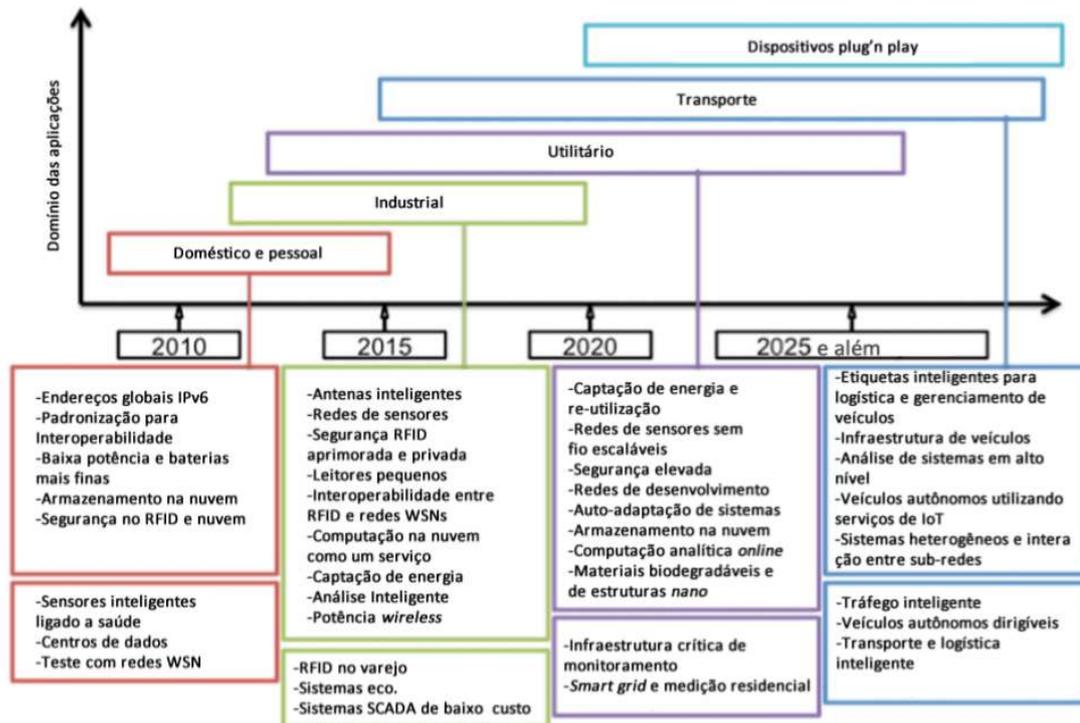
O círculo de “semântica” diz respeito as principais linguagens para construção de modelos semânticos. Segundo De Souza [2008], modelos semânticos são criados para definir a relação entre termos com a finalidade de dar o significado de algo. No contexto de IoT modelos semânticos são comumente utilizados para criação de *middlewares* semânticos e/ou no desenvolvimento de importantes funcionalidades como o uso de ontologias para permitir a automatização de processos, como a descoberta do IP dos dispositivos [Zhang e Hansen 2008], ou para representação abstrata de tecnologias [Song, Cárdenas e Masuoka 2010].

Pode-se observar que o modelo criado por Atzori, Iera e Morabito [2010] é uma grande contribuição nos estudos desta área, fornecendo um conjunto de diferentes aspectos para análise dos principais conceitos e tecnologias que compõem o paradigma de IoT.

A utilização de redes *WSN* (*Wireless Sensor Networks*) foi um dos principais diferenciais no nascimento da tecnologia IoT, possibilitando a capacidade de inferir, medir e compreender indicadores de ambientes residenciais, urbanos e industriais sem mesmo o usuário estar presente nos mesmos [Gubbi et al. 2013]. Na figura 2-3 pode-se observar a evolução da IoT segundo Gubbi et al. [2013], sendo um futuro breve para maiores aplicações e dispositivos disponíveis aos usuários, elevando o nível de dados obtidos dos ambientes.

Para Stanford-Clark e Truong [2013] um dos maiores problemas na utilização de redes *WSN* é na troca de mensagens entre os dispositivos e a forma como os mesmos se localizam na rede, sendo uma melhor abordagem para tal problema a implementação de protocolos baseados nas funcionalidades de cada dispositivo, deixando os mesmos menos dependente da comunicação orientada a conexão e dando atenção a sua função unitária.

Figura 2-3 Evolução Tecnológica no Contexto IoT



Fonte: Adaptado de Gubbi et al. [2013]

2.1.1 Aplicações

Apenas uma pequena parte do total potencial da IoT está disponível para a sociedade, são muitas as vantagens na utilização dessa tecnologia, tornando o número de possibilidades de criação realmente imenso. Casas, escritórios, indústrias, hospitais, escolas, entre outros domínios e ambientes se beneficiarão no futuro com a completa implementação desta tecnologia. Atualmente a maioria dos objetos presentes nos ambientes de convívio não são inteligentes e também não possuem a capacidade de trocar informações entre si. A partir do ponto que for alcançado o paradigma de IoT, possibilitando a comunicação dos objetos uns com os outros abre-se um leque de aplicações e implementações possíveis. [Atzori, Iera e Morabito 2010]. Os próximos parágrafos destinam-se a apresentar algumas iniciativas disponíveis na literatura a respeito de automatização de ambientes em diferentes ramos.

Na área de transporte e logística Kefalakis et al. [2008] propõem o uso do *middleware* ASPIRE cuja função é automatizar os processos de rastreabilidade de produtos e gerenciamento das cadeias de suprimentos. Para isso, faz-se o uso de sensores e etiquetas RFID e NFC, GPS (*Global Position System*), a fim de captar o

maior número possível de dados a respeito dos processos envolvidos, como temperatura, localização dos objetos, informações sobre os mesmos e outras funcionalidades. Esse *middleware* demonstrou que pode suportar uma ampla gama de implementações no âmbito de transporte e logística, como gestão de ativos, rastreabilidade e controle de acesso.

No contexto de medicina já é uma realidade a implementação de sensores embutidos em acessórios como roupas, colares, brincos, com a finalidade de permitir que o usuário possa acessar em tempo real informações sobre sua própria saúde, como pressão sanguínea, batimentos cardíacos, temperatura corporal, entre outros. Sendo como interface desses dispositivos *smartphones*, *tablets* e *smartwatches* [Maia 2015] e [Yuce 2013].

O projeto *EcoHealth* [Maia 2015] é um *middleware* que permite a integração e gerenciamento dos dispositivos utilizados no corpo humano. O objetivo desse trabalho é realizar uma conexão direta dos médicos com seus pacientes, possibilitando o monitoramento, processamento, visualização e armazenamento dos dados dos sensores corporais compartilhando-os diretamente com o médico responsável. Esse projeto é uma ramificação do trabalho *EcoDif* [Delicato, Pires e Batista 2013], onde cria-se uma plataforma web genérica para integrar dispositivos físicos heterogêneos.

Em relação a automação residencial, pode-se citar o *middleware* SM4ALL [Warriach 2013], criado especificadamente para atuar no ambiente domiciliar. Esse projeto propõem a comunicação entre dispositivos domésticos distintos, ou seja, com diferentes interfaces de comunicação, além de ferramentas que permitem aos usuários a interação com o ambiente, tais como comandos de voz, interfaces cérebro máquina e dispositivos móveis. SM4ALL é uma solução que permite que diferentes usuários possam usufruir da tecnologia implementada, como idosos e deficientes. Este *middleware* será melhor estudado nos próximos capítulos.

2.1.2 Conclusão do Capítulo

A premissa básica do conceito de IoT está na vasta criação de dispositivos inteligentes que tenham a capacidade de adquirir dados relevantes do mundo real e disponibiliza-los para os usuários, de forma enxuta e simples, possibilitando seu acesso a pessoas sem um grande nível de conhecimentos em computação. Essa grande gama de objetos, como joias, TVs, celulares, fogão, etc., só é possível com

esquemas de endereçamentos, permitindo que os mesmos possam consumir e fornecer informações e serviços através do principal canal de comunicação, a Internet. Enfim, a IoT tem um grande potencial para contribuir positivamente nas diversas áreas de atuação, como transporte, saúde e indústria, permitindo a realização de várias aplicações otimizando as atividades executadas nesses ambientes.

2.2 Tecnologias de Comunicação Sem Fio

Atualmente o mundo IoT gira em torno da comunicação *wireless*. Apesar de ser muito mais eficiente que a ligação sem fio, a conexão cabeada dos dispositivos não é tão popular. A mesma precisa de modificações no ambiente para funcionar, ação essa que é evitada na implementação da conexão sem fio. Esta seção tem por objetivo estudar as principais tecnologias envolvendo a comunicação *wireless*.

2.2.1 *Wi-Fi (Wireless Fidelity)*

Segundo Warriach [2014], *Wi-Fi* é uma tecnologia de comunicação não cabeada, porém com alta taxa de transferência baseada no padrão IEEE 802.11, sendo uma derivação do padrão IEEE 802.3 (*Ethernet*). Essa tecnologia foi desenvolvida para habilitar a troca de informações e serviços entre dispositivos em uma rede local ou na Internet. Essa tecnologia permite uma grande velocidade de comunicação e também a grandes distâncias, chegando a alcançar 300 metros. Para isso ela usufrui de uma banda não-licenciada ISM (*Industrial Scientific and Medical*). Sua popularidade é tão grande que está presente na maioria dos dispositivos domésticos, como televisores e câmeras.

A aplicação do *Wi-Fi* em sistemas embarcados se torna muitas vezes não eficiente pois essa tecnologia tende a ter um alto consumo de energia, dificultando ou até inviabilizando sua utilização, já que essa comunicação tem como principal foco a alta taxa de transferência de dados e não a economia de energia.

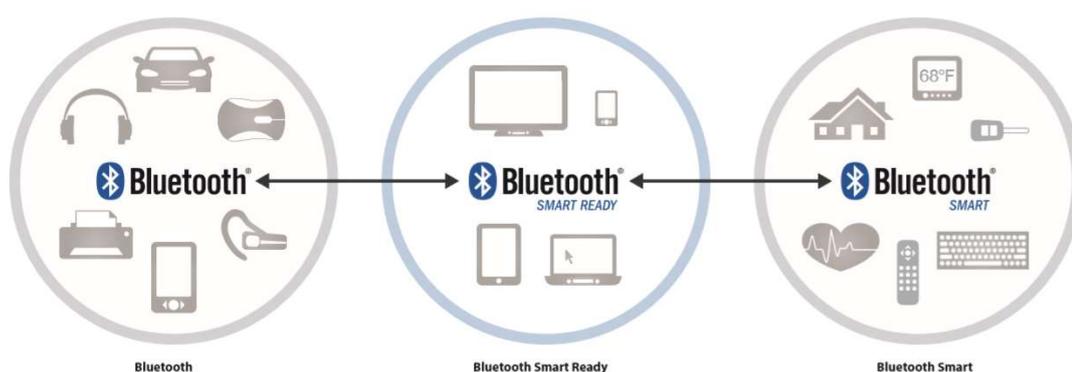
2.2.2 *Bluetooth e BLE (Bluetooth Low Energy)*

Ao contrário da tecnologia *Wi-Fi*, o *Bluetooth* é uma tecnologia baseada no padrão IEEE 802.15 de curto alcance, tendo um limite de funcionamento de até 10

metros. Utiliza a banda de 2.4GHz de frequência de rádio não licenciada para enviar e receber dados [Sairam, Gunasekran e Redd 2002]. Porém Ramlee, Tang e Ismail [2012] afirmam que quando utilizado um padrão estendido dessa tecnologia é possível obter resultados de alcance muito maiores, chegando a ser equivalente a *Wi-Fi*. Contudo, o *bluetooth* tem uma grande desvantagem em relação às outras tecnologias sem fio que é a constante procura por dispositivos na rede, elevando seu consumo de energia. Já em [Piyare e Tazil 2011] e [Zhao 2013] é possível encontrar soluções que utilizam a tecnologia *bluetooth* para projetos de IoT de baixo custo.

O *BLE (Bluetooth Low Energy)* surgiu em 2010 junto com a versão 4 do *Bluetooth*, tendo o principal foco na economia de energia, obtendo resultados satisfatórios. DeCuir [2014] afirma que o *BLE* é uma interface de conectividade universal, comparando seu sucesso com o da *USB (Universal Serial Bus)* para o computador. Em [Torvmark 2014] pode-se observar dois tipos de *BLE* a partir de um ponto de vista do consumidor: *Bluetooth Smart* e *Bluetooth Smart Ready*. Porém, do ponto de vista técnico são três termos apresentados: *Bluetooth Classic*, *Bluetooth dual-mode* e *single-mode*. Onde o *dual-mode* suporta a comunicação com os demais, porém o *single-mode* suporta apenas comunicação com o modo BLE, esta relação pode ser observada na figura 2-4.

Figura 2-4 Relação entre Bluetooth e Bluetooth Smart Read



Fonte: Bluetooth SIG¹

2.2.3 Zigbee

Semelhante ao *Bluetooth*, essa tecnologia é baseada no padrão IEEE 802.15.4, possui curto alcance e é voltada especialmente para dispositivos com baixa carga de

¹ <https://www.bluetooth.com/>

transferência de dados, como por exemplo, sensores, atuadores, medidores de energia [Warriach 2014]. Por ter uma baixa capacidade de transferência de dados, essa tecnologia sem fio é uma das que menos consome energia, tendo a capacidade de permanecer ativa por longos períodos [Ergen 2004]. Apesar de ser bastante conhecida no ramo industrial, essa tecnologia não é tão popular em ambientes inteligentes domésticos, entretanto Qu et al [2012] e Fan et al. [2011] propõem soluções com resultados satisfatórios utilizando *Zigbee* em ambientes domésticos.

Segundo Kinney [2003], o padrão *Zigbee* possui uma taxa de transferência máxima de 250kbps, sendo seu endereçamento de 64 *bits*. Frenzel [2013] salienta a implementação de recursos adicionais nesse padrão, como a validação de nós, encriptação de dados e redirecionamento de pacotes.

2.2.4 *RFID (Radio Frequency IDentification)*

Esta tecnologia é subdividida em três classes, segundo Want [2006]: a) etiquetas passivas; b) etiquetas ativas e c) etiquetas semi-passivas. As etiquetas passivas não necessitam de uma fonte de energia, por tanto sua vida útil é ilimitada nesse quesito, elas funcionam através de um leitor de *RFID*, que por sua vez emite um sinal de rádio frequência e identifica a *tag* em uso. Já as etiquetas ativas são totalmente dependentes de um fornecimento de energia, possuindo a capacidade de emitir sinais a longas distâncias através de um transceptor de rádio, sua vantagem é que funcionam sem o auxílio de um leitor *RFID* [Ni et al. 2004]. Angeles [2005] define as etiquetas semi-passivas como híbridas, possuindo as mesmas características das etiquetas ativas e passivas, ou seja, podendo ser acionada através de um leitor ou não. Em [Domingo 2012] pode-se encontrar uma proposta com a utilização dessa tecnologia para controle e identificação de dispositivos.

2.3 Tecnologias para Comandos de Voz

Atualmente existem tecnologias diversas em relação ao reconhecimento da fala e a decodificação da mesma em forma de texto. Este capítulo é dedicado a explorar as principais tecnologias existentes, citando suas vantagens e desvantagens, assim como suas interfaces de aplicações para o reconhecimento de voz.

2.3.1 Alexa

Lançado em 2014 pela empresa Amazon, Alexa é um dispositivo assistente que recebe a voz do usuário como entrada e envia essa informação a um servidor na nuvem, onde a mesma é processada pelo *Alexa Voice Services (AVS)*, que tem como finalidade decodificar esses dados em forma de texto. Além disso é realizada uma análise do texto, podendo haver o retorno de comandos a partir de sua interpretação, como por exemplo, trocar de música, pesquisar algo na *internet*. Esse dispositivo também é capaz de se comunicar com dispositivos parceiros da marca, como lâmpadas inteligentes da Philips Hue, assim como televisores e eletrodomésticos que possuem essa tecnologia [Pham, Lim e Tan 2018].

A grande limitação da Alexa é a constante necessidade de utilização da *Internet*, sendo impossível a utilização da mesma sem uma conexão adequada, dificultando assim seu aproveitamento em regiões com baixa qualidade de *Internet*.

2.3.2 Google Assistant

O Google Assistant é um assistente da Google que provê o acesso ao reconhecimento de voz em dispositivos que possuem Android como sistema operacional. O Google Home é um desses dispositivos que utiliza essa tecnologia, similar ao Alexa da Amazon, o Google Home também é capaz de reconhecer comandos de voz com facilidade e executar ações a partir disso. Além do dispositivo fixo, o Google Assistant também é empregado em *smartphones* Android, usufruindo das mesmas funcionalidades. Essa tecnologia é capaz de interagir com o usuário, respondendo perguntas e até mesmo parabenizando o mesmo no dia do seu aniversário [Hoy 2018]. O SpeechRecognition Google é uma tecnologia que está vinculada ao Google Assistant e faz exatamente o reconhecimento da voz do usuário para envio ao servidor e posterior análise, trata-se de uma API. Sendo sua entrada um microfone, o texto reconhecido é exposto diretamente na tela do usuário ao ser finalizada a fala. Sua taxa de acerto é relativamente alta independentemente do idioma escolhido, sendo possível reconhecer palavras em linguagem diferente da especificada, como *Facebook* e *Twitter* [Xiong et al. 2018].

2.4 Tecnologias de Comunicação IOT

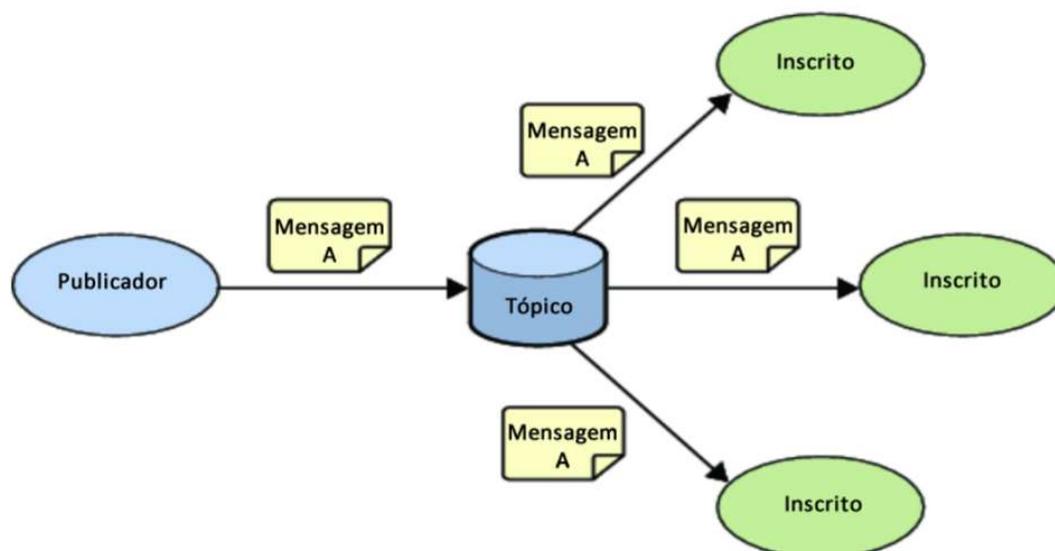
Atualmente os protocolos mais utilizados na comunicação entre dispositivos são o *MQTT (Message Queuing Telemetry Transport protocol)* [Banks e Gupta 2014] e o *CoAP (Constrained Application Protocol)* [Shelby, Hartke e Bormann 2014]. Tendo em vista as particularidades de cada protocolo nesta seção serão definidos individualmente ambos, descrevendo suas características e topologias.

2.4.1 Protocolo MQTT

Este protocolo é aberto e tem como premissa ser leve e sem complexidades em sua conexão, foi desenvolvido para redes não confiáveis em 1999 pelo Dr. Andy Stanford-Clark e Arlen Nipper. É um protocolo que pode ser implementado em diferentes plataformas, exigindo baixo consumo de rede. Opera na camada de aplicação do modelo OSI, sendo sua principal característica a forma de troca de mensagens que é dada através de inscrições e publicações (*publish/subscribe*) em tópicos. O conjunto dessas características tornou esse protocolo ideal para muitas aplicações, como monitoramento remoto de CLPs (Controlador Lógico Programável), aplicações *M2M (Machine to Machine)* e principalmente aplicações onde exige-se o mínimo de linhas de código e o máximo da largura de banda [Martins e Zem 2015], incluindo aplicações IoT.

Segundo Shinde et al. [2016] o *MQTT* funciona de forma assíncrona, ou seja, depende de um evento para enviar ou receber informações. É um modelo que trabalha na centralização das informações em um servidor, ou *broker* como é comumente mencionado, que armazena todos os dados dos tópicos, habilitando a possibilidade de publicação ou inscrição de outras mensagens. De forma mais genérica, os inscritos se inscrevem em tópicos e aguardam até que os publicadores publiquem/enviem mensagens aos tópicos [Jaffey 2014]. Este modelo é representado na figura 2-5.

Figura 2-5 Modelo MQTT



Fonte: Adaptado de Shinde et al. [2016]

O *broker* além de fornecer as conexões, também é responsável por gerenciar as mesmas, entregando as mensagens aos clientes inscritos de cada tópico. Todas as conexões entre o *broker* e os clientes se dá através de sessões que possuem uma semântica específica para cada tipo de dado [Shinde et al. 2016].

É interessante ressaltar que através do mecanismo de *publish/subscribe* esse protocolo é capaz de enviar notificações aos interessados quando um cliente se desconecta de forma anormal da rede, além disso também é possível realizar a conexão com mais de um tópico, recebendo assim informações de diversos clientes. [Jaffey 2014].

Shinde et al. [2016] mostra a funcionalidade *Wildcards*, que são padrões de indicação das mensagens trocadas entre clientes. Existem basicamente dois *Wildcards*, o primeiro é a “#” que indica quaisquer tópicos depois do indicador e o segundo é o “+” que indica tópicos entre o *Wildcard*. Tendo como exemplo o seguinte: o cliente inscrito no tópico “/T1/#” irá receber todas as mensagens de todos os tópicos que comecem com “/T1”. Já o cliente inscrito no tópico “/T2/+/Quarto” receberá todas as notificações de mensagens dos tópicos existentes de “/T2/**qualquer_lugar**/quarto”.

As principais vantagens na utilização desse protocolo estão na alta taxa de dados, pouco uso de banda, multiplexação de mensagens e confiabilidade para redes mais simples. Porém há pontos negativos, podendo citar a falta de armazenamento de mensagens e a falta de um indicador mostrando que o *broker* não possui um

controle de tempo para armazenamento das mensagens em função da conexão dos clientes.

Atualmente existem diversas implementações de *brokers online* e *offline*, podendo ser executado no próprio computador do usuário, sendo configurado conforme a necessidade, ou na Internet sendo possível o espelhamento dos mesmos e a realização da união de *brokers* distintos em um modo de clusterização, com divisões de processamento ou compartilhamento de dados entre os mesmos.

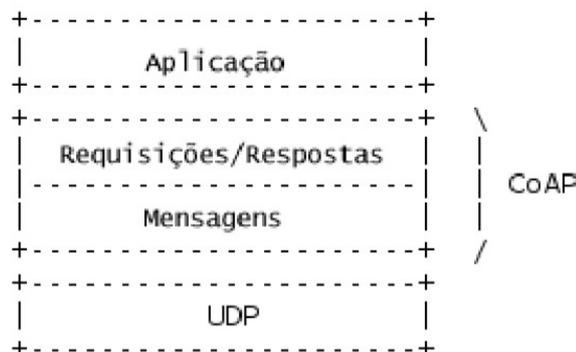
2.4.2 Protocolo CoAP

Este é um protocolo criado para trocar mensagens na *web*, sendo compatível com o protocolo “HTTP”, porém com baixíssimo processamento. Seu acrônimo significa *Constrained Application Protocol*. É indicado para dispositivos eletrônicos com restrição de energia e memória, como sensores, atuadores e outros componentes com a necessidade de serem supervisionados remotamente [Shelby 2014]. Basicamente o protocolo CoAP classifica as mensagens recebidas em quatro tópicos:

- a) confiável, mensagens que precisam ser confirmadas no destino;
- b) não-Confiável, mensagens que não precisam de confirmação no seu recebimento;
- c) confirmação, mensagens que confirmam o recebimento de uma mensagem do tipo Confiável;
- d) reset, que indica se outra mensagem foi recebida, porém por alguma razão não pode ser processada.

Normalmente na implementação da leitura de sensores é utilizada o tipo de mensagem não-confiável pois trata-se de um recebimento contínuo de dados que necessitam de determinada agilidade para não defasar o tempo de resposta do sistema [Pires et al. 2015]. Como esse protocolo utiliza o padrão UDP na camada de transporte do modelo OSI existem recursos que possibilitam agregar segurança na transferência de mensagens, como o DTLS (*Datagram Transport Layer Security*). Uma abstração comumente mencionada desse protocolo é sua capacidade de operar sem uma conexão definida, proveniente do uso de UDP e o recurso de operar com o modelo de requisição/resposta exibido na figura 2-6 [Shelby et al. 2014].

Figura 2-6 Abstração do Protocolo CoAP



Fonte: Adaptado de Shelby et al. [2014]

2.5 DISPOSITIVOS IOT

Essa seção tem como objetivo mostrar dispositivos IoT com um custo/benefício mais alto encontrado. São componentes de *hardware* capazes de realizar atividades diversas, baseados em programação de *software* e utilizando *middlewares* para efetivar as propostas de funcionamento.

2.5.1 ESP8266

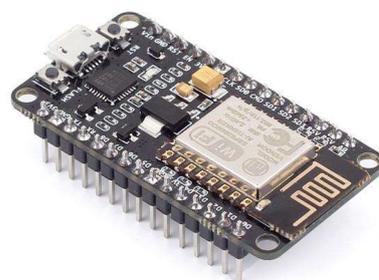
O ESP8266 é um *chip* com conexão *Wifi* de baixo custo e alto desempenho, que possibilita a conexão de diversos dispositivos a *internet* ou rede local, como sensores e atuadores, naturalmente esse *chip* é programado em linguagem de programação LUA, porém pode ser utilizado também na mesma IDE do Arduino em linguagem de programação C, usufruindo assim de toda vasta gama de bibliotecas disponíveis para tal. Visando aumentar a facilidade em seu uso diversos fabricantes montaram placas de desenvolvimento e módulos utilizando esse *chip*, basicamente o que muda de uma placa de desenvolvimento e outra é o número de pinos, tamanho e conexão com o computador, a figura 2-7 mostra alguns exemplos de placas desenvolvidas com esse *chip*. Um desses módulos é o NodeMCU que é largamente utilizado nesse projeto.

A seguir são listados alguns itens característicos do módulo NodeMCU-ESP8266:

- a) processador ESP8266-12E;
- b) arquitetura RISC de 32 bits;

- c) processador pode operar em 80MHz / 160MHz;
- d) 4Mb de memória flash;
- e) 64Kb para instruções;
- f) 96Kb para dados;
- g) WiFi nativo padrão 802.11b/g/n;
- h) opera em modo AP, Station ou AP + Station;
- i) pode ser alimentada com 5VDC através do conector micro USB;
- j) possui 11 pinos digitais;
- k) possui 1 pino analógico com resolução de 11 bits;
- l) pinos digitais, exceto o D0 possuem interrupção, PWM, I2C e one wire;
- m) pinos operam em nível lógico de 3.3V;
- n) possui conversor USB Serial integrado;
- o) programável via USB ou WiFi (OTA);
- p) compatível com a IDE do Arduino;
- q) compatível com módulos e sensores utilizados no Arduino.

Figura 2-7 NodeMCU-ESP8266



Fonte: Espressif²

2.5.2 RaspBerry PI

RaspBerry PI é um minicomputador capaz de processar uma grande quantidade de dados. Seu tamanho é relativamente pequeno, tendo em vista sua capacidade. Pode ser utilizado conectando-se a um monitor/teclado e *mouse* como um computador normal. Todo seu *hardware* está incorporado na mesma placa. Além

² <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp-wroom-02/overview>

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são analisados e comparados trabalhos relacionados com o tema de automação controlada por voz. Apesar de ser um tema relativamente novo, a expansão da Internet trouxe um maior contato com fontes que antigamente não estariam acessíveis, sendo possível a obtenção de trabalhos de todo o mundo.

Perico et al. [2014] desenvolveram o controle de uma plataforma elevatória para cadeiras de rodas, disponibilizada pelo PROTA (Programa de Tecnologia Assistiva), controlada remotamente via voz pelo microcontrolador *Raspberry Pi*. Esse dispositivo foi capaz de reconhecer a fala através de um decodificador, chamado *Julius*. O grupo de pesquisa Fala Brasil disponibilizou um modelo acústico LapSAM e um dicionário fonético UFPAdic 3.0 para utilização no projeto. Foram cinco voluntários que testaram as funcionalidades do trabalho, gerando dados para estudos do mesmo. Tais dados mostraram que há um grau de confiança no sistema de aproximadamente 70% e com um bom tempo de resposta. Um ponto interessante é que o sistema todo funciona independente da Internet ou qualquer outra fonte de dados. Com a finalização desse projeto, concluíram que é possível realizar um trabalho assistivo para pessoas com necessidades especiais, através de processamento via PC, comandos por voz e baixo custo.

Em Barros e lanhas [2014] foi proposto um dispositivo para automação residencial controlado por voz, utilizando a plataforma Arduino UNO e um módulo de voz *EasyVr Shield* onde necessita a gravação do banco de vozes dos usuários. Esse controle para equipamentos domésticos via fala tinha como principal objetivo a comodidade e a segurança dos usuários. Para tais fins os criadores utilizaram diversos módulos relés e LED's infravermelhos para controle de cargas e acionamento dos itens cadastrados, como ventiladores, lâmpadas e aparelhos televisivos. Concluíram satisfatórios os resultados obtidos através de alguns testes, atendendo todas as diretrizes propostas de desempenho e segurança.

Pimentel et al. [2014] desenvolveram um comunicador humano-computador com objetivo de auxiliar pessoas com mobilidade reduzida. Para isso ele utilizou tecnologias de baixo custo, porém eficientes e portáteis. Através de comandos por voz recebidos em um *smartphone* com *softphone* VoIP (Voz sobre IP) instalado, registrando-se assim em um servidor *asterisk*. Assim como Barros e lanhas [2014], Pimentel utilizou o decodificador *Julius*. Os componentes utilizados foram agregados

na plataforma *Beaglebone Black*, utilizando o sistema operacional Ubuntu Linux e linguagem de programação *Python*. Nesse sistema foi realizado o treinamento dos comandos, validando-os no próprio módulo. O resultado desse projeto foi satisfatório, obtendo uma taxa média global de 95.9% de acerto mesmo com diferentes pronúncias dos indivíduos e em ambiente ruidoso.

Obaid [2014] teve como objetivo realizar a comutação de eletrodomésticos através de relés controlados por voz. Para isso desenvolveram um protótipo de automação residencial, tendo foco no auxílio de pessoas com mobilidade reduzida e idosos, utilizando a famigerada plataforma Arduino UNO, juntamente com um módulo *Wifi Zigbee* e o *software Lab VieW*. Como conversor direto de voz foi utilizado o *Microsoft Speech (SAPI)*, que através da interface com o PC realizava a aquisição dos comandos de voz. O PC também foi responsável por enviar dados binários ao Arduino através da rede *Zigbee*. Após a realização de testes pelos autores foi possível identificar que os resultados foram satisfatórios, apontando como maior vantagem a realização de um único treinamento do sistema. Concluíram que é possível o controle de aparelhos domésticos utilizando a tecnologia *Zigbee* e como interface o *software Lab VieW*.

Lingaria [2015] desenvolveu uma solução assistiva residencial para comunicar um módulo de reconhecimento de voz com um *chip* GSM, podendo assim o usuário realizar chamadas de voz para serviços ou emergências. A interface foi desenvolvida com base na plataforma Arduino, criando uma interface com o módulo *Voice Recognition V3* e o módulo GSM SIM900. O *Shield* GSM integra o Arduino ao *chip* GSM, habilitando também o envio e recebimento de mensagens SMS. Lingaria concluiu que os resultados obtidos foram efetivos, realizando todas as funções propostas, obtendo uma taxa de acerto média de 80% em ambientes silenciosos. Assim atendendo o objetivo do sistema através de *hardwares* relativamente baratos.

Anusha et al. [2016] desenvolveram um dispositivo para automação residencial controlado por voz para pessoas com baixa mobilidade, utilizando *Raspberry PI B+*, dois módulos *Zigbee*, a plataforma ARMLPC2103 e a API da Google para conversão de voz para texto em uma interface para PC criada a partir da ferramenta *QTCreator*. A voz é capturada e convertida para texto, salva em um arquivo e enviada para uma análise no servidor, onde é comparada com comandos pré-definidos. Após definido os comandos, o mesmo é enviado para o microcontrolador *Raspberry*, que por sua vez aciona a plataforma ARMLPC2103 através da tecnologia *Zigbee*. Essa plataforma

aciona as cargas definidas pelo usuário. Os autores concluíram que é possível realizar o auxílio de pessoas com baixa mobilidade através de dispositivos de baixo custo e tecnologias atuais, obtendo altas taxas de acerto.

Piton [2017] desenvolveu um sistema de automação residencial controlado por voz baseado em tecnologias na nuvem, utilizando o *software* IBM Bluemix. A automação proposta foi capaz de simular o controle de iluminação, alarme e tranca de uma porta, assim como a obtenção da temperatura do ambiente. O projeto possui um sistema de conversação, capaz de responder alguns comandos do usuário. O decodificador utilizado foi o *Watson Conversation* e para processamento dos dados o *Node-Red*. Já o armazenamento dos dados obtidos foi armazenado no *Cloudant* e as informações sobre clima foram obtidas através do *Weather Insights*. A parte de *hardware* foi proposta utilizando o microcontrolador *Wemos D1 R2*. Após a finalização do projeto tem-se como conclusão obtenção de praticidade, segurança e simplicidade a tarefas realizadas diariamente pelos usuários.

Em Dionisio [2018] foi proposto um sistema de automação residencial controlado por voz para auxiliar pessoas com dificuldade de locomoção, fornecendo uma interface *web* para disparar comandos de voz, ligando ou desligando a iluminação do ambiente. Para tanto, foi utilizado o microcontrolador *Arduino UNO*, juntamente com um módulo *ethernet* e também um módulo relé. Após a conclusão do projeto pode-se perceber que é possível realizar o controle de lâmpadas através de comandos de voz para um servidor *web* com pouquíssimos recursos, sendo viável para pessoas sem um alto poder aquisitivo.

Para comparação dos trabalhos relacionados foram utilizados os seguintes critérios:

- a) itens de desenvolvimento: Este tópico compara os objetos utilizados no projeto, sendo eles de *hardware* ou *software*;
- b) microcontrolador: Este item diz respeito a placa de desenvolvimento utilizada no projeto, variando conforme capacidade e performance necessária para o mesmo;
- c) decodificador: Esta coluna refere-se a qual meio foi utilizado para decodificar os comandos de voz, variando sua eficiência razoavelmente;
- d) resultados/Vantagens: Por fim é comparado os resultados de obtenção de acerto para o comando de voz e também citado principais vantagens.

Tabela 1 – Trabalhos Relacionados

| Proposta / Referência | Itens de Desenvolvimento | Microcontrolador | Decodificador | Resultados/Vantagens |
|--|--|---|-----------------------------|---|
| Plataforma elevatória de cadeira de rodas. Perico et al. [2014] | Modelo acústico LapSAM; Plataforma elevatória. | <i>Raspberry PI.</i> | <i>Julius.</i> | 70% de acerto; Baixo Custo. |
| Controle de equipamentos domésticos. Barros e lanhas [2014] | Módulos Relé, LED's infravermelhos. | <i>Arduino UNO.</i> | <i>EasyVr Shield.</i> | PAND ⁴ ; Segurança e desempenho. |
| Interface Humano-Computador controlada por voz. Pimentel et al. [2014] | <i>Softphone;</i> <i>Servidor Beaglebone Black;</i> | Computador <i>Desktop;</i> <i>Smartphone.</i> | <i>Julius.</i> | 95,9% de acerto; Confiabilidade. |
| Protótipo de automação residencial. Obaid [2014] | <i>Zigbee;</i> <i>Software Lab View.</i> | <i>Arduino UNO.</i> | <i>Microsoft Speech.</i> | PAND; Treinamento único do sistema; Baixo custo. |
| Interface para chamadas de voz com <i>chip</i> GSM. Lingaria [2015] | Módulo GSM SIM900; <i>Shield</i> GSM. | <i>Arduino UNO.</i> | Voice Recognition V3. | 80% de acerto; Possível substituto para o telefone fixo; Baixo custo. |
| Automação residencial para pessoas com baixa mobilidade. Anusha et al [2016] | <i>Zigbee;</i> ARMLPC2103; | <i>Raspberry PI.</i> | API da Google. | PAND; Baixo custo. |
| Automação residencial na nuvem Piton [2017] | IBM Bluemix; <i>Node-Red;</i> <i>Weather Insights;</i> <i>Cloudant.</i> | <i>Wemos D1 R2.</i> | <i>Watson Conversation.</i> | PAND; Segurança, simplicidade e praticidade na nuvem. |
| Controle de lâmpadas pela web Dionisio [2018] | Módulo Relé; <i>Shield Ethernet.</i> | <i>Arduino UNO.</i> | Não divulgado | PAND; Baixo custo. |

Fonte: Elaborado pelo Autor

⁴ Porcentagem de Acerto Não Disponível

Analisando os dados dos trabalhos relacionados, pode-se perceber que os microcontroladores utilizados são basicamente as placas Arduino e Raspberry, já os decodificadores de voz variam bastante, juntamente com suas taxas de acerto no reconhecimento de voz. Porém nenhum deles oferece uma solução que possa integrar mais dispositivos a sua rotina com facilidade, sendo que este é um dos objetivos deste trabalho. Além disso, as propostas analisadas não fazem uso de uma conexão entre dispositivos, onde os mesmos trocam informações entre eles, como por exemplo um dispositivo enviando a informação para o usuário de que um determinado alarme está disparando.

4 MODELO PROPOSTO

Atualmente a maior parte dos modelos propostos para utilização da tecnologia IoT são desenvolvidos para serem manipulados apenas por usuários com um grau de conhecimento técnico elevado. Para promover a inclusão de usuários que não tenham tanto conhecimento assim, fornecedores como *Samsung*, *Philips* e *Belkin* já fornecem soluções de *hardware*, como *smartplugs*, *smart TVs*, *sensores* e *lâmpadas inteligentes*, permitindo que o usuário possa controlar o ambiente com soluções específicas, porém sem uma completa integração entre os dispositivos.

Neste trabalho é proposto um sistema IoT capaz de receber comandos por voz. Através de tecnologias de descoberta de IP, este sistema propõe a capacidade de identificar novos dispositivos IoT presentes na rede. Estes dispositivos inteligentes, por sua vez, terão a finalidade de monitorar variáveis conforme o usuário necessite, como por exemplo o acompanhamento de temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar e diversas outras possibilidades. Além disso, esses dispositivos também poderão atuar no ambiente conforme comandos que o usuário execute, como por exemplo o controle da luminosidade e a substituição do controle remoto da TV, Ar Condicionado, *HomeTheater*, etc.

Além da comodidade para pessoas sem nenhum tipo de necessidades especiais, esse trabalho promove a acessibilidade de pessoas com baixa capacidade motora, onde a partir de seu próprio *Smartphone* o usuário poderá controlar os dispositivos inteligentes presentes na rede de sua casa, apenas utilizando comandos de voz para tal.

4.1 Visão Geral da Proposta

O sistema desenvolvido neste trabalho propõe sua utilização em ambientes domésticos, onde não há uma imensa quantidade de sensores e atuadores, visando o controle dos dispositivos através de comandos de voz não simultâneos. O usuário deverá possuir o aplicativo, *Smart Voice Control (SVC)*, instalado em seu *smartphone*. Esse aplicativo será abordado mais profundamente no decorrer deste capítulo.

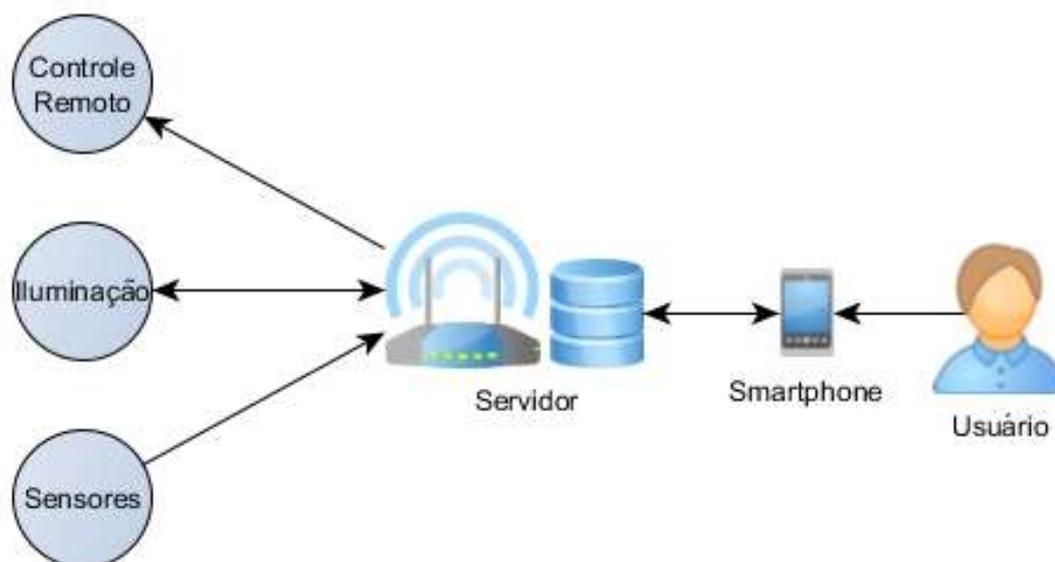
Para nortear a metodologia de desenvolvimento optou-se por adotar parcialmente o Modelo V de desenvolvimento, segundo Truytsa et al. [2012], este modelo é um dos principais métodos de desenvolvimento de sistemas na engenharia,

sendo utilizado para diferentes tipos de projetos. A partir da identificação dos objetivos, as partes de interesse e os requisitos de projeto, o engenheiro encarregado pode iniciar a medição da eficácia e o desempenho dos diversos estágios do projeto.

Com base no modelo V, o presente trabalho é segmentado em *hardware* e *software*. Na figura 4-1 é possível visualizar o sistema como um todo, onde o usuário submete um comando para o servidor através de seu *smartphone* e o servidor, por sua vez, emite os sinais necessários para os dispositivos inteligentes, que por fim, executam os comandos estipulados, podendo ou não retornar sinais para o servidor, que também pode retornar dados para o usuário no aplicativo.

Inicialmente realiza-se o estudo da viabilidade da construção do modelo proposto, sendo aprovado pelos capítulos anteriores, uma vez que as tecnologias empregadas neste projeto sejam semelhantes as tecnologias utilizadas a nível de aplicação nos trabalhos relacionados, tais como, Arduino, Raspberry, API Google, etc.

Figura 4-1 Visão Geral do Sistema Proposto

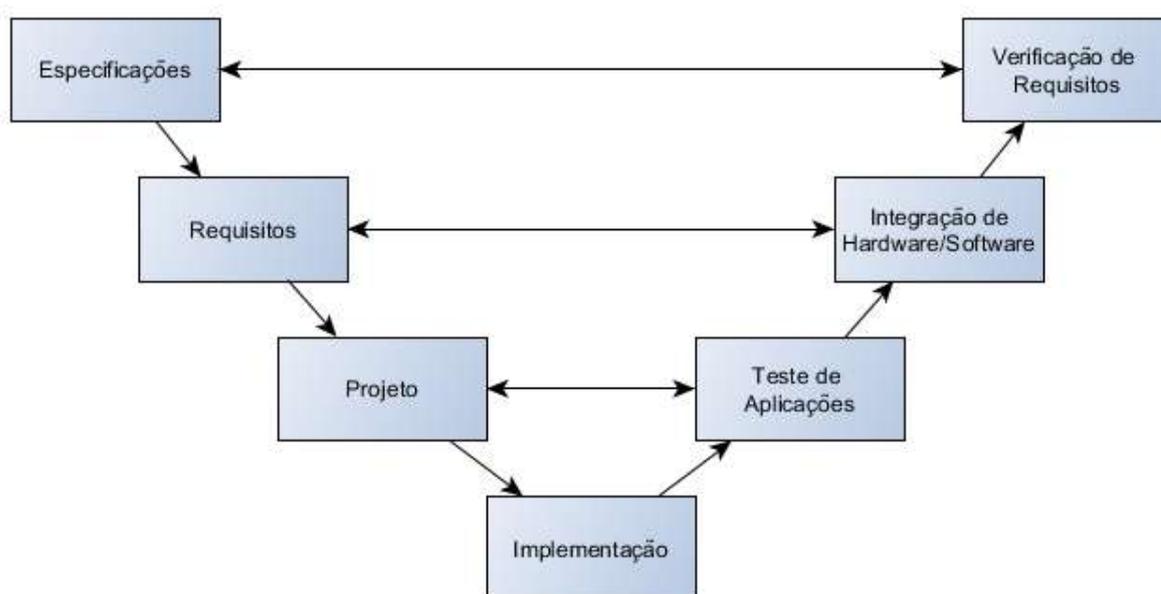


Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2 Etapas do Projeto

Baseando-se no modelo de desenvolvimento de sistemas em V, definiu-se sete etapas principais para o presente trabalho, porém essa metodologia será seguida parcialmente, levando em consideração apenas pontos críticos para o desenvolvimento do mesmo. Cada etapa corresponde a um estágio importante da construção do projeto. Na figura 4-2 é possível visualizar todas as etapas e suas conexões, onde é imprescindível a comunicação entre as partes, tendo em vista que uma depende da outra para que o projeto como um todo funcione corretamente.

Figura 4-2 Modelo V



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2.1 Especificações

Nesta etapa são definidas as especificações gerais do projeto, abrangendo a visão completa das funcionalidades do mesmo. Estas funcionalidades são correspondentes as seguintes:

- interagir com dispositivos inteligentes (sensores e atuadores) através de comandos de voz e de forma manual;
- oferecer uma interface gráfica amigável para o usuário operar o sistema no seu próprio *Smartphone Android* (aplicativo);

- c) através do aplicativo o usuário poderá realizar as interações com o ambiente.

4.2.2 Requisitos do Sistema

Os requisitos do sistema são baseados nas especificações gerais, a partir delas define-se o que precisa ser construído no projeto. Abaixo estão elencados todos os requisitos do sistema.

- a) Servidor MQTT com capacidade para gerenciar no mínimo três dispositivos;
- b) O servidor deverá utilizar o protocolo MQTT para comunicação com os dispositivos, e para comunicação com o usuário deverá ser implementado um *WebServer*, utilizando comunicação *Wifi*;
- c) Dispositivos:
 - Estação meteorológica (sensores de temperatura, umidade, pressão atmosférica e radiação solar);
 - Controle de iluminação;
 - Controle de ventilação;
 - Controle de som ambiente.
- d) Os dispositivos deverão ser capazes de realizar interações entre eles;
- e) Capacidade de receber comandos de voz para controlar e verificar os dispositivos conectados no servidor;
- f) Garantir a integridade dos dados entre os dispositivos e o servidor.

A partir do cumprimento desses requisitos o usuário será capaz de interagir com os dispositivos do ambiente sem conhecer completamente as tecnologias envolvidas. Assim como realizar a programação para determinadas ações pré-estabelecidas.

4.2.3 Projeto

Nesta etapa é realizada a descrição das tecnologias empregadas no desenvolvimento do trabalho, assim como a descrição da conexão entre os objetos envolvidos para formação do contexto do protótipo de acordo com os requisitos anteriormente citados.

Analisou-se a curva de aprendizagem das tecnologias de comunicação e protocolos para troca de informações entre dispositivos e identificou-se que a utilização de *Wifi* e MQTT seria a melhor opção no momento. A proposta para a construção do servidor MQTT é a utilização do microcontrolador placa *Raspberry PI*, nele será instalado o sistema operacional Linux, sua distribuição *Raspbian* que permite a configuração do mesmo como um servidor para IoT. Para a construção dos dispositivos inteligentes serão utilizados três módulos ESP-8266 NodeMCU, que é capaz de prover um nível de processamento adequado para os requisitos desse projeto, assim como uma antena para transmissão dos dados de forma econômica e segura. A estação meteorológica será desenvolvida utilizando os sensores: DHT22, para temperatura e umidade, BMP180, para pressão atmosférica e LDR, para radiação solar. Já na construção do controle remoto será utilizado apenas um resistor e um LED infravermelho, que a partir de sua modulação via *software* no NodeMCU, será capaz de transmitir os sinais necessários para a *Smart TV* e o Ar Condicionado. O controle de intensidade da lâmpada será realizado através de um *dimmer*, que regula a tensão fornecida para mesma, este controlado também pelo NodeMCU.

4.2.4 Implementação

Nesta etapa é realizada a implementação física do projeto, onde cada componente é programado e conectado em suas devidas posições. Inicialmente será utilizada uma *protoboard* para realização das conexões, também é necessária uma forma de alimentação do sistema, sendo que os dispositivos (NodeMCU e *Raspberry PI*) são alimentados com 5V, portanto faz-se necessário a utilização de uma fonte convertendo a tensão 220V da rede externa para 5V das placas. Os sensores utilizados no projeto são diretamente alimentados pelo microcontrolador, é apenas necessário a ligação correta dos pinos conforme programação em *software*.

4.2.5 Teste de Aplicações

O teste de aplicações refere-se tanto ao teste individual quanto o teste geral de todas as funcionalidades implementadas. Sendo dividido basicamente em dois segmentos: *hardware* e *software*. Os testes de *hardware* servem basicamente para analisar e conferir a integridade de todas as ligações e a condição física das mesmas,

assim como o funcionamento dos dispositivos individualmente. Nos testes de *software* são analisados os códigos implementados para as funcionalidades do sistema, assim como o aprimoramento dos mesmos, adicionando comentários e deixando a obra mais visível para possíveis alterações futuras.

4.2.6 Integração de *Software/Hardware*

Esta etapa é responsável por integrar o *software* instalado tanto no servidor quanto nos dispositivos com o *hardware* do usuário, ou seja, realizar a comunicação do *webserver* com o aplicativo instalado no *smartphone* do usuário. Tendo em vista que possíveis falhas podem ocorrer nessa etapa, é importante que haja total conhecimento dos mecanismos implementados e suas tecnologias. Nesse estágio todos os componentes de *software* são ativados e a comunicação com os dispositivos inteligentes é dada somente através da interface com o usuário.

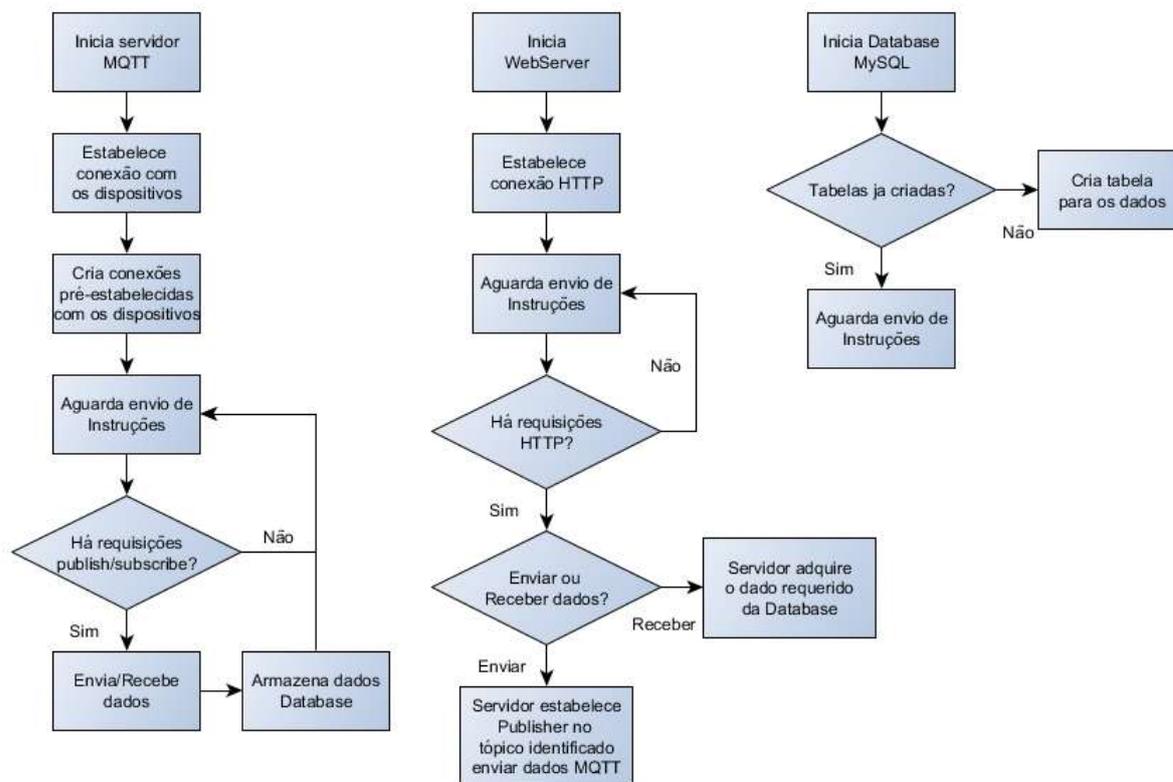
4.2.7 Verificação dos Requisitos

A verificação dos requisitos é parte importante no processo de teste do sistema, pois é nela que são verificados se todas as funcionalidades anteriormente estabelecidas estão sendo totalmente realizadas pelo projeto final. Além disso, também são realizados testes de desempenho nessa etapa, sendo crucial para o fechamento das características do projeto. Por tanto, a verificação dos requisitos retoma os princípios do projeto, sendo que, se uma das definições pré-estabelecidas não for atingida é importante que o projetista verifique as etapas anteriores.

4.3 Desenvolvimento do Projeto

Inicialmente para o desenvolvimento do servidor MQTT optou-se pela utilização de um sistema *free*, cuja interface fosse simples e que possuísse as ferramentas necessárias para tal função. Em questão de *hardware*, o mesmo não necessita ter grandes configurações pois os dados manipulados não estão em grande escala nem precisam de muito processamento. Utilizou-se o microcontrolador *Raspberry PI* para tal função. Instalando-se os servidores MQTT, *Webserver* e a *Database*.

Figura 4-3 Fluxograma Servidor

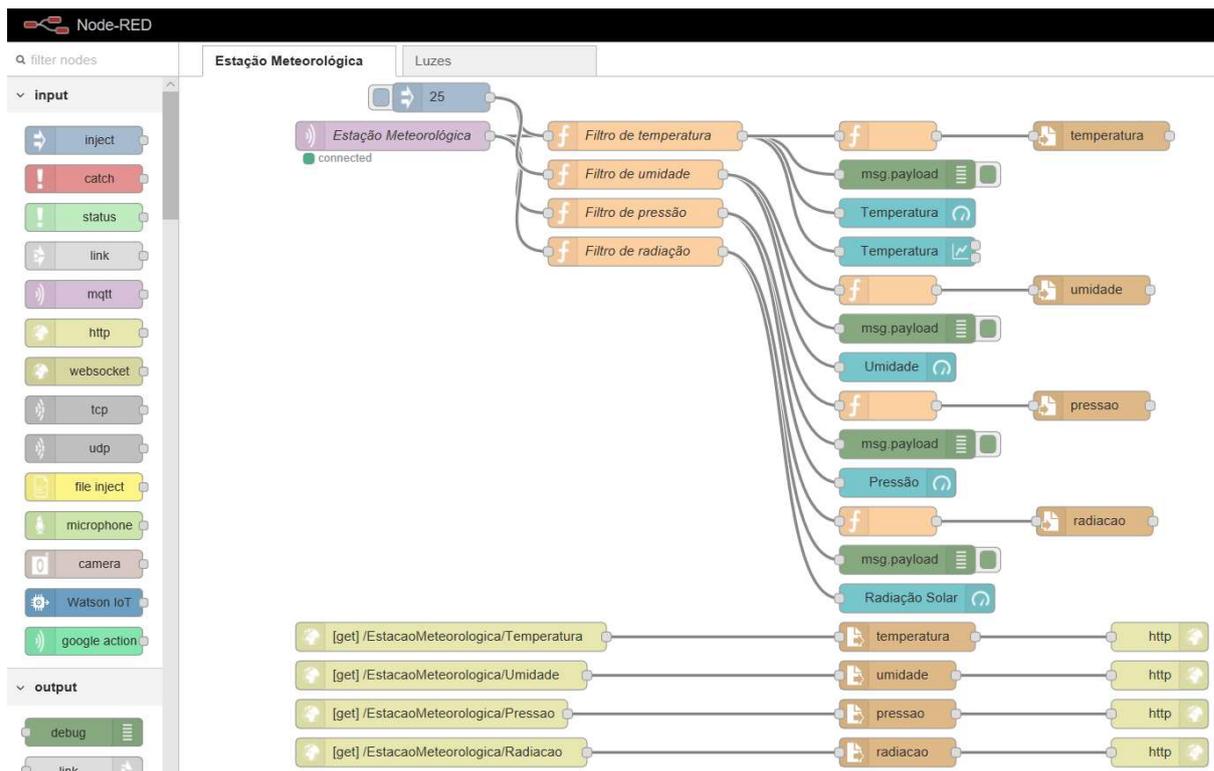


Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme pode-se observar na figura 4-3, o fluxograma do servidor divide-se em basicamente três principais fluxos, onde cada um gerencia os dados referentes ao seu protocolo. No primeiro fluxo, do servidor MQTT, é realizada a inicialização do servidor, onde optou-se por utilizar o *software open source* Mosquitto, que provê o atendimento de todas as necessidades para esse tipo de projeto. Uma vez instalado, esse servidor iniciará junto ao sistema operacional do computador, seguindo comandos no protocolo MQTT para seu funcionamento. No segundo fluxo é apresentado o *webserver*, onde aguarda-se o recebimento de instruções HTTP, provenientes do *smartphone* e retorna com os dados solicitados ou executa as ações definidas, para implementação desse *webserver* optou-se pela utilização do *software open source* Node-Red, que provê um serviço baseado em nós, onde é possível realizar quaisquer configurações tanto dos dispositivos IoT quanto de suas interações, além disso também é possível gerar gráficos e botões para interação com o usuário por meio de *dashboards*, na figura 4-4 é exibida a configuração realizada para a estação meteorológica, onde é recebido um comando em MQTT e o mesmo passa por um filtro de tópicos, publicando os resultados nos gráficos, exibidos na figura 4-5,

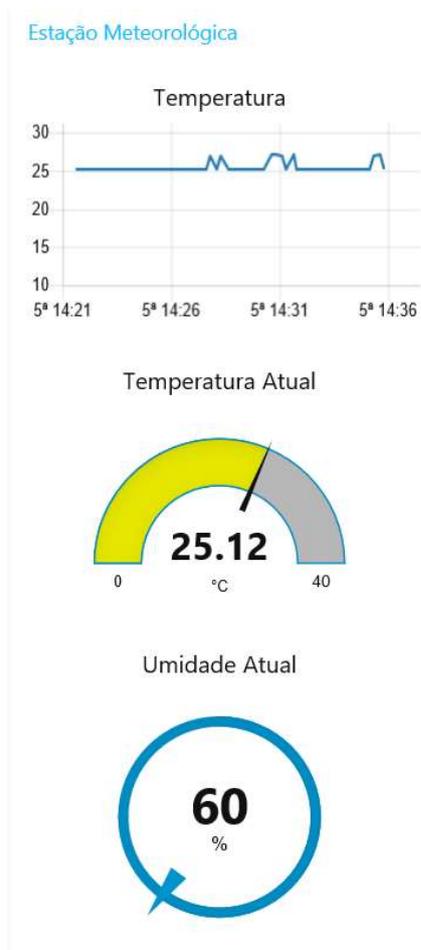
salvando no banco de dados e respondendo a requisições HTTP. O terceiro fluxo simboliza o armazenamento de dados, feito em um banco de dados internamente ao *webserver*, para sua implementação utilizou-se o *software open-source* SQLite que é um banco de dados simples e funcional respondendo a comandos em linguagem SQL.

Figura 4-4 Configuração Node-Red Estação Meteorológica



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 4-5 Gráficos Node-Red

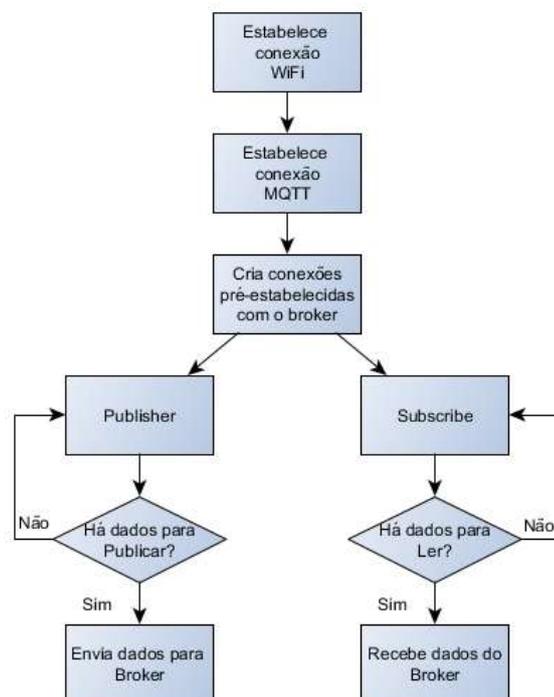


Fonte: Elaborado pelo Autor

Os dispositivos para realização das tarefas pré-estabelecidas nos requisitos desse projeto foram definidos baseando-se em seu custo/benefício. Desde o início dos estudos acadêmicos realizaram-se testes e outros projetos utilizando o *hardware* ESP-8266 cuja capacidade é extremamente alta tendo em vista seu baixo custo de mercado. Esse microcontrolador é capaz de ser programado no mesmo ambiente da IDE Arduino, em linguagem C, sendo capaz de processar todas as bibliotecas desenvolvidas para Arduino, inclusive bibliotecas que implementam o protocolo MQTT.

Na figura 4-6 é possível verificar o fluxograma do projeto de dispositivos IOT, onde o mesmo é configurado internamente com seus respectivos sensores e atuadores, logo após é realizada a comunicação através do protocolo MQTT para o servidor, previamente mencionado.

Figura 4-6 Fluxograma Dispositivos IoT



Fonte: Elaborado pelo Autor

A programação da Estação Meteorológica foi realizada essencialmente em linguagem de programação C. Onde inicialmente realiza-se a conexão do dispositivo ao *broker MQTT*, conforme figura 4-7.

Figura 4-7 Conexão Servidor MQTT

```

void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    // Attempt to connect
    if (client.connect("ESP8266Client", "****", "*****")) {
      Serial.println("connected");
      client.subscribe("Casa/Led1");
      client.subscribe("Resetar/Wifi");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" try again in 5 seconds");
      // Wait 5 seconds before retrying
      delay(5000);
    }
  }
}

```

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após realizada a conexão, são efetuados os passos para publicação e recebimento dos dados dos dispositivos no *broker MQTT*, conforme figura 4-8. Nesta

etapa chama-se a função *callback*, proveniente da biblioteca *MQTT* que tem como objetivo receber os dados dos tópicos cadastrados. No exemplo é identificado o estado atual da lâmpada, sendo *on* ou *off*.

Figura 4-8 Conexão Publisher MQTT

```
void callback(String topic, byte* message, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived on topic: ");
  Serial.print(topic);
  Serial.print(". Message: ");
  String messageTemp;

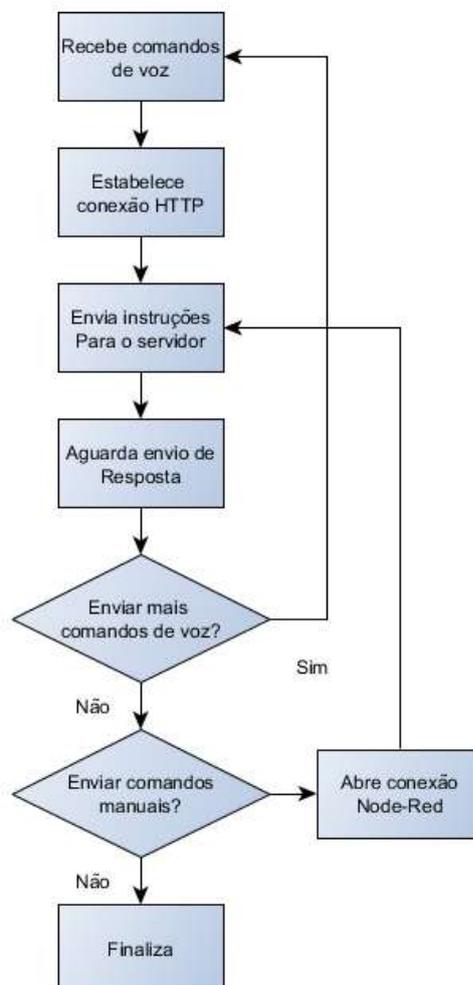
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    Serial.print((char)message[i]);
    messageTemp += (char)message[i];
  }
  Serial.println();

  // verifica Casa/Led1 (on/off)
  if(topic=="Casa/Led1"){
    Serial.print("Changing Room lamp to ");
    if(messageTemp == "1"){
      digitalWrite(lamp, HIGH);
      Serial.print("On");
    }
    else if(messageTemp == "0"){
      digitalWrite(lamp, LOW);
      Serial.print("Off");
    }
  }
  Serial.println();
}
```

Fonte: Elaborado pelo Autor

A última etapa é realizada fornecendo a conexão de *subscribe* ao *broker MQTT*, essa conexão é ilustrada na figura 4-9. Sendo indispensável a aquisição dos dados dos componentes antes de realizar a conexão com o *subscribe MQTT*. Cada dispositivo IoT tem sua própria programação, porém a conexão com o servidor se repete em todos eles, sendo simples e de fácil utilização.

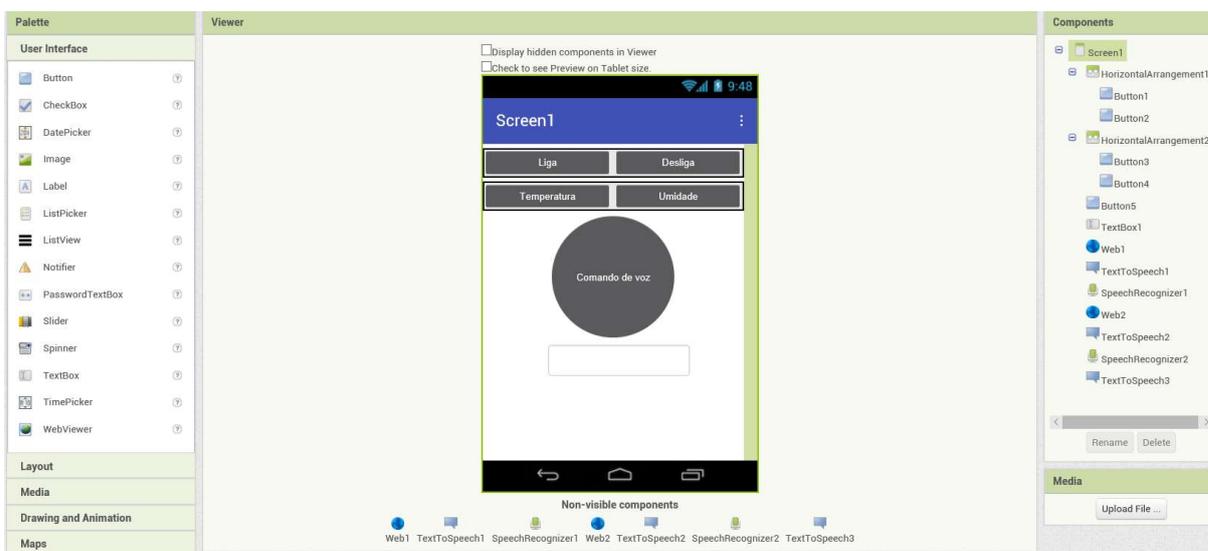
Figura 4-10 Fluxograma Aplicativo



Fonte: Elaborado pelo Autor

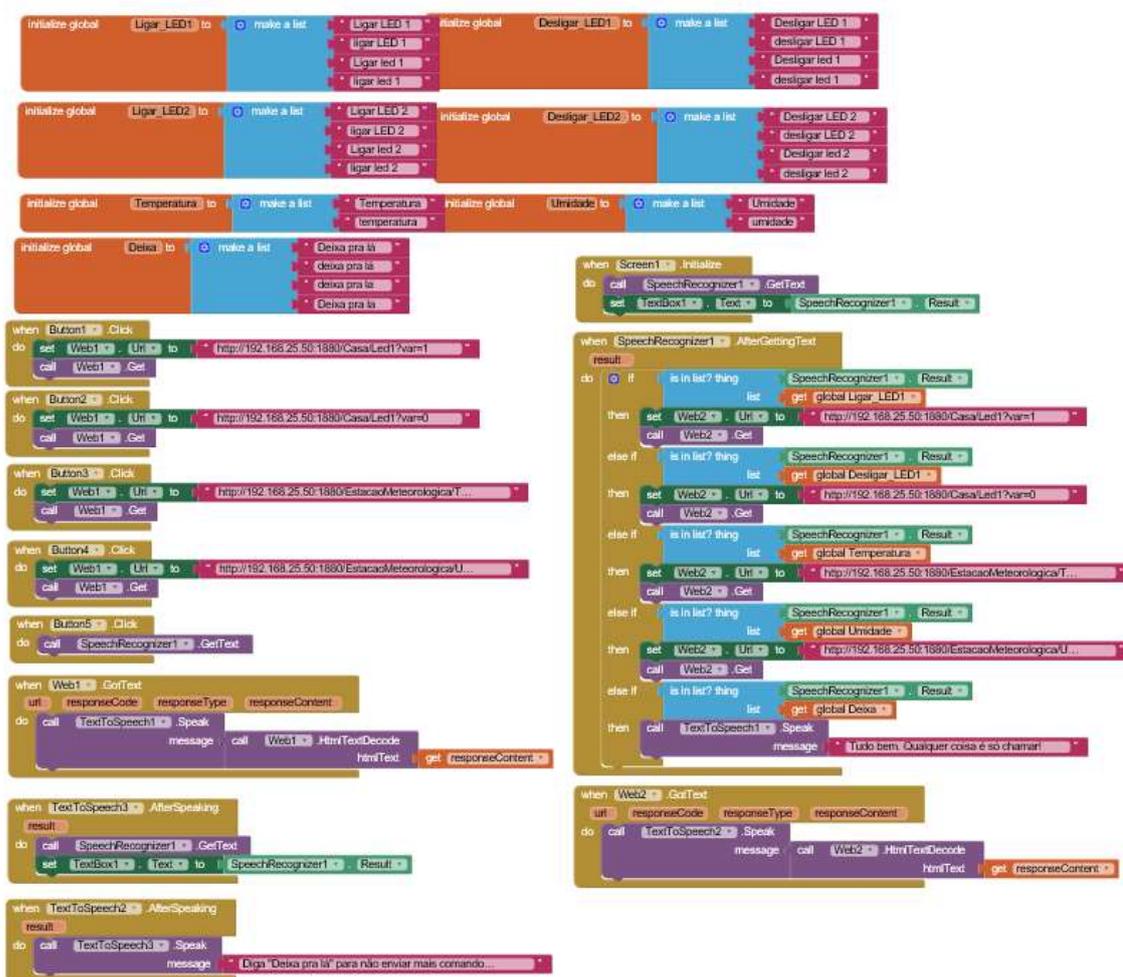
Na figura 4-11 é possível visualizar a interface de desenvolvimento do aplicativo para Android. Nessa plataforma de desenvolvimento web é extremamente simples a criação de aplicativos, arrastando e soltando funções disponíveis e após isso configurá-las em linguagem de programação em blocos, ilustrada na figura 4-12.

Figura 4-11 Interface de Desenvolvimento Gráfico MIT



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 4-12 Programação em Blocos MIT



Fonte: Elaborado pelo Autor

Os comandos implementados no aplicativo são ilustrados na tabela 2. Onde é fornecido na primeira coluna um exemplo de frase para o comando, podendo ser alterado se contida as palavras chave presentes na coluna dois. Na terceira e última coluna da tabela é representada a ação que determinado comando executa, o aplicativo retorna via voz a resposta do comando solicitado.

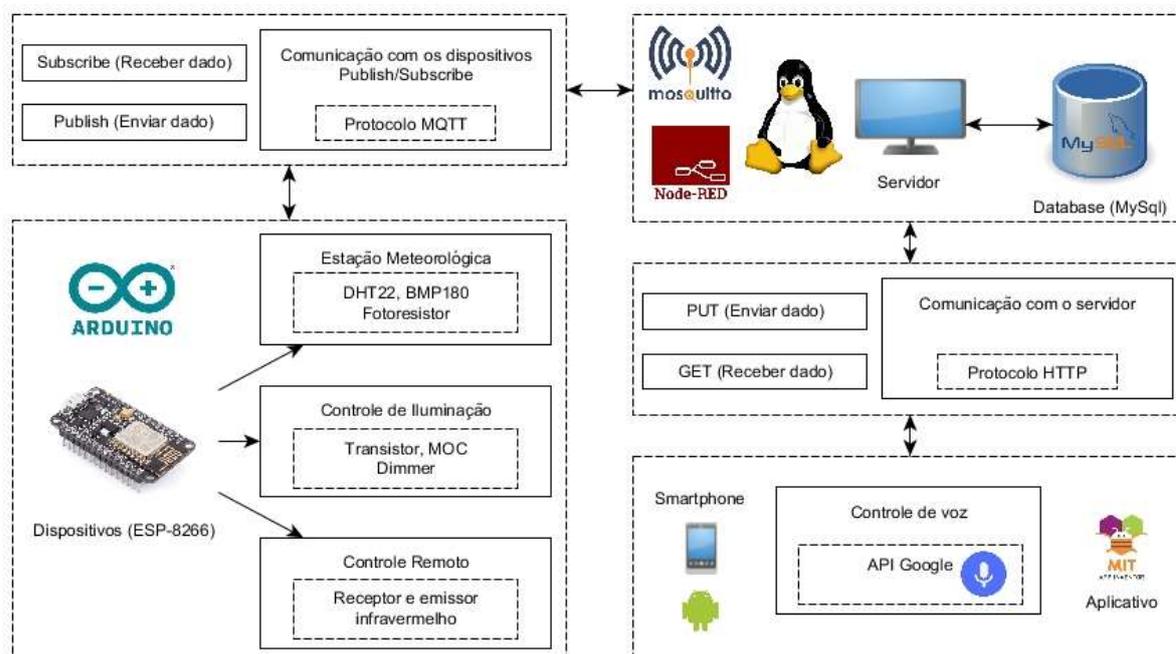
Tabela 2 - Comandos do Aplicativo

| Exemplo de comando | Palavra(s) chave | Ação |
|--|---|--|
| Qual é a temperatura do ambiente? | Temperatura. | Retorna a temperatura atual em graus Celsius adquirida pelo sensor. |
| Quero saber a umidade relativa do ar. | Umidade. | Retorna a umidade relativa do ar em porcentagem adquirida pelo sensor. |
| Está muito escuro aqui, poderia ligar o abajur, por favor? | Ligar, liga, ligue + abajur. | Liga o abajur presente no ambiente inteligente. |
| Agora eu quero que desligue o abajur. | Desligar, desliga, desligue + abajur. | Desliga o abajur presente no ambiente inteligente. |
| Queria um pouco de vento, pode ligar o ventilador? | Ligar, liga, ligue + ventilador. | Liga o ventilador presente no ambiente inteligente. |
| Pode desligar o ventilador agora. | Desligar, desliga, desligue + ventilador. | Desliga o ventilador presente no ambiente inteligente. |
| Quero ouvir uma rádio de rock. | Rádio, música + "gênero musical". | Inicia a conexão com uma rádio digital do gênero musical solicitado. |
| Certo, muito obrigado. | Obrigado. | Encerra o aplicativo. |

Fonte: Elaborado Pelo Autor

Visando um melhor entendimento do projeto, a figura 4-13 foi desenvolvida para ilustrar as conexões de *hardware* e *software* existentes no projeto, além disso pode-se perceber que há diversas conexões com diferentes protocolos de comunicação, porém pela abstração dos *softwares* envolvidos é possível realizar tais funções com harmonia.

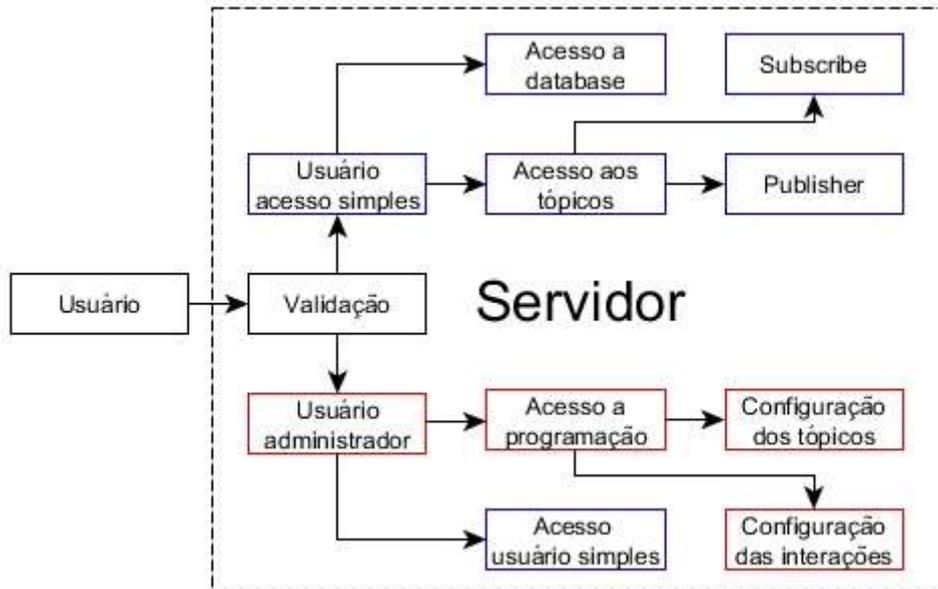
Figura 4-13 Visão Geral do Modelo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura 4-14 é ilustrada uma representação de como o servidor atua, onde cada acesso passa por uma validação de usuário e senha para identificação do mesmo. Definiu-se dois principais tipos de usuários, aqueles com o intuito apenas de usufruir das utilidades do projeto e aqueles que pretendem implementar o sistema. O usuário de acesso simples é capaz de acessar os dados armazenados na *database* e também utilizar os tópicos como *Publisher/Subscriber*, porém não tem acesso a configuração dos mesmos, sendo impossível realizar alterações na configuração dos tópicos nem nas interações entre eles. Já o usuário administrador tem acesso total ao sistema, inclusive ao acesso simples, que dá os mesmos direitos do usuário simples. Além disso, o usuário administrador pode configurar o sistema de tópicos e suas respectivas interações, por exemplo, realizar a configuração de interação do sensor de temperatura com o controle remoto do ar condicionado, ou seja, quando o sensor detectar temperatura “x” o ar condicionado é ligado/desligado. Qualquer configuração de interação pode ser realizada com o acesso de administrador, basta ter criatividade.

Figura 4-14 Relações do Sistema



Fonte: Elaborado pelo Autor

5 APECTOS DE AVALIAÇÃO E RESULTADOS

Neste capítulo serão abordados os meios de avaliação e resultados do projeto, assim como as técnicas utilizadas para obter a percepção dos participantes da avaliação em relação ao projeto. Na seção 5.1 o foco geral é na metodologia da avaliação, já na seção seguinte, 5.2 o foco é na análise dos resultados obtidos.

5.1 Avaliação

Para realizar a avaliação do modelo dezenove voluntários utilizaram o sistema desenvolvido por questões de oportunidade. Esses participantes possuem algum tipo de deficiência e utilizam cadeira de rodas para se locomover ou são idosos. Para aplicação desse experimento foi desenvolvido um projeto para o comitê de ética da instituição de ensino, respeitando-se assim as regras para execução desse tipo de aplicação. O número de aceite disponibilizado pelo comitê de ética é 3.321.853.

Para pesquisa de opinião dos usuários, optou-se pela utilização do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) com foco em utilidade percebida e facilidade de uso percebida, conforme Davis [1989]. Para resposta do usuário utiliza-se uma escala de Likert [Dalmoro 2014], sendo uma escala de resposta psicométrica utilizada em pesquisas de satisfação, onde o usuário especifica qual seu nível de concordância com uma afirmação entre cinco opções:

1. Concordo plenamente.
2. Concordo parcialmente.
3. Indiferente.
4. Discordo parcialmente.
5. Discordo plenamente.

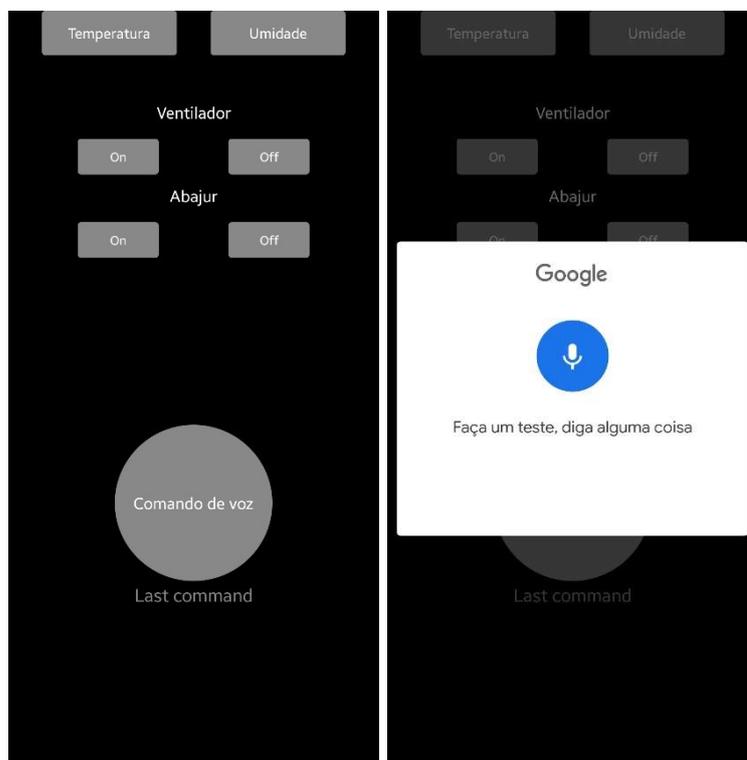
5.1.1 Funcionamento do Aplicativo Smart Voice Control (SVC)

O aplicativo desenvolvido não está disponível publicamente e é de uso exclusivo do usuário em seu ambiente inteligente. Assim como as informações disponibilizadas estarão apenas na rede interna do ambiente, não sendo possível o acesso dos mesmos fora da rede.

Na figura 5-1 é possível visualizar a tela inicial do aplicativo e o *frame* de aquisição de comando. Após a abertura do mesmo é iniciado automaticamente uma

aquisição de comando de voz, sendo disponíveis comandos como ligar e desligar luz ou temperatura do ambiente. Os comandos serão abordados mais detalhadamente no decorrer deste capítulo.

Figura 5-1 Tela Inicial do Aplicativo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Após o recebimento de um comando uma assistente de voz informa se o comando solicitado foi entendido ou não, caso não tenha sido entendido é solicitada uma nova aquisição do comando automaticamente. Já se o comando foi entendido ele é enviado para o servidor. A assistente de voz informa o *feedback* do dispositivo, por exemplo, se o comando foi “Qual a temperatura do ambiente?” a assistente de voz irá responder com o valor atual da temperatura adquirida pelo sensor de temperatura. Logo após a assistente de voz solicita que o usuário mande um outro comando ou diga “obrigado” para que seja finalizada a aquisição de comandos via voz. Caso isso ocorra o aplicativo é encerrado.

Para habilitar os comandos de forma manual, o usuário precisa apenas clicar fora do *pop-up* de aquisição de comandos via voz. Uma vez disponível os comandos manuais o usuário pode apenas clicar nos botões que o comando é enviado automaticamente para o servidor e a assistente de voz retorna um *feedback* do comando e também escreve o mesmo logo abaixo do botão de comando de voz.

A execução dos comandos realizados no aplicativo é feita através do servidor *Node-Red* instalado no microcontrolador, *Raspberry Pi*. Os comandos são interpretados pela lógica de programação interna do aplicativo e compilados para formar uma requisição HTTP que é enviada para o servidor via *Wi-fi*. Após o recebimento da requisição o servidor executa as ações propostas e retorna uma resposta também em HTTP para o aplicativo, já com os dados requisitados. As ações requisitadas para o servidor podem se referir a um sensor de umidade, por exemplo. Para que o servidor adquira a informação de umidade é necessário estabelecer uma conexão MQTT com o dispositivo. Entrando assim efetivamente no paradigma de *IOT*, onde os dispositivos inteligentes são capazes de se comunicar entre si e enviar informações relevantes para o usuário.

A hipótese é que um sistema para automação de casas inteligentes poderá ser voltado para pessoas com deficiência (PCDS) ou idosas, auxiliando de forma significativa sua interação com o ambiente.

5.1.2 Metodologia Proposta

A metodologia proposta consiste na experiência que cadeirantes e idosos terão ao utilizar o sistema, tanto de forma aberta quanto seguindo um roteiro planejado. Propõe-se a participação de quatro cadeirantes e quinze idosos para utilização do sistema. O autor deste trabalho auxiliou ativamente os participantes, sanando dúvidas e pequenas dificuldades de entendimento.

No início da atividade o usuário foi convidado a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apêndice A.

Um roteiro foi definido para que o usuário percorresse todas as possíveis alternativas na utilização do sistema. O mesmo possui os seguintes passos:

1. Inicializar o aplicativo via comando de voz:
 - a. Comando: “Ok, Google”.
 - b. Aguardar Assistente da Google inicializar.
 - c. Comando: “Abrir Controle de Voz Inteligente”
 - d. Aguardar o aplicativo abrir.
2. Solicitar a temperatura do ambiente:
 - a. Comando: “Qual a temperatura do ambiente?”
 - b. Aguardar *feedback* do aplicativo.
3. Solicitar a umidade relativa do ar:
 - a. Comando: “Quero saber a umidade relativa do ar.”

- b. Aguardar *feedback* do aplicativo.
- 4. Ligar o abajur presente no ambiente inteligente:
 - a. Comando: “Está muito escuro aqui, poderia ligar o abajur, por favor?”
 - b. Aguardar *feedback* do aplicativo.
- 5. Ligar o ventilador presente no ambiente inteligente:
 - a. Comando: “Queria um pouco de vento, pode ligar o ventilador?”
 - b. Aguardar *feedback* do aplicativo.
- 6. Inicializar alguma rádio da preferência do usuário:
 - a. Comando: “Quero ouvir uma rádio de rock.”
 - b. Aguardar *feedback* do aplicativo.
- 7. Finalizar o aplicativo:
 - a. Comando: “Obrigado.”

O questionário mostrado na tabela 3 foi aplicado na experiência do usuário com o sistema. Conforme citado anteriormente, o questionário foi construído de forma a identificar se a tecnologia proposta tem condições de auxiliar o usuário a realizar uma atividade de forma mais adequada e também identificar se essa mesma tecnologia pode ser utilizada com o mínimo de esforço.

Tabela 3 – Questionário Sobre o Sistema

| Item | Informação |
|------|--|
| 1 | O aplicativo <i>Smart Voice Control (SVC)</i> é de fácil compreensão. |
| 2 | As informações sobre as possibilidades do aplicativo são claras e objetivas. |
| 3 | Todos os comandos foram executados corretamente. |
| 4 | O SVC seria útil para apoiar a acessibilidade de PCDs em suas atividades do cotidiano. |
| 5 | O aplicativo SVC é completamente acessível, não havendo nenhuma dificuldade em sua utilização. |
| 6 | A utilização do SVC em uma casa inteligente assistiva seria extremamente útil. |
| 7 | O SVC facilita o uso dos recursos disponíveis na casa inteligente assistiva. |
| 8 | Todos os comandos via voz foram entendidos pelo aplicativo. |
| 9 | Seria fácil me tornar hábil no uso do aplicativo SVC. |
| 10 | O uso do SVC estimula a inclusão social e a acessibilidade. |
| 11 | Campo livre para comentários. |

Fonte: Elaborado pelo Autor

Nesse modelo existem dois principais pilares que o sustentam. São eles:

- Facilidade percebida de uso: é o grau em que uma pessoa acredita que a tecnologia poderia reduzir os seus esforços.
- Utilidade percebida: é o grau em que uma pessoa acredita que o uso da tecnologia poderia melhorar seu desempenho.

As questões de 1 a 6 são referentes a utilidade percebida, já as questões de 7 a 10 são referentes a facilidade percebida. Dentre essas questões, duas são referentes a questões que tratam sobre acessibilidade, são elas as de número 4 e 10.

O participante também será convidado a responder um questionário sobre suas informações pessoais, representado na tabela 4.

Tabela 4 – Questionário Sobre Informações Pessoais

| Item | Informação |
|------|---|
| 1 | Faixa etária. |
| 2 | Sexo. |
| 3 | Nível de escolaridade. |
| 4 | Nível de conhecimento em informática ou experiência no uso de computadores. |
| 5 | Possui <i>smartphone</i> . |

Fonte: Elaborado pelo Autor

5.1.3 Realização do Experimento

Para que fosse possível realizar uma avaliação do projeto, desenvolveu-se um ambiente inteligente com toda infraestrutura necessária para aproximar o usuário de uma aplicação real. O ambiente escolhido foi a casa deste pesquisador, onde em uma sala específica pode-se acomodar os participantes da pesquisa. Na figura 5-2 é possível identificar a maioria dos participantes.

Figura 5-2 Participantes da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor

Inicialmente foi realizada uma breve introdução ao sistema com todos os participantes da pesquisa presentes. Nessa introdução foram abordados pontos importantes referentes a severidade e compromisso das respostas na pesquisa, assim como o termo de consentimento livre e esclarecido. Logo após o primeiro contato dos participantes com o sistema reuniu-se pequenos grupos de três participantes para efetivamente utilizarem o sistema. Ao todo foram 19 voluntários que participaram da experiência e responderam à pesquisa.

Figura 5-3 *Setup* do modelo

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura 5-4 é possível identificar o *hardware* utilizado no modelo, a tabela 5 relaciona os itens com suas respectivas descrições. A base de acrílico suporta todo *hardware* necessário no modelo. Além disso foram utilizados uma televisão para exibir as *dashboards* dos sensores, um ventilador e um abajur, como mostrado na figura 5-3. Os dados presentes na *dashboard* são referentes a temperatura, umidade, pressão atmosférica e luminosidade, provenientes dos sensores do *setup*.

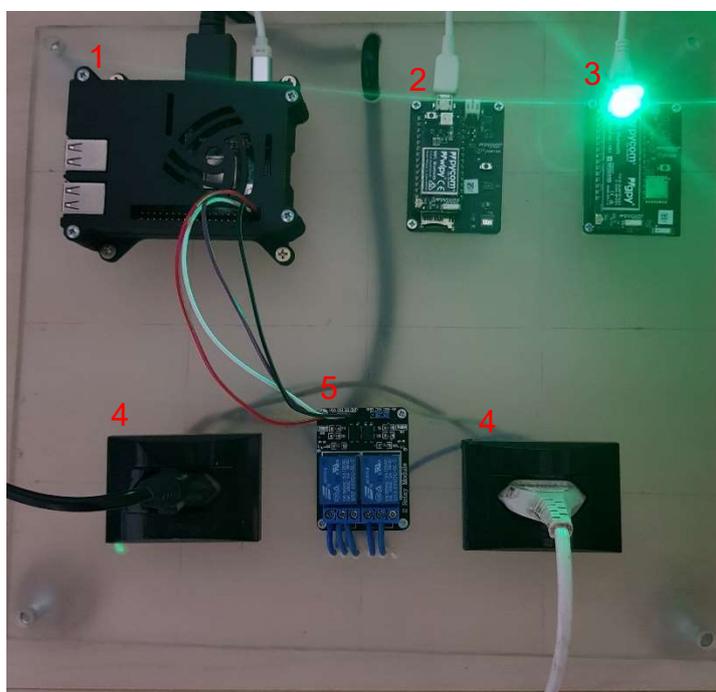
Tabela 5 - *Hardware* do modelo

| Item | Nome | Descrição |
|------|----------------|--|
| 1 | Raspberry Pi | Raspberry Pi 3 Modelo B+, processador <i>quad core</i> de 64 bits, 1.4GHz de velocidade, conectividade: <i>Wifi</i> de 2.4GHz e 5GHz de banda dupla, Bluetooth 4.2 / BLE, Ethernet. |
| 2 | Wipy + Pysense | Pycom Wipy 3, processador <i>dual core</i> de 32 bits, 0.24GHz de velocidade, conectividade: <i>Wifi</i> de 2.4GHz, Bluetooth 4.2 / BLE. Sensores: temperatura, umidade, pressão atmosférica e luminosidade. |

| | | |
|---|---------------|--|
| 3 | Gpy + Pytrack | Pycom Gpy, processador <i>dual core</i> de 32 bits, 0.24GHz de velocidade, conectividade: <i>Wifi</i> de 2.4GHz, Bluetooth 4.2 / BLE e LTE. Sensores: GPS + GNSS e acelerômetro. |
| 4 | Tomada | Tomada de energia 2 pontos + terra. |
| 5 | Módulo Relé | Módulo relé com 2 canais 5V a 10A, contatos: 1 NA, 1 NF e o Comum. |

Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 5-4 *Hardware* do modelo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura 5-5 possível visualizar um voluntário cadeirante fazendo uso do sistema, conforme os passos anteriormente abordados.

Os usuários foram assistidos durante toda experiência por este pesquisador, conforme os comandos iam sendo executados os participantes visualizavam em tempo real sua realização efetiva no ambiente, como ligar o abajur e ventilador.

Figura 5-5 Voluntário 1 Testando o Sistema



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura 5-6 visualiza-se a utilização do sistema por outro cadeirante, onde os mesmos passos anteriormente descritos foram realizados.

Figura 5-6 Voluntário 2 Testando o Sistema



Fonte: Elaborado pelo Autor

Ao final da experiência os voluntários foram convidados a responder a pesquisa descrita no item 5.1.2. O usuário dispunha de total liberdade para respondê-lo, sem interferência alguma do pesquisador, podendo solicitar ajuda sempre que necessário.

5.2 Resultados

No item 11 do questionário disponibilizou-se um espaço livre para comentários, onde o participante pôde escrever dicas, sugestões e críticas ao sistema. Esses comentários foram compilados e descritos ao longo deste capítulo.

A análise dos resultados foi organizada de forma que os mesmos estão agrupados em três principais grupos, utilidade percebida, facilidade percebida de uso e acessibilidade do sistema.

Visualiza-se na figura 5-7 que é aceita plenamente a utilidade do sistema com 92%, já parcialmente aceita em 7% e discordam parcialmente 1%. Obtendo-se assim um resultado positivo com a maioria dos voluntários em relação a utilidade da aplicação. Comentários afirmam que o sistema desenvolvido é útil, não só para pessoas cadeirantes e idosas, mas sim para qualquer tipo de pessoa que tenha o desejo de controlar o ambiente de sua casa via voz. Alguns pontos negativos também foram identificados, como por exemplo a má utilização do aplicativo, gerando algumas falhas de entendimento do comando. A incorreta utilização do aplicativo é devido a pouca prática com o mesmo, já que para qualquer introdução a uma nova tecnologia há um tempo de adaptação, concretizando-se assim algumas falhas pontuais, expostas no gráfico de utilidade percebida com 1%.

Figura 5-7 Gráfico de Utilidade Percebida



Fonte: Elaborado pelo Autor

Em relação a facilidade no uso, pode-se observar na Figura 5-8 que o resultado é bastante similar ao gráfico de utilização percebida, porém com 1% a mais discordando do sistema. Totalizando-se assim 91% dos voluntários concordam plenamente que teriam facilidade em utilizar o sistema, 7% concordam parcialmente com esta afirmação. Os voluntários utilizaram o sistema e comentaram que é simples e fácil utiliza-lo, não necessitando grande experiência com informática para fazer uso do mesmo, é verdadeira essa afirmação já que quase 60% dos participantes considera-se com conhecimento razoável ou nenhum em informática, figura 5-13. Devido a falta de ajuste em alguns parâmetros do sistema, o mesmo apresentou falha de execução algumas vezes. Esse ajuste é feito através da interface gráfica e só precisa ser realizado a primeira vez que o sistema inicializa, nas próximas reinicializações não é necessário executar novamente esse ajuste. Além disso, como pode ser observado na figura 5-14, apenas 32% dos voluntários possui *smartphone*, gerando assim um aumento no tempo de familiarização com o sistema, porém, ainda assim apenas 2% dos voluntários discordaram parcialmente com a facilidade percebida de uso do sistema.

Figura 5-8 Gráfico de Facilidade Percebida



Fonte: Elaborado pelo Autor

Já em questão de acessibilidade pode-se perceber na figura 5-9 que 97% dos voluntários que responderam à pesquisa acreditam plenamente que o sistema desenvolvido corresponde a questões de acessibilidade, já 3% acredita parcialmente nessa afirmação. Houveram diversos comentários exaltando que o sistema pode

ajudar muitas pessoas com algum tipo de deficiência, principalmente de locomoção. Onde o usuário poderia estar sentado no sofá, por exemplo, e solicitar pelo celular que o ventilador fosse desligado, sem a necessidade de deslocamento até o mesmo.

Figura 5-9 Gráfico de Acessibilidade do Sistema



Fonte: Elaborado pelo Autor

As observações dos participantes foram em sua maioria positivas em relação ao sistema. Cita-se o comentário de um voluntário: “O aplicativo é muito fácil de se compreender e de muita utilidade, principalmente para pessoas com alguma deficiência de locomoção.”. Assim como: “Muito interessante e certamente muito útil em pessoas em geral, mas especialmente para pessoas com algum grau de mobilidade reduzido, quer idoso, deficiente e até para comodidade de qualquer pessoa.”.

Além disso, foram contabilizados dados pessoais dos voluntários. Com o objetivo de traçar perfis dos usuários conforme suas preferências e possíveis correlações entre suas respostas. Visualiza-se na figura 5-10 a faixa etária dos participantes, podendo-se identificar que a maioria dos participantes tem mais do que cinquenta anos de idade, sendo desses, 37% oficialmente idosos segundo a lei. Os voluntários abaixo de quarenta anos de idade são cadeirantes, totalizando-se assim 16% dos participantes.

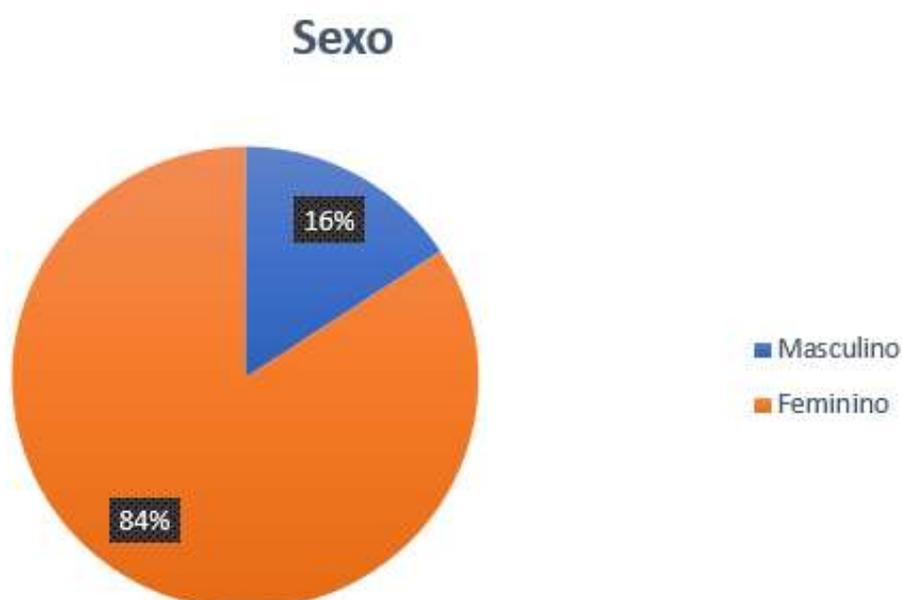
Figura 5-10 Faixa Etária dos Voluntário



Fonte: Elaborado pelo Autor

Além da faixa etária foram identificados majoritariamente mulheres na realização do experimento, somando um total de 84%. O restante dos participantes são homens, conforme mostra a figura 5-11.

Figura 5-11 Gráfico do Sexo dos Voluntários

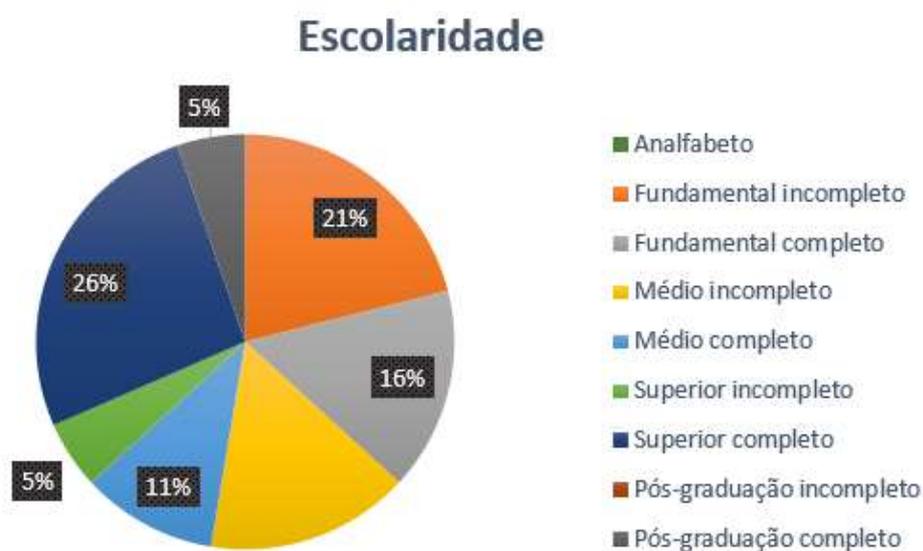


Fonte: Elaborado pelo Autor

O nível de escolaridade dos participantes também foi adquirido a fim de encontrar uma correlação dos mesmos com a facilidade de compreensão da

aplicação. Como pode ser observado na figura 5-12 é heterogêneo o grau de formação dos voluntários.

Figura 5-12 Gráfico de Escolaridade dos Voluntários



Fonte: Elaborado pelo Autor

A fim de analisar quanto a familiaridade com a tecnologia influenciaria na aceitação do projeto, propôs-se a identificação do nível de conhecimento em informática dos participantes, obtendo-se assim o gráfico da figura 5-13.

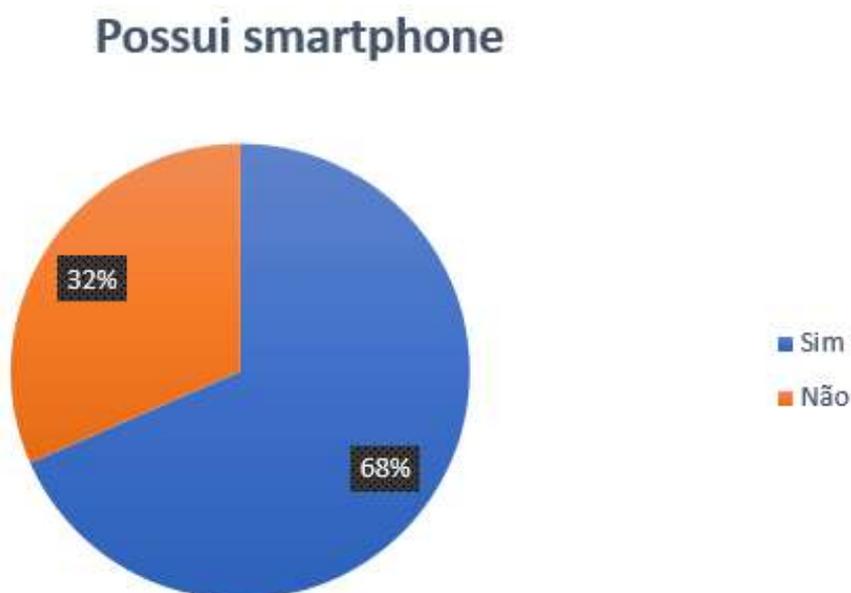
Figura 5-13 Gráfico dos Conhecimentos em Informática dos Voluntários



Fonte: Elaborado pelo Autor

O último item do questionário foi a relação direta dos voluntários com a tecnologia, no caso um *smartphone*. Visou-se obter a informação da utilização de um *smartphone* pelos participantes apenas sabendo se os mesmos possuíam um ou não. Conforme a figura 5-14 é possível identificar que a maioria dos participantes tem contato direto com *smartphone*, totalizando 68% dos participantes.

Figura 5-14 Gráfico da Relação com *Smartphone* dos Voluntários



Fonte: Elaborado pelo Autor

Os participantes da pesquisa de forma geral foram bastante positivos em relação ao sistema desenvolvido, no entanto alguns participantes comentaram que poderiam haver mais opções de comandos: “Sugiro que se crie mais opções de palavras chave para funcionamento”, assim como sugestões de melhorias na segurança em caso de perda de energia, “Ver a questão de segurança em caso de cair o sistema.”. Além disso, foi escrito por um participante no campo destinado a comentários que o sistema fosse mais fluído, ou seja, aumentando as palavras chave, desvinculando de um comando engessado, a frase foi a seguinte: “Pode tornar o diálogo com o app mais natural como se fosse uma conversa.”. Outro voluntário relatou que houveram alguns ajustes decorrente de falhas no comando, “Foram realizados testes onde houveram pequenas necessidades de ajustes por falha no comando”, essas falhas ocorreram devido a falta de prática com o aplicativo, pois o mesmo exige um certo tempo entre um comando e outro, caso não respeitado esse *delay* ocorrer a sobreposição de comandos e conseqüentemente falha no aplicativo.

Diversos usuários comentaram que o sistema pode ser expandido para suprir as necessidades de uma casa inteligente por completo. Além disso, destaca-se o comentário de um participante onde o mesmo relata sobre um amigo com deficiência visual que seria com certeza um usuário para o sistema, quebrando a utilização apenas do braile para forma de interação com o ambiente, “Super útil para deficiente visual”, relata.

Por fim comenta-se um diálogo com um voluntário onde o mesmo destaca que já havia visto algo parecido com o sistema, controlando-se via voz um robô, porém apenas em forma de vídeo e não pessoalmente. Destaca: “Eu já tinha ouvido falar. Hoje tive a oportunidade de ver como funciona, achei muito interessante”.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou um sistema IOT controlado por voz para casas inteligentes com foco em cadeirantes e idosos utilizando poucos recursos de *hardware* e simplificando os recursos de *software*, chamado de Smart Voice Control. O Smart Voice Control foi desenvolvido baseando-se na lacuna de soluções com alternativas de controle para ambientes inteligentes. Os estudos realizados apontam que o sistema é promissor e pode ser utilizado para controlar ambientes inteligentes. Este último capítulo refere-se as principais conclusões e contribuições do trabalho, bem como sugestões de trabalhos futuros ainda nesse tema.

6.1 Conclusões

Com a disseminação do conhecimento sobre o paradigma IoT e a grande presença de dispositivos inteligentes como sensores, atuadores, *smartphones*, *smart TVs*, entre outros, nos mais diversos tipos de ambientes do cotidiano das pessoas, como doméstico, industrial e comercial. Acredita-se que a IoT estará tão presente no dia-a-dia das pessoas quanto a *Internet*. Dessa forma, o desenvolvimento de novas propostas que facilitem a interação dos usuários com a tecnologia é imprescindível. Seja para acesso e/ou gerenciamento remoto de ambientes inteligentes através da rede, ou até mesmo ferramentas completas, que além da administração dos ambientes, os usuários possam criar ou modelar suas próprias soluções para seus ambientes inteligentes, seja através de controles de voz, controles manuais ou até mesmo gestos, que após sua identificação é executada alguma ação.

Com os resultados obtidos foi possível identificar algumas melhorias a serem desenvolvidas no sistema, como a maior fluidez nos comandos, porém o sistema foi extremamente aceito pelos voluntários participantes, concluindo que o Smart Voice Control consegue cumprir seu papel proposto, sendo possivelmente utilizável pelo público em questão. Permitindo assim, que usuários com pouca mobilidade possam usufruir de um ambiente IOT com facilidade.

Nesse sentido, esse trabalho apresentou uma solução para o desenvolvimento de um controle via comandos por voz ou manuais com um custo extremamente baixo, tendo foco no usuário final. Diferentemente das soluções propostas apenas para usuários especialistas, exigindo grandes conhecimentos para sua utilização.

6.2 Contribuições

Dentre as principais contribuições do modelo é possível destacar o foco na acessibilidade de cadeirantes e idosos, onde os mesmos podem utilizar o sistema sem grandes dificuldades, provendo uma maior interação com o ambiente de forma simples e prática. Além disso o trabalho desenvolvido apresenta todos os passos necessários para a construção de novos comandos e controle de novos dispositivos IOT presentes na rede, sendo extensível para qualquer tipo de dispositivo que se comunique através do protocolo MQTT.

Outra contribuição importante foi o desenvolvimento dos passos necessários para construção de um ambiente IOT, onde através de diversas plataformas livres, como Linux, MIT App Inventor, Mosquitto e Node-Red é possível montar uma casa inteligente, apenas adicionando, posteriormente, mais dispositivos e funções de controle.

6.3 Trabalhos Futuros

Um trabalho futuro e que já está sendo iniciado, é a construção de uma cadeira de rodas motorizada, implementada como um dispositivo dentro do ambiente inteligente, ou seja, através de comandos de voz será possível o controle da mesma. Esse controle baseia-se na necessidade de tetraplégicos em se locomover. Além disso, com o controle da cadeira de rodas motorizada pelo celular, é possível programar a mesma para deslocar-se automaticamente para uma determinada posição da casa, por exemplo, perto da cama, para que o cadeirante possa ter mais autonomia e não depender tanto de outras pessoas. Para isso é necessário o desenvolvimento de um outro trabalho, com foco na localização *indoor* dos dispositivos. Pensa-se como solução para esse problema a utilização de *beacons* e triangulação dos mesmos para identificação dos dispositivos. Além disso, é um exemplo de trabalho futuro a construção de um sistema que siga um acompanhante, por exemplo, uma mãe de tetraplégico que quer fazer um passeio com seu filho. Nesse sentido seria apenas necessário a ativação de uma função no “relógio inteligente” da

pessoa a ser seguida para que então a cadeira se movimentasse sozinha, mantendo-se sempre a uma distância “x” da pessoa que possui o relógio inteligente.

Para realização de tais trabalhos, pretende-se utilizar sensores para detecção de obstáculos no caminho da cadeira de rodas, onde através do processamento desses dados pode-se desviar, ou até mesmo tomar outra rota para chegar no local proposto.

A partir do momento em que há um servidor disponível no ambiente inteligente, é possível trabalhar no desenvolvimento de diversos dispositivos que se comuniquem com o servidor. Um exemplo seria o controle de energia elétrica da casa inteligente, onde haveriam gráficos demonstrando o consumo atual aplicado até o momento, podendo-se assim ter um maior controle dos gastos dentro da casa, verificando quais horários e dispositivos consomem mais energia, possibilitando um grande potencial de economia, já que os valores estarão em tempo real.

REFERÊNCIAS

- ANUSHA, G; Ballala, S. H; NARESH, S. Low Cost Home Automation by Zigbee and Voice Commands using Raspberry pi2 (B+). Dept of ECE, Sri Indu Institute of Engineering & Technology, Hyderabad, TS, India, International Journal of Advanced Technology in and Innovative Research. ISSN 2348-2370, August-2016. Vol.08, Issue.10. Pages:1977-1980.
- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The internet of things: A survey. *Computer networks*, 2010, 54.15: 2787-2805.
- BANKS, A.; GUPTA, R. MQTT Version 3.1.1. [S.I.], 2014.
- BARROS, M.D. da S.; IANHAS, E.R.F. Domótica-Automação Residencial por comando de Voz. 2014.
- BASSI, Alessandro; HORN, Geir. Internet of Things in 2020: A Roadmap for the Future. European Commission: Information Society and Media, 2008.
- BERSCH, R. Introdução à Tecnologia Assistiva. Assistiva® Tecnologia e Educação. Porto Alegre, 2013.
- BRASIL. Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Regulamenta a Lei nº 7.853 de 24 de outubro de 1989, que dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção e dá outras providências, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>. Acesso em: 13 set. 2018.
- DALMORO, Marlon; VIEIRA, Kelmara Mendes. Dilemas na construção de escalas Tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?. *Revista gestão organizacional*, v. 6, n. 3, 2014.
- DE, Suparna, et al. Service modelling for the Internet of Things. In: *Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, 2011 Federated Conference on. IEEE, 2011. p. 949-955.
- DECUIR, Joseph. Introducing Bluetooth Smart: Part II: Applications and updates. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 3(2):25–29, 2014.
- DE SOUZA, Luciana Moreira Sá, et al. Socrates: A web service based shop floor integration infrastructure. In: *The internet of things*. Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 50-67.
- DELICATO, Flávia C.; PIRES, Paulo F.; BATISTA, Thais. *Middleware solutions for the Internet of Things*. Springer London, 2013.

DIONISIO, G. M..Protótipo de automação residencial baseado em Arduino como apoio para pessoas limitadas fisicamente. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes–PR, Julho de 2018.

EVANS, Dave. The internet of things: how the next evolution of the internet is changing everything. CISCO white paper, 2011, 1.

GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, v. 29, n. 7, p. 1645 – 1660, 2013. ISSN 0167-739X. Including Special sections: Cyber-enabled Distributed Computing for Ubiquitous Cloud and Network Services; Cloud Computing and Scientific Applications — Big Data, Scalable Analytics, and Beyond.

HOY, Matthew B. Alexa, Siri, Cortana, and More: An Introduction to Voice Assistants. *Medical reference services quarterly*, v. 37, n. 1, p. 81-88, 2018.

JAFFEY, Toby. MQTT and CoAP, IoT protocols. 2014.

KATASONOV, Artem, et al. Smart Semantic Middleware for the Internet of Things. *ICINCO-ICSO*, 2008, 8: 169-178.

KEFALAKIS, Nikos, et al. Supply chain management and NFC picking demonstrations using the AspireRfid middleware platform. In: *Proceedings of the ACM/IFIP/USENIX Middleware'08 Conference Companion*. ACM, 2008. p. 66-69.

KORTUEM, Gerd, et al. Smart objects as building blocks for the internet of things. *Internet Computing*, IEEE, 2010, 14.1: 44-51.

LINGARIA, D. M. Assistive Voicer Recognition Device for GSM Calling Using Arduino UNO. Rizvi College Of Engineering, Mumbai, India, 2015.

MAIA, Pedro, et al. A Middleware Platform for Integrating Devices and Developing Applications in e-Health. In: *Computer Networks and Distributed Systems (SBRC)*, 2015 XXXIII Brazilian Symposium on. IEEE, 2015. p. 10-18.

MAINETTI, Luca; PATRONO, Luigi; VILEI, Antonio. Evolution of wireless sensor networks towards the internet of things: A survey. In: *Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, 2011 19th International Conference on. IEEE, 2011. p. 16.

MATTERN, Friedemann; FLOERKEMEIER, Christian. From the Internet of Computers to the Internet of Things. In: *From active data management to event-based systems and more*. Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 242-259.

- MONTAVONT, Julien; ROTH, Damien; NOËL, Thomas. Mobile IPv6 in Internet of Things: Analysis, experimentations and optimizations. *Ad Hoc Networks*, 2014, 14: 15-25.
- OBAID, T. "Zigbee Based Voice Controlled Wireless Smart Home System" *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, Vol. 6, No. 1, February 2014.
- PHAM, Cu; LIM, Yuto; TAN, Yao. A Platform for Integrating Alexa Voice Service into ECHONET-Based Smart Homes. In: 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW). IEEE, 2018. p. 1-5.
- PERERA, Charith, et al. Context aware computing for the internet of things: A survey. *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE, 2014, 16.1: 414-454.
- PERICO, A.; SHINOHARA, C.S.; SARMENTO, C.D. Sistema de reconhecimento de Voz para Automatização de uma Plataforma Elevatória. Universidade Tecnologia Federal do Paraná-UTFPR, Trabalho de Conclusão de Curso, 2014, 96 fl.
- PIMENTEL, V.C. A.; BARBACENA, I.L.; CORREIA, S.E.N.; DIAS, M.C. Uma plataforma de baixo custo comandada por voz para tecnologias assistivas com programação em python. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, XXIV, MG. Anais..., Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2014, pag. 1414-1417.
- PITON, O. H. G. Automação residencial utilizando a plataforma IBM Bluemix. 2017. 63p. Trabalho de conclusão de curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.
- PIYARE, R.; TAZIL, M. Bluetooth based home automation system using cell phone. In: Consumer Electronics (ISCE), 2011 IEEE 15th International Symposium on. IEEE, 2011. p. 192-195.
- QIDWAI, U.; SHAKIR, M. Ubiquitous Arabic voice control device to assist people with disabilities. *2012 4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS2012)*, Kuala Lumpur, 2012, pp. 333-338.
- RAMLEE, R. A.; TANG, D. H. Z.; ISMAIL, M. M. Smart home system for Disabled People via Wireless Bluetooth. In: System Engineering and Technology (ICSET), 2012 International Conference on. IEEE, 2012. p. 1-4.
- SAIRAM, KVSSSS; GUNASEKARAN, N.; REDD, S. R. Bluetooth in wireless communication. *Communications Magazine*, IEEE, 2002, 40.6: 90-96.

- SHELBY, Z.; BORMANN, C. 6LoWPAN : the wireless embedded internet. Chichester: J. Wiley, 2009. (Wiley series in communications networking & distributed systems). ISBN 978-0-470-74799-5.
- SHELBY, Z.; HARTKE, K.; BORMANN, C. The Constrained Application Protocol (CoAP). IETF, 2014. RFC 7252 (Proposed Standard). (Request for Comments, 7252).
- SHINDE, S. et al. MQTT-message queuing telemetry transport protocol. International Journal of Research, v. 3, n. 3, p. 240–244, 2016. ISSN 2348-6848.
- SONG, Zhexuan; CÁRDENAS, Alvaro A.; MASUOKA, Ryusuke. Semantic middleware for the Internet of Things. In: Internet of Things (IOT), 2010. IEEE, 2010. p. 1-8.
- STANFORD-CLARK, A.; TRUONG, H. L. MQTT For Sensor NetWorks(MQTT-SN)-Protocol Specification. [S.I.], 2013.
- TAN, Lu; WANG, Neng. Future internet: The internet of things. In: Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010 3rd International Conference on. IEEE, 2010. p. V5-376-V5-380.
- TORVMARK, Karl. Three flavors of Bluetooth: Which one to choose? Strategic Marketing, Wireless Connectivity Solutions Texas Instruments, March 2014.
- TRUYTSA, C. F. et al. Steps for requirements writing. IAE Instituto de Aeronáutica e Espaço (Institute of Aeronautics and Space) and NAVCON Navegação e Controle, v. 10, n. 2, p. 112 – 118, 2012.
- VANDERHEIDEN, G. C. Ubiquitous Accessibility, Common Technology Core, and Micro Assistive Technology: commentary on computers and people with disabilities. ACM Transactions on Accessible Computing., New York, NY, USA, v. 1, n. 2, p. 10:1–10:7, Oct 2008.
- WARRIACH, Ehsan Ullah. State of the art: embedded middleware platform for a smart home. Int. J. Smart Home, 2013, 7: 275-294.
- WASHBURN, D.; SINDHU, U.; BALAOURAS, S.; DINES, R.; HAYES, N.; NELSON, L. Helping CIOs understand Smart City initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the cio. Forrester Research, Cambridge, 2010.
- WEISER, Mark. The computer for the 21st century. Scientific American, 1991, 265.3: 94104.
- XIA, F. et al. Internet of things. International Journal of Communication Systems, v. 25, n. 9, p. 1101, 2012.

XIONG, Wayne et al. The Microsoft 2017 conversational speech recognition system. In: 2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE, 2018. p. 5934-5938.

XU, L.; HE, Wu; LI, Shancang. Internet of Things in industries: A survey. 2014.

YUCE, Mehmet Rasit. Recent wireless body sensors: Design and implementation. In: Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO), 2013 IEEE MTT-S International. IEEE, 2013. p. 13.

ZHANG, Weishan; HANSEN, Klaus Marius. An OWL/SWRL Based Diagnosis Approach in a Pervasive Middleware. In: SEKE. 2008. p. 893-898.

ZHAO, Xue Feng. The Application of Bluetooth in the Control System of the Smart Home with Internet of Things. Advanced Materials Research, 2013, 712: 2753-2756.